

**Plan de Mejoras de mantenimiento de la planta física en la Universidad del Valle – Sede
Cartago y su impacto en la gestión de activos**

Lizeth Natalia Estrada Salgado¹ y Wilson Sepúlveda Londoño²

Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle

Nota del autor

Estrada Salgado Lizeth y Sepúlveda Londoño Wilson, Escuela de Ingeniería Mecánica,
Universidad del Valle.

Este trabajo de profundización cuenta con la dirección de proyecto de tesis del Doctor
Luis Alberto Mora Rodríguez y el I.M. M.Sc. Adolfo León Gómez Perlaza.

Trabajo de profundización para optar por el título de Magister en Gestión de Activos y
Mantenimiento.

Agradecimientos a la Coordinación de Mantenimiento y Dirección de la Sede Cartago de
la Universidad del Valle.

Cualquier mensaje con respecto a este trabajo debe ser enviado a la escuela de ingeniería
Mecánica de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

¹ E-mail: lizeth.estrada@correounivalle.edu.co

² E-mail: wilson.sepulveda.londono@correounivalle.edu.co

Resumen

La investigación plantea una estrategia de mantenimiento para la planta física de la Universidad del Valle, sede Cartago, donde el deterioro estructural y la obsolescencia afectan la confiabilidad de los activos.

El estudio se apoya en metodologías de gestión de activos y en normas internacionales: UNE-EN 16646:2015 para la integración del mantenimiento en la gestión de activos, UNE-EN 17007:2018 que aporta directrices sobre informes de activos, CEN/TS 17385:2019 que permite la evaluación de la condición de inmuebles y UNE-EN 17485:2023 que proporciona un marco estratégico de ciclo de vida, además de la herramienta Flash Audit, con el fin de optimizar la gestión técnica y operativa del mantenimiento universitario. (Lasorella & Cantatore, 2023)

El estudio realiza un diagnóstico integral que identifica procesos críticos, factores clave de éxito y áreas susceptibles de mejora. Con base en estos hallazgos, se formula un modelo de mantenimiento que se alinea con la planeación estratégica institucional, reduce fallas correctivas, incrementa la confiabilidad de los activos críticos, estandariza procedimientos preventivos y predictivos y, define indicadores de desempeño para el monitoreo continuo.

Los resultados generan impactos positivos en la sostenibilidad ambiental, la eficiencia operativa y el bienestar de la comunidad universitaria. El modelo propuesto establece una herramienta replicable en otras sedes y en instituciones de educación superior con condiciones similares, lo que contribuye al fortalecimiento de una cultura de mejora continua en la gestión de activos físicos. (Morales Ramos et al., 2019)

Palabras clave: Gestión de activos, Mantenimiento universitario, Flash Audit, Norma UNE-EN 16646, Disponibilidad de activos, Mejora continua.

Abstract

This research proposes a maintenance strategy for the physical plant of the Universidad del Valle, Cartago campus, where structural deterioration and obsolescence affect asset reliability. The study is based on asset management methodologies and international standards: UNE-EN 16646:2015 for the integration of maintenance into asset management, UNE-EN 17007:2018, which provides guidelines for asset reporting, CEN/TS 17385:2019, which allows for the assessment of the condition of buildings, and UNE-EN 17485:2023, which provides a strategic lifecycle framework, in addition to the Flash Audit tool, to optimize the technical and operational management of university maintenance. (Lasorella & Cantatore, 2023)

The study performs a comprehensive diagnosis that identifies critical processes, key success factors, and areas for improvement. Based on these findings, a maintenance model is developed that aligns with institutional strategic planning, reduces corrective failures, increases the reliability of critical assets, standardizes preventive and predictive procedures, and defines performance indicators for continuous monitoring.

The results generate positive impacts on environmental sustainability, operational efficiency, and the well-being of the university community. The proposed model establishes a tool that can be replicated at other campuses and higher education institutions with similar conditions, contributing to strengthening a culture of continuous improvement in physical asset management. (Morales Ramos et al., 2019)

Keywords: Asset management, University maintenance, Flash Audit, UNE-EN 16646 Standard, Asset availability, Continuous improvement.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción y Contexto Operacional.....	12
1. Planteamiento del Problema	15
1.1 Límites del Problema	17
1.2 Justificación.....	18
1.3 Viabilidad de la Idea del Trabajo de Profundización	19
1.3.1 Técnica.	20
1.3.2 Operativa.	20
1.3.3 Económica.	20
1.3.4 Académica.	21
1.3.5 Ambiental y Social.	21
1.4 Objetivos	22
1.4.1 General.	22
1.4.2 Específicos.....	22
2. Marco Teórico.....	25
2.1 Estado del Arte	31
3. Marco Metodológico.....	37
3.1 Enfoque de la Investigación	37
3.2 Tipo de la Investigación	38
3.3 Tipo de estudio, técnica y análisis a desarrollar.....	39
3.4 Fuentes de Información.....	41
3.5 Fases y/o Etapas del desarrollo	41
3.6 Elección del método de auditoría	42
3.7 Flujo Metodológico Global	44
4. Desarrollo.....	50
4.1 Objetivo 1. Diagnóstico.....	50
4.1.1 Análisis operativo y estructural del mantenimiento en la Sede Cartago.	60
4.2 Objetivo 2. Valoración.	64
4.2.1 Valoración general del Flash Audit.....	64

4.2.2 Indicadores técnicos y su relevancia para la planta física.	66
4.2.3 Integración institucional y análisis comparativo del modelo de mantenimiento de la Universidad del Valle	67
4.2.4 Determinación de factores clave de éxito (FCE).....	71
4.2.5 Identificación de variables críticas.	75
4.2.6 Relación entre factores clave y variables críticas.	79
4.3 Objetivo 3. Mejoras.....	83
4.3.1 Descripción del modelo de gestión propuesto.....	86
4.3.2 Alineación del modelo con los FCE y las variables críticas.....	90
4.3.3 Priorización de actividades susceptibles de mejora.....	101
4.4 Objetivo 4. Estrategias	113
4.4.1 Táctica óptima: Acciones operativas para la mejora continua.	115
4.4.2 Estrategia efectiva: Mantenimiento como función estratégica de valor.....	116
4.4.3 Táctica óptima: Modelo mixto preventivo–predictivo con soporte digital.	120
4.4.4 Relación entre estrategia y táctica.	121
4.4.5 Integración entre la estrategia y la táctica de mantenimiento: niveles institucional, técnico y operativo.	124
4.4.6 Procedimiento de sostenibilidad y mantenimiento.....	125
4.4.7 Viabilidad de la estrategia en la Sede Cartago.	129
4.5 Objetivo 5. Monitoreo	138
4.5.1 Estructura general del sistema de monitoreo.....	139
4.5.2 Evaluación del impacto económico dentro del ciclo de vida.	142
4.5.3 Estructura general.....	145
4.5.4 Propuesta de Plan de Mantenimiento Integral – Universidad del Valle, Sede Cartago.	151
4.5.5 Simulación de monitoreo del sistema eléctrico.....	162
4.5.6 Simulación de monitoreo del sistema de climatización.....	166
4.6 Objetivo 6. Conclusiones	172
4.6.1 Resultados técnicos.	172
4.6.2 Resultados académicos.....	173
4.6.3 Resultados de gestión y mantenimiento.	174

4.6.4 Impacto institucional y relevancia del proyecto.	175
Recomendaciones Institucionales	184
Glosario.....	194
Referencias Bibliografías.....	197
Anexos	207

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Áreas a evaluar Flash Audit.....	43
Tabla 2. Metodología del desarrollo.	44
Tabla 3. Áreas y tópicos que cubre y diagnostica el Flash Audit.	54
Tabla 4. Hoja de resultados obtenidos después de aplicar Flash Audit.	55
Tabla 5. Comparativo del modelo institucional y la realidad operativa en la Sede Cartago.	70
Tabla 6. Relación entre factores clave de éxito (FCE) y variables críticas.	81
Tabla 7. Análisis de criticidad de los espacios físicos de la Sede Cartago.	85
Tabla 8. Plan de mejora técnica, organizacional y documental.	89
Tabla 9. Matriz de alineación entre factores clave de éxito (FCE) y variables críticas del mantenimiento.....	92
Tabla 10. Indicadores técnicos de desempeño en la gestión de mantenimiento.	94
Tabla 11. Indicadores técnicos-operativos.....	95
Tabla 12. Indicadores documentales y de trazabilidad.	96
Tabla 13. Indicadores estratégicos y de formación.....	98
Tabla 14. Tablero de control (Dashboard) para la gestión de mantenimiento universitario.....	99
Tabla 15. Matriz de priorización de actividades.	102
Tabla 16. Indicadores de seguimiento y control del mantenimiento institucional.....	103
Tabla 17. Aplicación contextual de las metodologías de mejora continua.	111
Tabla 18. Componentes Estratégicos.	123
Tabla 19. Cronograma de Implementación Estratégica.	124
Tabla 20. Integración estratégica y táctica del mantenimiento.	125
Tabla 21. Matriz comparativa: Estrategia vs. Táctica en la gestión de mantenimiento (Universidad del Valle – Sede Cartago)	126
Tabla 22. Viabilidad operativa de la estrategia de mantenimiento en la Sede Cartago.	132
Tabla 23. Matriz de Priorización de Implementación de la Estrategia de Mantenimiento para la Universidad del Valle – Sede Cartago.	134
Tabla 24. Leyenda de colores (priorización).	135

Tabla 25. Mapa Estratégico del Mantenimiento Institucional – Universidad del Valle, Sede Cartago.....	136
Tabla 26. Indicadores clave de desempeño (KPI) para la gestión del mantenimiento institucional.	140
Tabla 27. Cronograma de implementación y seguimiento del plan de mantenimiento institucional.....	142
Tabla 28. Sistema de Monitoreo de Desempeño.....	144
Tabla 29. Fases operativas para la implementación y mejora del sistema de mantenimiento institucional.....	146
Tabla 30. Hoja de ruta en formato cronograma tipo Gantt para el monitoreo del mantenimiento universitario.	148
Tabla 31. Alcance del plan.....	151
Tabla 32. Estructura operativa y responsables.....	152
Tabla 33. Jerarquización de activos físicos.....	153
Tabla 34. Tipos de mantenimiento.....	154
Tabla 35. Plan de actividades preventivas.	154
Tabla 36. Plan de mantenimiento correctivo y predictivo.	155
Tabla 37. Plan anual por componente.....	156
Tabla 38. Recursos técnicos y financieros.	157
Tabla 39. Indicadores de desempeño (KPI).	158
Tabla 40. Indicadores de gestión.....	158
Tabla 41. Cronograma de ejecución tipo Gantt (resumen anual).	159
Tabla 42. Talento humano y formación.	160
Tabla 43. Acciones planificadas.	163
Tabla 44. Indicadores de desempeño aplicados.	164
Tabla 45. Actividades planificadas durante el semestre.	167
Tabla 46. Indicadores de desempeño del monitoreo.....	168
Tabla 47. Resumen del desarrollo de los objetivos.....	182

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Límites del problema.....	18
Figura 2. Fases del desarrollo del trabajo.	42
Figura 3. Unidad elemental de mantenimiento.....	51
Figura 4. Resultados obtenidos después de aplicar Flash Audit.....	56
Figura 5. Radar de Mejoras por realizar.	57
Figura 6. Proceso ideal de gestión del mantenimiento en la Sede Cartago (modelo propuesto). 91	
Figura 7. Flujo de mejora continua (PDCA).....	105
Figura 8. Mapa estratégico de mejora continua.	106
Figura 9. Mantenimiento sistema eléctrico.....	163
Figura 10. Mantenimiento sistema de climatización.	168

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Resultados completos del Flash Audit aplicado a la Sede Cartago.	207
Anexo 2. Cronograma de implementación de mejoras.....	230
Anexo 3. Capturas del Dashboard de Monitoreo.....	231
Anexo 4. Formatos de inspección y órdenes de trabajo.	242
Anexo 5. Instructivo Institucional para el uso de formatos del Sistema de Mantenimiento	263
Anexo 6. Matriz de Roles y Competencias del área de Mantenimiento.....	273
Anexo 7. Mapa del proceso de mantenimiento (Macroproceso).....	275
Anexo 8. Manual de KPIs y fórmulas (indicadores de mantenimiento).....	276

Introducción y Contexto Operacional

La gestión de activos en la Universidad del Valle busca asegurar la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de su infraestructura y equipos, los cuales incluyen edificios, laboratorios, redes de servicios y mobiliario. La institución clasifica estos activos y define planes de mantenimiento, aunque en la práctica predomina el correctivo sobre el preventivo, lo que incrementa los costos y limita la eficiencia. No obstante, se adelantan esfuerzos por estandarizar procedimientos y fortalecer la planeación técnica para mejorar el desempeño de los activos. (Universidad del Valle, 2024)

La Oficina de Planeación y las áreas de infraestructura coordinan las prioridades de inversión en renovación, reparación y adecuación de espacios, sujetas a los recursos del presupuesto institucional y a proyectos de inversión pública. Estas acciones se alinean con el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional, lo que permite orientar la gestión hacia los objetivos misionales. A pesar de los avances, persisten retos en la planeación a largo plazo, la integración de datos y la sostenibilidad financiera de los programas de mantenimiento.

Las instituciones de educación superior, como la Universidad del Valle, sede Cartago, desempeñan un papel clave en garantizar el acceso a la educación con altos estándares de calidad. En este contexto, la gestión del mantenimiento dentro de la gestión de activos y de la planta física adquiere gran relevancia, porque las edificaciones evidencian desgaste y obsolescencia en materiales y sistemas constructivos, lo que incrementa las necesidades de conservación. (Herfried Kohl, 2020)

El mantenimiento de la infraestructura constituye un eje fundamental en la definición estratégica de la Universidad porque impacta la condición física de los edificios y equipos, así

como la experiencia, el bienestar y la seguridad de estudiantes, docentes, investigadores, administrativos y visitantes. (Madroñal Ortiz et al., 2017)

A la par, las instituciones enfrentan una creciente presión para adoptar prácticas responsables en lo social y en lo ambiental, lo que hace indispensable una gestión eficaz de activos. En este sentido, la sede Cartago de la Universidad del Valle busca fortalecer su gestión de mantenimiento, identificar factores de éxito y consolidar una cultura de mejoramiento continuo, tal como lo plantean León Ganchozo en el contexto de una universidad ecuatoriana. (León Ganchozo et al., 2020)

El estudio se fundamenta en normas internacionales que fortalecen la gestión de activos y el mantenimiento: la UNE-EN 16646:2015 integra el mantenimiento en la gestión de activos físicos, la UNE-EN 17007:2018 define el contenido y formato de los informes, la CEN/TS 17385:2019 establece un método para evaluar la condición de los inmuebles y la UNE-EN 17485:2023 presenta un marco estratégico para maximizar el valor de los activos durante su ciclo de vida. Con base en estas directrices, se formula un modelo de gestión alineado con el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional, que establece un sistema de monitoreo y control de activos físicos para mejorar la eficacia del mantenimiento universitario.

La gestión del mantenimiento debe concebirse como un proceso estratégico que contribuya al cumplimiento de los objetivos institucionales, lo cual refuerza la necesidad de integrar las prácticas de mantenimiento dentro de una gestión de activos madura y sostenible tal como lo argumenta. (Sánchez Rodríguez, 2010)

La investigación fortalece la gestión del mantenimiento en la sede Cartago y ofrece un modelo replicable en otras sedes y universidades con condiciones similares. El modelo optimiza

la toma de decisiones, garantiza la confiabilidad y la disponibilidad de los activos e impulsa una cultura de mejora continua. En esta línea, la gestión de activos se reconoce como un enfoque integral que combina planificación estratégica, operaciones, mantenimiento y decisiones de inversión de capital, y promueve eficiencia en activos, inventarios, recursos humanos y cumplimiento normativo. (Bayona, 2015)

1. Planteamiento del Problema

El proyecto busca mejorar la gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle, sede Cartago, mediante una estrategia de mantenibilidad que responde a problemas de operatividad, sostenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de la planta física. Para ello, se alinea con la gestión de activos y con estándares internacionales como las normas UNE-EN 16646, UNE-EN 17007:2018, CEN/TS 17385:2019 y UNE-EN 17485:2023, con el fin de optimizar el uso y desempeño de la infraestructura universitaria (ICONTEC, 2024).

La gestión del mantenimiento de la infraestructura y los activos físicos constituye un componente estratégico para garantizar la continuidad académica, la seguridad operativa y la eficiencia institucional en las universidades. En el caso de la Universidad del Valle – Sede Cartago, el sistema de mantenimiento presenta limitaciones estructurales asociadas a la ausencia de procedimientos estandarizados, deficiencias en la planificación, una baja formalización documental y la inexistencia de un sistema de monitoreo basado en indicadores. Estas brechas dificultan la toma de decisiones informadas, reducen la capacidad de priorización y afectan la disponibilidad y confiabilidad de activos críticos como los sistemas eléctricos, climatización, laboratorios, equipos de alta demanda y redes hidráulicas.

Aunque la sede cuenta con personal comprometido y procesos operativos básicos, no existe un modelo de mantenimiento sistemático y alineado con normas internacionales, lo cual incrementa la vulnerabilidad técnica y administrativa del campus. La indisponibilidad o falla de activos esenciales tiene efectos adversos sobre la operación académica, la seguridad de estudiantes y funcionarios, y el cumplimiento de la misión institucional. Esto revela la necesidad

urgente de fortalecer el sistema de mantenimiento mediante herramientas, metodologías y criterios técnico–normativos que respalden su gestión.

La problemática adquiere mayor relevancia frente a la actualización normativa reciente. En 2024 se publicó la ISO 55001:2024, que amplía los requisitos para los sistemas de gestión de activos, incorporando elementos de sostenibilidad, gobernanza, digitalización, calidad de los datos, resiliencia y gestión ampliada del riesgo. Asimismo, las normas complementarias de la familia ISO 55000 —ISO 55010 (coordinación financiera-operativa), ISO 55011 (gobernanza pública), ISO 55012 (competencias y participación del personal) e ISO 55013 (gestión y calidad de datos)— establecen lineamientos que resultan especialmente relevantes para instituciones públicas como las universidades. La sede Cartago no cuenta actualmente con procesos alineados a estas exigencias, lo que genera un vacío normativo y operativo significativo.

La falta de un enfoque sistemático y normativo representa un riesgo para la confiabilidad de los activos, ya que puede incrementar costos, aumentar fallas y afectar la eficiencia institucional; sin embargo, este no es el único factor que la reduce. Por ello, resulta necesario aplicar técnicas de auditoría en la gestión del mantenimiento para garantizar sostenibilidad y eficacia. (Parra, 2020). La sede Cartago de la Universidad del Valle no dispone de un modelo de gestión del mantenimiento alineado con los estándares internacionales actualizados (ISO 55001:2024, ISO 55002, ISO 55010, ISO 55011, ISO 55012, ISO 55013), lo que limita la planificación, ejecución, monitoreo y toma de decisiones estratégicas sobre los activos físicos institucionales.

Ante esta situación, se plantea la siguiente pregunta problema:

¿Cómo optimizar la gestión del mantenimiento de la planta física en la Universidad del Valle, sede Cartago, mediante la aplicación de metodologías de gestión de activos y de las normas UNE-EN 16646 para mejorar la confiabilidad, ¿la mantenibilidad y la sostenibilidad de los activos físicos?

La aplicación de metodologías de gestión y normas internacionales como la UNE-EN 16646, UNE-EN 17007:2018, CEN/TS 17385:2019 y UNE-EN 17485:2023 optimiza el mantenimiento al reducir costos, prolongar la vida útil de los activos y asegurar su confiabilidad, disponibilidad y sostenibilidad (Viveros et al., 2013).

Así las cosas, el desarrollo de un modelo integral de mantenimiento permitirá fortalecer la gobernanza institucional, asegurar la disponibilidad de infraestructura académica, optimizar recursos y mejorar el desempeño del sistema de activos, aportando valor sostenible a la comunidad universitaria y alineándose con las prácticas contemporáneas de la gestión de activos físicos.

1.1 Límites del Problema

La presente propuesta de profundización define límites y alcances que garantizan viabilidad y precisión. Para ello, establece aspectos geográficos, temáticos, metodológicos, de impacto y de tiempo, los cuales influyen en su desarrollo y ejecución. A continuación, se expone cada uno de estos aspectos:

Figura 1. Límites del problema.

Geográficos	El proyecto se desarrolla en la Universidad del Valle, sede Cartago, una institución pública de educación superior con infraestructura diversa que incluye aulas, laboratorios, oficinas administrativas y espacios de bienestar. La población beneficiaria está conformada por estudiantes, docentes y personal administrativo, quienes dependen de la disponibilidad y confiabilidad de la planta física para el desarrollo de sus actividades académicas y de gestión.
Temático	El proyecto busca optimizar la gestión del mantenimiento de la planta física universitaria mediante metodologías de diagnóstico y gestión de activos que permiten detectar falencias en su operatividad y confiabilidad. Se articula con el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional y con normas internacionales como la UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17007:2018, CEN/TS 17385:2019 y UNE-EN 17485:2023, que orientan la planificación y control del mantenimiento bajo un enfoque de ciclo de vida.
Metodológico	La investigación utiliza la herramienta Flash Audit como apoyo diagnóstico, junto con normas internacionales, para evaluar el estado, la mantenibilidad, la confiabilidad y la obsolescencia de la infraestructura física. A partir de este análisis se formula un modelo de gestión de activos que define un sistema estructurado de monitoreo y control orientado a mejorar la eficacia del mantenimiento universitario.
Impacto	La propuesta optimiza la gestión del mantenimiento, aumenta la confiabilidad y disponibilidad de los activos, fomenta la planeación estratégica y la sostenibilidad institucional, y a largo plazo reduce costos, prolonga la vida útil de la infraestructura y asegura condiciones adecuadas para la comunidad universitaria.
Tiempo	El cronograma contempla un periodo de aproximadamente tres meses para el desarrollo del diagnóstico, análisis de resultados, formulación de la estrategia de gestión y socialización de la propuesta con los actores involucrados. Este tiempo asegura un proceso riguroso que permita obtener información suficiente para fundamentar decisiones y plantear un plan de mejora sostenible en el tiempo.

Nota – La figura 1 muestra la delimitación del proyecto en la Universidad del Valle, sede Cartago, considerando las dimensiones geográfica, temática, metodológica, de impacto y temporal. Elaboración propia a partir de Mora Vargas, 2012.

1.2 Justificación

El sector educativo en Colombia enfrenta retos significativos en materia de cobertura, cuya ampliación resulta inminente. La necesidad de garantizar una cobertura integral, respaldada por una planta física y equipos acordes con las demandas actuales, exige la verificación y la evaluación de los modelos de gestión de mantenimiento en la planta física de la Universidad del Valle, sede Cartago. Este análisis cumple con los lineamientos de una gestión efectiva del

mantenimiento, definida como el conjunto de acciones que aseguran el funcionamiento adecuado de los activos físicos (Navarro Elola et al., 1997).

Aunque las Instituciones de Educación Superior en Colombia disponen de sistemas integrados y algunas aplican lineamientos de gestión de activos, la Universidad del Valle conserva procesos propios para la gestión de activos y mantenimiento. La articulación de estos procedimientos con el Sistema de Regionalización, especialmente en la sede Cartago, es esencial, porque la optimización del mantenimiento genera impacto positivo en la eficiencia institucional. Un campus competitivo en materia de infraestructura reduce los costos operativos y mejora la productividad, fortaleciendo la sostenibilidad y el posicionamiento regional de la universidad.

El trabajo aplica estándares internacionales de gestión de activos y mantenimiento para la sede Cartago de la Universidad del Valle. Se consideran la UNE-EN 16646:2015, que integra el mantenimiento en la gestión de activos; la UNE-EN 17007:2018, que define informes claros y consistentes; la CEN/TS 17385:2019, que evalúa la condición de los inmuebles; y la UNE-EN 17485:2023, que orienta la creación de valor en el ciclo de vida de los activos. Con base en la familia ISO 55000, el estudio busca diagnosticar la gestión actual e implementar un modelo eficaz de mantenimiento (Peña, 2016).

1.3 Viabilidad de la Idea del Trabajo de Profundización

La viabilidad de este trabajo de profundización se fundamenta en aspectos relevantes que permiten una valoración cuantitativa y cualitativa de pesos y contrapesos. Dichos aspectos se exponen a continuación:

1.3.1 Técnica.

La metodología Flash Audit resulta adecuada por su agilidad y por el bajo requerimiento de infraestructura o tecnología especializada. Su enfoque se centra en inspecciones, análisis de datos y evaluación de procesos. Su aplicación se sustenta en normas internacionales de gestión de activos y mantenimiento, entre ellas la ISO 55001:2024 y la UNE-EN 16646, además de referencias específicas como la UNE 200001-3-11:2003, UNE-EN 17007:2018, CEN/TS 17385:2019, UNE-EN 15341:2008, UNE-EN 17485:2023, UNE-EN 14224:2016 y UNE-EN 60706-5:2007 (Améndola, 2012; Francisco Javier González Fernández, 2004).

1.3.2 Operativa.

La Universidad del Valle, sede Cartago, cuenta con una estructura organizacional sólida, respaldo institucional y un talento humano altamente cualificado que constituye la fuente primordial para la gestión del mantenimiento sin afectar la prestación de servicios. El conocimiento técnico y la experiencia de las personas resultan esenciales para fortalecer esta gestión y garantizar su sostenibilidad. El enfoque sistémico planteado, basado en fundamentos teóricos y prácticos, facilita un diagnóstico detallado y aplicable en la organización, lo que asegura eficiencia en la planeación y en la implementación de las acciones de mantenimiento (Mora Gutiérrez, 2007).

1.3.3 Económica.

La propuesta no implica altos costos porque adopta la optimización de procesos existentes. La principal inversión corresponde al tiempo y al trabajo de recopilación y análisis de

información. Su ejecución reduce reparaciones imprevistas y optimiza el uso de recursos. Estos efectos producen beneficios sostenidos en la organización (Mora Gutiérrez, 2007).

1.3.4 Académica.

El trabajo responde a los objetivos de la Maestría en Gestión de Activos y Mantenimiento al abordar un problema real con bases teóricas y metodológicas. Asimismo, constituye un caso de estudio para investigaciones posteriores. El sistema de gestión de activos que apoya optimiza costos, inversiones y decisiones relacionadas con el ciclo de vida de los activos (BS ISO 55000:2024, 2024).

1.3.5 Ambiental y Social.

El fortalecimiento del mantenimiento impacta de forma positiva en la comunidad universitaria porque garantiza espacios seguros y adecuados. También contribuye a la sostenibilidad mediante el uso eficiente de recursos y la reducción de intervenciones correctivas. Esta acción se articula con las estrategias de responsabilidad social y desarrollo sostenible. (Santa Fajardo et al., 2021).

1.4 Objetivos

La estructura y la secuencia lógica de los objetivos establecidos usan los modelos de Bloom, Garret-Briggs y Gagné con taxonomía jerárquica. Este enfoque asume que el aprendizaje en niveles superiores depende de la adquisición de habilidades en niveles inferiores. Así se promueve una visión holística en el proceso educativo (Peñaloza Carreón et al., 2022)

La metodología utilizada para la estructuración de los objetivos facilita al lector la identificación de la secuencia de los conceptos revisados en el presente trabajo. También permite una mejor comprensión y articulación de estos conceptos.

1.4.1 General.

Desarrollar una estrategia de mantenimiento para la planta física, fundamentada en las metodologías de Gestión de Activos (*Asset Management*) para mejorar la gestión de mantenimiento y su impacto en los activos, a la luz de la Norma 16646 y de una metodología analítica avanzada.

1.4.2 Específicos.

Se describen de forma secuencial, con el fin de comprender mejor la dimensión del alcance del proyecto.

UNO – Diagnóstico.

Definir el estado actual del funcionamiento y operación de los activos, con base en la metodología Flash Audit para determinar los procesos críticos y las actividades claves, susceptibles del mantenimiento dentro de la gestión de activos, bajo la Norma 16646, con el fin

de determinar y conseguir la recolección de datos orientada a definir los límites y jerarquía de la planta física. Nivel 1 – Conocer en la Escala de Bloom y Gagné.

DOS – Valoración.

Describir la valoración y determinación de los factores claves de éxito y de las variables críticas para la gestión del manteniendo, dentro de la gestión de activos, a partir de las diferentes áreas de Flash Audit, sus subcategorías y las diferentes temáticas que investiga. Nivel 2 – Comprender en la Escala de Bloom y Gagné.

TRES – Mejoras.

Planear una serie de metodologías para optimizar y mejorar la eficacia de la gestión del mantenimiento de la planta física, a partir de la gestión de activos, mediante propuestas de mejora continua de los factores y actividades susceptibles de mejora. Nivel 3 - Aplicar en la Escala de Bloom y Gagné.

CUATRO – Estrategia.

Debatir una estrategia efectiva y una táctica óptima de mantenimiento con base en la metodología seleccionada que maximice la mantenibilidad, la confiabilidad y la disponibilidad de los activos, dentro de su gestión, en aras de la Norma 16646 del rol de mantenimiento en la gestión de activos. Nivel 4 - Analizar en la Escala de Bloom y Gagné.

CINCO – Monitoreo.

Proponer una hoja de ruta para el seguimiento y el monitoreo, de las implementaciones futuras de mejoras, a la vez que se evalúa el impacto económico de las mejoras dentro del ciclo

de vida de la gestión de activos, bajo la Norma 16646. Nivel 5 – Sintetizar en la Escala de Bloom y Gagné.

SEIS – Conclusiones.

Describir todos los resultados de orden técnico, académico y de gestión y mantenimiento, del proyecto realizado en la universidad del Valle Sede Cartago.

2. Marco Teórico

La gestión del mantenimiento constituye un pilar fundamental para la toma de decisiones y el uso eficiente de los recursos físicos dentro de las organizaciones. Este enfoque articula actividades técnicas, administrativas y estratégicas orientadas a asegurar que los activos cumplen adecuadamente su función y aportan valor durante todo su ciclo de vida (García Palencia, 2012).

El mantenimiento integra intervenciones como inspecciones, reparaciones, ajustes y sustituciones, junto con estrategias correctivas, preventivas y predictivas que buscan maximizar la disponibilidad y reducir fallas no planificadas. Su evolución histórica se ha desarrollado en tres generaciones marcadas por la relevancia de la seguridad, el medio ambiente y el control de costos (Navarro Elola et al., 1997).

La gestión de activos es un enfoque sistemático, coordinado y estratégico que permite maximizar el valor de los activos físicos a lo largo de su ciclo de vida, garantizando su disponibilidad, confiabilidad, seguridad y contribución a los objetivos organizacionales. Según la ISO 55000:2014, un activo es todo aquello que tiene valor real o potencial para una organización y cuya administración debe orientarse a asegurar su aporte continuo a la misión institucional. La versión actualizada ISO 55001:2024 amplía este concepto incorporando aspectos de sostenibilidad, gobernanza, equidad, resiliencia, digitalización, participación de partes interesadas y toma de decisiones basada en evidencia, lo que otorga un marco más robusto y contemporáneo a la gestión de activos en instituciones públicas.

Las asignaturas de Gestión de Activos y Mantenimiento, alineadas con la familia de normas ISO 55000, proporcionan lineamientos para administrar el ciclo de vida de los activos mediante un equilibrio entre costo, riesgo y desempeño. La norma ISO 55001:2024 define

la gestión de activos como el conjunto de acciones coordinadas que permiten generar valor a partir de los activos; en este marco, el mantenimiento actúa como habilitador operativo y estratégico (Campos López et al., 2019).

Así, se reconoce que el mantenimiento no solo constituye una acción técnica, sino también un componente organizacional y gerencial indispensable para la sostenibilidad institucional.

El mantenimiento moderno incorpora metodologías estructuradas como el Mantenimiento Basado en la Condición (CBM), el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Estas metodologías se apoyan en indicadores clave de desempeño (KPI), análisis de criticidad y prácticas sistemáticas de mejora continua que fortalecen la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos, al tiempo que impulsan la participación del talento humano y la adopción de una cultura organizacional orientada a la excelencia (G. S. Garrido, 2003).

Las auditorías de mantenimiento desempeñan un papel esencial para evaluar el cumplimiento de políticas, la eficiencia de los procesos y la alineación entre las prácticas operativas y los objetivos organizacionales. Entre estas herramientas, el Flash Audit destaca por su rapidez, enfoque práctico y capacidad para identificar brechas en áreas críticas del mantenimiento. Su estructura permite evaluar 12 áreas funcionales mediante 386 ítems, lo que facilita la identificación de oportunidades de mejora y la toma de decisiones basada en evidencia (González Fernández, 2004).

La gestión de activos amplía la visión del mantenimiento al integrar todas las fases del ciclo de vida del activo: adquisición (CAPEX) y uso u operación (OPEX). La norma ISO

55001:2024:2024 define la gestión de activos como el conjunto de acciones organizadas que una entidad ejecuta para generar valor a partir de sus activos y mantener un equilibrio entre costos, riesgos y desempeño. La norma UNE-EN 16646:2015 complementa este enfoque al integrar mantenimiento y gestión de activos en un marco estandarizado (Depool Malave et al., 2016).

La gestión de activos ofrece una ventaja competitiva al optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones, garantizar la sostenibilidad y asegurar el cumplimiento normativo. En entidades públicas de Colombia, su aplicación busca eficiencia en el uso de bienes y control sobre los activos ociosos. En instituciones de educación superior, esta perspectiva resulta relevante porque la demanda de activos fijos crece de manera constante (Agudelo Pulido, 2015; Sola & Crespo, 2016)

En entornos universitarios, la gestión de activos físicos es esencial para garantizar la continuidad académica, optimizar los recursos públicos, mantener condiciones adecuadas de docencia y asegurar la integridad de la infraestructura. Los campus universitarios concentran activos con alto grado de heterogeneidad laboratorios, sistemas eléctricos, equipos de climatización, redes hidrosanitarias, plantas de emergencia, sistemas TIC lo que incrementa la necesidad de adoptar enfoques de gestión integral.

El mantenimiento ha evolucionado desde prácticas correctivas aisladas hacia modelos integrales basados en planeación, confiabilidad y enfoque del ciclo de vida. La UNE-EN 16646:2015 establece que el mantenimiento es un componente clave de la gestión de activos, pues asegura que los activos desempeñen su función prevista de manera eficaz durante el tiempo requerido.

Las normas UNE-EN 17007:2018, sobre estructura de informes de mantenimiento, y UNE-EN 17485:2023, sobre la integración del ciclo de vida en la gestión de activos físicos, fortalecen este enfoque al exigir procesos documentados, indicadores de desempeño y criterios de priorización económica y técnica.

Los principios modernos del mantenimiento se sustentan en:

- Confiabilidad (RCM)
- Mantenibilidad y disponibilidad (RAM)
- Gestión del riesgo
- Análisis del ciclo de vida (LCC)
- Sistemas de mantenimiento planificado y predictivo
- Gestión de datos e indicadores

La aplicación de estos elementos resulta indispensable para instituciones que dependen de la disponibilidad continua de infraestructura crítica, como las universidades.

La publicación en 2024 de la nueva edición de la ISO 55001 introdujo cambios sustanciales que impactan directamente el diseño de sistemas de gestión en organizaciones públicas. Esta versión incorpora nuevos requisitos vinculados al contexto organizacional, gestión de riesgos ampliada, sostenibilidad, coordinación financiera-operativa, calidad de los datos, desempeño, participación del personal y gobernanza institucional.

Las normas complementarias más relevantes para este estudio son:

- ISO 55002:2018 – Directrices para la implementación: Proporciona lineamientos para operacionalizar los requisitos de la ISO 55001, detallando procesos, estructuras, roles y actividades clave.
- ISO 55010:2024 – Coordinación financiera-operativa: Establece principios para alinear decisiones financieras (presupuesto, inversiones, LCC) con decisiones técnicas en mantenimiento y operación.
- ISO 55011:2024 – Gobernanza de activos en el sector público: Define prácticas de gobernanza, rendición de cuentas y valor público aplicables a instituciones estatales, incluyendo universidades.
- ISO 55012:2024 – Competencias en gestión de activos: Especifica capacidades técnicas, organizacionales y comportamentales que deben poseer los equipos de mantenimiento y gestión de activos.
- ISO 55013:2024 – Datos y calidad de información: Regula el uso, integridad, trazabilidad y análisis de datos para toma de decisiones en el sistema de gestión de activos.

El enfoque del ciclo de vida (Life Cycle Costing, LCC) considera todas las etapas del activo: planificación, adquisición, operación, mantenimiento, renovación y disposición final. La UNE-EN 17485:2023 y la ISO 55010:2024 enfatizan que las decisiones de mantenimiento deben alinearse con decisiones financieras para evitar costos ocultos y maximizar el valor del activo.

En el contexto universitario, el LCC permite definir cuándo renovar o reemplazar equipos, evitar gastos recurrentes no planificados, priorizar inversiones con base en riesgo y criticidad, optimizar la asignación presupuestal en infraestructura.

La UNE-EN 15341:2008 y la ISO 55013:2024 definen los indicadores que permiten evaluar desempeño técnico, económico y organizacional. Entre los más relevantes para ambientes universitarios destacan:

- MTBF (Mean Time Between Failures)
- MTTR (Mean Time To Repair)
- Disponibilidad y confiabilidad
- Backlog
- Cumplimiento del plan de mantenimiento
- Costos del ciclo de vida
- Criticidad del activo

La implementación de un sistema de indicadores permite pasar de un enfoque reactivo a uno basado en desempeño.

La gestión del riesgo es un elemento transversal en la norma ISO 55001:2024, ampliamente complementada por la ISO 31000:2018. En entornos como laboratorios, sistemas eléctricos o climatización, el riesgo operativo se relaciona con fallas que afectan clases, equipos o experimentos, riesgos de seguridad para estudiantes y docentes, afectación de la prestación del servicio público educativo. El análisis de criticidad se convierte en la herramienta principal para priorizar esfuerzos de mantenimiento.

Estas normas son fundamentales para fortalecer la madurez institucional del mantenimiento en la Sede Cartago, pues permiten pasar de un modelo reactivo a uno planificado, integrado y soportado por datos.

Finalmente, el modelo de gestión del mantenimiento integra tres componentes esenciales: un modelo analítico sustentado en la confiabilidad y la mantenibilidad; un modelo operativo que define las funciones, procesos y responsabilidades del mantenimiento; y una estrategia de indicadores que permite medir resultados, analizar tendencias y detectar oportunidades de mejora continua (Campos López et al., 2019).

Estos elementos conforman la base conceptual que orienta la propuesta desarrollada en este trabajo y sustentan la transición hacia una gestión del mantenimiento preventiva, estratégica y alineada con la gestión de activos institucional.

Estos autores evidencian que la gestión del mantenimiento debe concebirse como un componente estratégico de la gestión de activos, respaldado por normas internacionales actualizadas, decisiones basadas en riesgo, sistemas de indicadores, digitalización y enfoque del ciclo de vida. Estos elementos sustentan el diseño del modelo propuesto para la Universidad del Valle – Sede Cartago, garantizando coherencia técnica, viabilidad institucional y alineación con los estándares más recientes de la disciplina.

2.1 Estado del Arte

La gestión del mantenimiento de la planta física en instituciones educativas resulta esencial para garantizar eficiencia operativa y sostenibilidad, con impacto directo en la gestión de activos, la calidad del servicio y la reducción de costos. El análisis de la gestión de activos y del mantenimiento desde diferentes enfoques establece la base teórica que fundamenta la metodología aplicada en este trabajo de profundización, en particular en el caso de la Universidad del Valle, sede Cartago.

La revisión normativa identifica la ISO 55001:2024:2024 como el marco principal para la gestión de activos. Este estándar se complementa con las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023, orientadas a integrar el mantenimiento en la gestión de activos físicos. De manera adicional, se reconocen normas de apoyo como la UNE 200001-3-11:2003, UNE-EN 17007:2018, UNE-EN 15341:2008, UNE-EN 14224:2016 y UNE-EN 60706-5:2007, que establecen criterios estandarizados para una gestión integral y eficiente (da Silva & de Souza, 2020; Godau & McGeoch, 2016; Hiraux & Cuer, 2021; Martínez Costa et al., 2019; Nowakowski et al., 2017).

En la obra Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión se presentan enfoques metodológicos de carácter práctico para la evaluación de la gestión del mantenimiento. Estos enfoques utilizan indicadores cuantitativos que determinan de manera objetiva el nivel de desempeño del sistema (González Fernández, 2010).

El libro Mantenimiento Vanguardia & *Analytics*, generador de competitividad expone cómo la aplicación de analítica en la gestión del mantenimiento fortalece la productividad y la sostenibilidad de las organizaciones. La obra presenta herramientas que permiten identificar patrones de falla, estructurar indicadores de desempeño y alinear las decisiones con los objetivos estratégicos. Además, plantea que la integración de *Analytics* en la gestión de activos constituye un factor diferenciador que incrementa la competitividad y consolida la capacidad de innovación en los sectores productivos y educativos (Mora Gutiérrez, 2023).

El uso de *Analytics* transforma la gestión de activos y el mantenimiento mediante análisis de datos avanzados, minería de información y aprendizaje automático para la toma de decisiones. Esta disciplina anticipa fallos con modelos predictivos, optimiza los planes de mantenimiento y

evalúa el ciclo de vida de los activos con mayor precisión. En instituciones educativas establece un enfoque proactivo y predictivo que incrementa la disponibilidad de la infraestructura y reduce costos operativos. La integración de *Maintenance Analytics* fortalece la eficiencia, sostiene la gestión institucional y refuerza la capacidad de respuesta frente a las demandas académicas y sociales (Mora Gutiérrez, 2023).

En varios estudios se resalta la relevancia de la gestión de activos en universidades. Se enfatiza que una administración eficiente de activos fijos mejora la operatividad y reduce costos. (Velásquez et al., 2023).

Así mismo, la literatura especializada aporta al fortalecimiento conceptual y aplicado de la gestión de activos. Presenta modelos de evaluación de la madurez del mantenimiento que promueven la innovación en la gestión de activos fijos en el sector educativo (Betancourt, 2020; Chang Parrales et al., 2020; Loaiza, 2019; Viveros et al., 2013).

Un estudio en la Universidad ECCI evidencia que la implementación de técnicas de mantenimiento predictivo (Condition Based Maintenance – CBM) genera una disminución del 46 % en los costos derivados de las actividades de mantenimiento preventivo (Parise et al., 2016).

La investigación de la Universidad Técnica de Manabí destaca que la gestión de activos fijos resulta crucial para la sostenibilidad y el éxito de las universidades públicas. La expansión de infraestructura, como el aumento de mobiliario y vehículos, subraya la necesidad de una gestión más eficaz para garantizar el uso eficiente de los recursos. El estudio concluye que una gestión de activos alineada con las necesidades educativas resulta fundamental para enfrentar los

desafíos del sistema de educación superior y asegurar la calidad del servicio ofrecido (Martillo & Mora, 2020).

Durante los últimos años, la literatura científica ha destacado la importancia de la gestión de activos en universidades y campus educativos. Las investigaciones entre 2020 y 2025 evidencian que las instituciones de educación superior enfrentan retos comunes: brechas de planificación, falta de indicadores, infraestructura antigua y escasa integración entre mantenimiento y decisiones presupuestales.

Principales tendencias identificadas:

- Universidades en Chile y Ecuador: adopción de modelos basados en criticidad y confiabilidad para laboratorios y sistemas eléctricos.
- Universidades españolas: digitalización de mantenimiento usando CMMS y análisis predictivo.
- México y Colombia: modelos híbridos de mantenimiento que integran LCC y análisis de riesgos.
- Europa: fuerte alineación con normas UNE e integración de gobernanza según ISO 55011.

La evidencia internacional converge en la necesidad de modelos integrales de mantenimiento y sistemas de monitoreo basados en datos, exactamente como propone el presente trabajo.

Las metodologías de Carlos Parra resultan esenciales para optimizar la gestión del mantenimiento en universidades. Permiten detectar las diferencias entre las prácticas actuales y

los estándares ISO 55001:2024, evaluando la madurez de los procesos. Estas herramientas, respaldadas por el Marshall Institute y la UNE-EN 16646:2015, guían decisiones estratégicas. Su aplicación en universidades subraya la importancia de adherirse a estándares internacionales para garantizar la eficiencia operativa, la sostenibilidad de los activos y la mejora de la calidad educativa (Parra, 2020).

Los trabajos de García Palencia y Garrido destacan la importancia de alinear la gestión del mantenimiento con la de activos bajo estándares como la ISO 55001:2024. Este enfoque evita políticas aisladas y promueve la integración a la estrategia organizacional. En universidades, fortalece la sostenibilidad, optimiza recursos y apoya la misión académica y social (García Palencia, 2020; G. S. Garrido, 2003).

Los estudios recientes resaltan que el modelo de evaluación de la madurez del mantenimiento constituye una herramienta estratégica para las universidades públicas. Este modelo diagnostica el nivel de los procesos, guía la innovación y alinea la gestión con los estándares internacionales de gestión de activos. Su aplicación fortalece la eficiencia operativa y la sostenibilidad de los recursos físicos, lo que permite a las instituciones responder mejor a las demandas académicas y sociales (CONPES, 2009; González Sosa & Ávila Soler, 2023; Hernández Vásquez et al., 2021; Huamán Leiva, 2019; Inostroza Zuñiga & Muñoz Pincheira, 2016; Madroñal Ortiz et al., 2022).

Además, se revisan estudios relacionados con la implementación de planes de gestión de activos bajo la norma ISO 55001:2024 en universidades, instituciones educativas y hospitales. Estos estudios proporcionan una base para la eficiencia operativa (Chica & Soto, 2019; Madroñal Ortiz et al., 2022; Ramírez Acevedo, 2019)

El análisis de fuentes ofrece un panorama integral de la gestión de activos y mantenimiento, constituyendo la base teórica del trabajo. Permite identificar prácticas y herramientas óptimas, evaluar la madurez institucional y orientar planes de mejora alineados con estándares internacionales y con las demandas de la educación superior.

3. Marco Metodológico

La metodología del presente estudio se fundamenta en un enfoque aplicado, mixto y orientado a la optimización de la gestión del mantenimiento de la planta física en la Universidad del Valle – Sede Cartago. Este marco metodológico se estructura conforme a las recomendaciones del informe de revisión, fortaleciendo su rigor conceptual, la coherencia interna y la claridad en la explicación de los procedimientos ejecutados.

3.1 Enfoque de la Investigación

El estudio adopta un enfoque mixto —cualitativo y cuantitativo— que permite analizar la gestión del mantenimiento desde una perspectiva integral. El componente cualitativo examina factores organizacionales, técnicos, culturales y operativos que influyen en el desempeño institucional. El componente cuantitativo analiza datos históricos, indicadores de desempeño y resultados del diagnóstico, lo que permite caracterizar la situación real con precisión. Esta combinación asegura una aproximación holística y coherente con las necesidades de una institución pública con infraestructura diversa y en expansión.

El estudio se desarrolla bajo un enfoque mixto (cuantitativo–cualitativo) y un diseño descriptivo–analítico, orientado a caracterizar el estado del sistema de mantenimiento de la Universidad del Valle Sede Cartago y construir un modelo integral alineado con los estándares internacionales contemporáneos de gestión de activos. Este enfoque permite integrar percepciones de los actores, análisis documental, resultados cuantitativos del diagnóstico y criterios técnicos derivados de normas ISO y UNE vigentes.

La herramienta Flash Audit se integra como pilar del enfoque metodológico, dada su capacidad para identificar áreas críticas, evaluar procesos y orientar mejoras en coherencia con estándares internacionales como ISO 55001:2024 y UNE-EN 16646. Su aplicación fortalece la validez de los hallazgos y la pertinencia de las recomendaciones propuestas (G. S. Garrido, 2003; Zerpa de Kirby, 2016).

La metodología articula los lineamientos de la ISO 55001:2024 para la implementación de sistemas de gestión de activos, complementados por la ISO 55002:2018 (directrices de implementación), la ISO 55010:2024 (coordinación financiera y operativa aplicada al ciclo de vida), la ISO 55011:2024 (gobernanza en el sector público), la ISO 55012:2024 (competencias del personal) y la ISO 55013:2024 (gestión y calidad de los datos). Adicionalmente, se incorporan las normas UNE-EN 17007:2018, UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023, relacionadas con informes de mantenimiento, integración del mantenimiento en la gestión de activos y gestión del ciclo de vida, respectivamente.

La metodología se estructura en cuatro fases interdependientes: diagnóstico, valoración, diseño del modelo y validación con monitoreo. Cada fase responde directamente a los objetivos del estudio, garantizando coherencia técnica y trazabilidad metodológica.

3.2 Tipo de la Investigación

La investigación se clasifica como aplicada, debido a que se orienta a resolver un problema real, concreto y contextualizado en la sede. Su diseño combina elementos descriptivos, que permiten caracterizar el estado actual de la gestión del mantenimiento, con un componente propositivo que estructura un modelo de mejora sustentado en el Flash Audit y en las mejores prácticas de gestión de activos.

3.3 Tipo de estudio, técnica y análisis a desarrollar

El estudio se clasifica como descriptivo, exploratorio y concluyente. Es descriptivo porque caracteriza la situación actual del mantenimiento y la gestión de activos en la planta física, identificando procesos, fortalezas y debilidades. Se considera exploratorio al profundizar en factores organizacionales, técnicos y culturales que influyen en la gestión, sin partir de hipótesis estrictas.

Finalmente, es concluyente porque orienta la formulación de recomendaciones y estrategias basadas en estándares internacionales como ISO 55001:2024 y UNE-EN 16646, con resultados aplicables para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los activos físicos de la universidad. Los estudios descriptivos y exploratorios permiten obtener una comprensión integral de los fenómenos organizacionales y constituyen la base para formular propuestas fundamentadas (Castillo Alva, 2018).

El método analítico orienta el examen de cada componente del sistema con el fin de comprender el funcionamiento general. Para la recolección de información se emplean entrevistas estructuradas, cuestionarios y revisión documental. Las entrevistas permiten captar percepciones y significados clave (Sandoval Casilimas, 1996).

Mientras que los cuestionarios aportan datos cuantitativos sobre las 12 áreas evaluadas por el Flash Audit. La aplicación del instrumento a 12 participantes de mantenimiento operativo, Vicerrectoría de Regionalización y nivel directivo asegura diversidad de perspectivas y fortalece la validez interna del diagnóstico (Sánchez Rodríguez, 2010).

La validación de los datos se realiza mediante triangulación metodológica, que contrasta información procedente de entrevistas, cuestionarios y documentos institucionales, permitiendo identificar coincidencias y discrepancias entre percepciones, registros y prácticas. Los datos cuantitativos se organizan y consolidan utilizando Microsoft Excel para calcular promedios, porcentajes de cumplimiento y brechas por mejorar, aplicando criterios estadísticos básicos como medidas de tendencia central y verificación de consistencia.

En el componente cualitativo se utiliza triangulación de actores, contrastando las respuestas entre gerentes, personal técnico y producción, lo que posibilita identificar patrones coherentes y validar la confiabilidad de las categorías emergentes. Esta combinación asegura que los resultados presenten rigor metodológico y representatividad institucional.

Dentro de la metodología, las personas cumplen un papel fundamental, ya que su conocimiento, experiencia y compromiso determinan la validez del diagnóstico y la pertinencia de las estrategias propuestas. El personal técnico describe prácticas operativas reales, los directivos aportan la visión estratégica y los coordinadores explican restricciones administrativas, lo que permite desarrollar un diagnóstico contextualizado y aplicable a la realidad institucional de la sede Cartago.

Finalmente, la herramienta Flash Audit, reconocida por su rapidez y capacidad para identificar áreas críticas, complementa el diagnóstico integral y garantiza que las recomendaciones se alineen con estándares internacionales y contribuyan a la eficiencia operativa, la optimización de recursos y la sostenibilidad de los activos físicos.

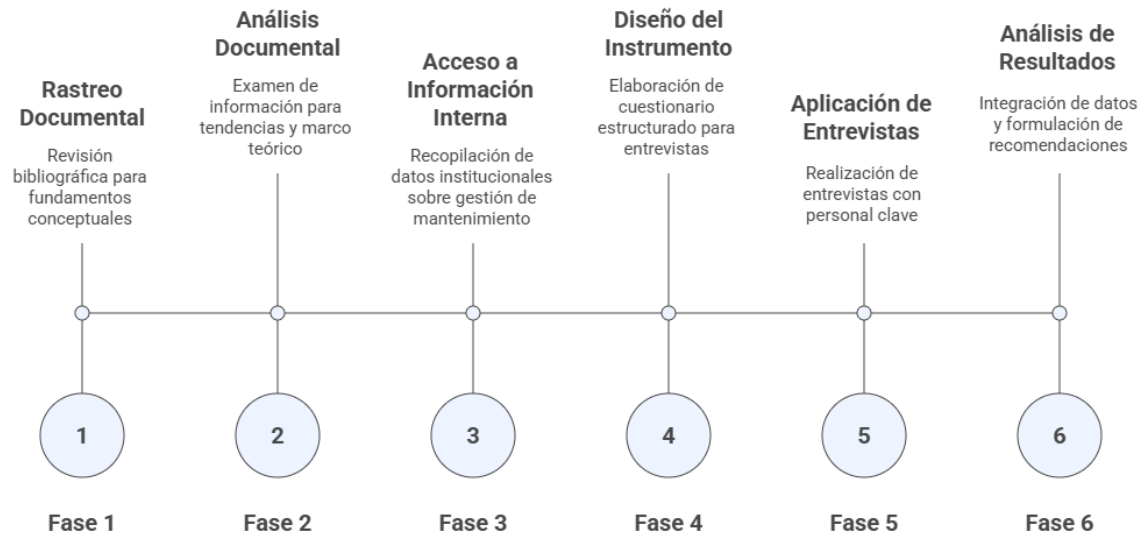
3.4 Fuentes de Información

La investigación se apoya en fuentes primarias, secundarias y terciarias para garantizar un análisis integral y confiable. Las fuentes primarias incluyen entrevistas a personal de mantenimiento, directivos y coordinadores, cuestionarios aplicados a participantes de distintas áreas y la observación directa de los procesos y la planta física.

Las fuentes secundarias comprenden estudios, artículos y libros sobre gestión de activos y mantenimiento en universidades, así como normas internacionales como ISO 55001:2024 y UNE-EN 16646:2015. Por su parte, las fuentes terciarias consisten en compilaciones, revisiones sistemáticas y manuales que sintetizan información de fuentes primarias y secundarias, facilitando la contextualización y comparación de los hallazgos con prácticas y estándares reconocidos internacionalmente.

3.5 Fases y/o Etapas del desarrollo

La investigación se organiza en seis fases para asegurar un proceso ordenado, desde la revisión teórica hasta el análisis de resultados y conclusiones aplicables.

Figura 2. Fases del desarrollo del trabajo.

Nota - La figura expone la ruta metodológica diseñada para el desarrollo del trabajo de profundización en gestión de activos y mantenimiento. El proceso se estructura en seis fases secuenciales e interdependientes: rastreo documental, análisis documental, acceso a información interna, diseño del instrumento, aplicación de entrevistas y análisis de resultados. Cada una de estas fases contribuye de manera articulada a la construcción de un marco conceptual sólido, la obtención de información institucional relevante, la validación de percepciones del personal clave y, finalmente, la integración de hallazgos que sustentan la formulación de recomendaciones pertinentes. Elaboración propia basado en el libro Introducción a la metodología de investigación cualitativa (Castaño Garrido y Quecedo Lecanda, 2002).

Las fases del trabajo resultan clave porque organizan el proceso de forma lógica y aseguran que cada etapa alimente a la siguiente. Desde el análisis documental hasta la recolección y el examen de la información, estas fases construyen un diagnóstico riguroso y generan hallazgos coherentes, válidos y aplicables al contexto institucional.

3.6 Elección del método de auditoría

Flash Audit se presenta como la herramienta más adecuada para evaluar la gestión del mantenimiento, gracias a su flexibilidad, rapidez y capacidad para identificar áreas críticas de mejora tras la verificación de alternativas. Las 12 áreas requeridas por Flash Audit resultan importantes porque ofrecen una visión integral de la gestión del mantenimiento y permiten identificar fortalezas y debilidades, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Áreas a evaluar Flash Audit.

	Área	Qué evalúa	Aplicación en la Universidad del Valle – Sede Cartago
1	Relación entre mantenimiento y producción	Nivel de integración y coordinación entre mantenimiento y operación.	Revisión de la articulación entre el área de mantenimiento y las actividades académicas/administrativas que dependen de la infraestructura.
2	Percepción de las jerarquías superiores de mantenimiento	Apoyo y comprensión de la alta dirección sobre el papel del mantenimiento.	Identificar si las directivas de la sede reconocen el mantenimiento como estratégico para la continuidad académica y la seguridad de la planta física.
3	Percepción del mantenimiento	Imagen del mantenimiento dentro de la organización.	Analizar si docentes, administrativos y estudiantes perciben el mantenimiento como un gasto, un servicio reactivo o un área estratégica.
4	Conocimiento de la disponibilidad de equipos	Medición y control de disponibilidad y confiabilidad de activos.	Determinar si se tienen registros sobre la disponibilidad de equipos como aires acondicionados, ascensores, bombas, redes eléctricas, etc.
5	Conocimiento de los costos de mantenimiento	Gestión y análisis de los costos de mantenimiento.	Verificar si existe información confiable sobre el gasto en reparaciones, correctivos y preventivos de la planta física.
6	Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento	Existencia de procedimientos y preparación previa para las intervenciones.	Revisar si hay protocolos escritos para trabajos eléctricos, de plomería, infraestructura y si se planifica antes de ejecutar.
7	Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento	Existencia de planes preventivos, predictivos y correctivos programados.	Evaluar si la sede cuenta con un plan anual de mantenimiento de edificios, equipos y áreas críticas.
8	Manejo de inventarios	Gestión de repuestos, insumos y materiales críticos.	Revisar si la sede tiene inventario de repuestos básicos (bombillos, tuberías, piezas eléctricas, pintura, etc.) para evitar demoras.
9	Funciones claras en mantenimiento	Definición de roles y responsabilidades en el área.	Identificar si el personal de mantenimiento de la sede tiene funciones definidas (electricista, plomero, técnico de refrigeración, etc.).
10	Recursos humanos de mantenimiento	Cantidad, perfil y competencias del personal.	Evaluar si la sede cuenta con el personal suficiente y capacitado para atender las necesidades de mantenimiento de la planta física.
11	Recursos materiales de mantenimiento	Disponibilidad y estado de herramientas y equipos de apoyo.	Revisar si los técnicos cuentan con herramientas, equipos de seguridad y tecnología adecuada para las labores.
12	Entrenamiento o capacitación	Formación y actualización del personal de mantenimiento.	Identificar si el personal recibe capacitación en nuevas tecnologías, seguridad eléctrica, normativas ambientales y gestión de activos.

Nota - Flash Audit se selecciona por su flexibilidad, rapidez y capacidad para identificar áreas críticas de mejora. Las 12 áreas que evalúa ofrecen una visión integral de la gestión del mantenimiento, permitiendo identificar fortalezas y debilidades en planificación, recursos, procedimientos, costos, riesgos, seguridad, sostenibilidad, indicadores, capacitación, comunicación y mejora continua. Esta estructura asegura un diagnóstico completo y facilita la formulación de estrategias alineadas con estándares internacionales como ISO 55001:2024 y UNE-EN 16646, adaptadas a la realidad de la Universidad del Valle – Sede Cartago. *Elaborado a partir de del libro Mantenimiento, planeación, ejecución y control de (Mora Gutiérrez, 2009a).*

3.7 Flujo Metodológico Global

El desarrollo de este trabajo de profundización requiere una ruta metodológica clara que permita comprender la secuencia lógica de actividades realizadas y su articulación con los objetivos planteados. Para tal fin, se presenta un cuadro que sintetiza las cinco fases centrales del estudio: Diagnóstico, Valoración, Mejoras, Estrategia y Monitoreo. Cada fase describe su propósito y las acciones esenciales que la componen, lo que facilita visualizar el proceso seguido desde la identificación de la situación actual hasta la formulación del modelo final de gestión del mantenimiento. La tabla 2 permite entender de forma estructurada cómo se avanza desde el análisis inicial hasta la propuesta de intervención, asegurando coherencia metodológica y claridad en la construcción del modelo integral de gestión de activos para la Sede Cartago.

Tabla 2. Metodología del desarrollo.

Fase Metodológica	Propósito General	Qué se realiza en esta fase (síntesis operativa)	Desarrollo técnico detallado según la metodología	Normas aplicadas
1. Diagnóstico del sistema de mantenimiento	Identificar el estado actual del mantenimiento en la sede.	Aplicación del Flash Audit, entrevistas, revisión documental y análisis inicial de activos críticos.	• Se aplica Flash Audit en 12 áreas funcionales. • Se realizan entrevistas estructuradas a 12 actores administrativos y técnicos. • Se revisan manuales, inventarios, historiales de	ISO 55001:2024 (contexto, desempeño, riesgo). ISO 31000 (criterios de riesgo). ISO 55013:2024 (datos). UNE-EN 17007:2018 (informes). UNE-EN 16646:2015 (mantenimiento en la gestión de activos).

			mantenimiento y órdenes de trabajo. • Se ejecutan inspecciones físicas a HVAC, sistemas eléctricos, laboratorios y redes hidráulicas. • Flash Audit evalúa: planificación, organización, recursos, documentación, indicadores, tecnología, gestión del riesgo, ciclo de vida y competencias. • Se procesan los resultados con escalas 0–4, ponderaciones, brechas, nivel de madurez y tendencias. • Se obtiene un nivel de madurez del 54,65 %. • Se desarrolla análisis de criticidad basado en impacto, probabilidad, seguridad, costos y disponibilidad de repuestos. • Clasificación en activos A (críticos), B (importantes), C (no críticos).	
2. Valoración y análisis de brechas	Analizar e interpretar hallazgos del diagnóstico.	Comparación normativa, identificación de brechas, factores críticos y variables prioritarias.	• Se comparan los resultados del diagnóstico con los requisitos de ISO 55001:2024, ISO 55002 y UNE-EN 16646. • Se realiza evaluación de	ISO 55001:2024 (evaluación organizacional). ISO 55002:2018 (lineamientos de implementación). ISO 55011:2024 (gobernanza pública).ISO

			brechas en: roles, procedimientos, documentación, planificación, riesgos e indicadores. • Se identifican brechas estructurales (procesos), normativas (no conformidades) y operativas (fallas recurrentes). • Se construye y analiza la Matriz FCE–Variables Críticas. • Se determinan 5 Factores Clave de Éxito (FCE) y 3 dimensiones críticas (técnica, organizacional, documental). • Se establecen prioridades de intervención basadas en impacto y urgencia.	55012:2024 (competencias).UNE-EN 16646:2015.
3. Diseño del modelo operativo y formulación de mejoras	Formular acciones para cerrar brechas y estructurar un modelo de gestión del mantenimiento.	Diseño del PAM, estandarización documental, definición de roles, indicadores técnicos, matriz RACI y procesos operativos.	• Se formula el Plan Anual de Mantenimiento (PAM). • Se estandarizan procedimientos: OT-01, FI-01, OTP-PAM-01, RC-01, ER-01. • Se diseña el Modelo Preventivo–Predictivo. • Se construye la Matriz RACI y matriz de competencias institucional. • Se integra el análisis del ciclo de vida (LCC) para	ISO 55002:2018 (procesos y estructura).ISO 55010:2024 (coordinación financiera–operativa).ISO 55012:2024 (competencias).ISO 55011:2024 (gobernanza).ISO 55013:2024 (datos).UNE-EN 17485:2023 (ciclo de vida).

			priorizar renovaciones y reemplazos. • Se desarrolla la priorización de inversiones basado en riesgo. • Se estructuran flujos: macroproceso, SIPOC, BPMN. • Se consolida el modelo alineado con ISO y normas UNE. • Se articulan criterios financieros con decisiones técnicas (ISO 55010).	
4. Estrategia institucional	Construir la estrategia integral de gestión del mantenimiento alineada con la gestión de activos.	Marco estratégico PDCA, modelo preventivo–predictivo, articulación con planeación institucional y CMMS.	• Se formula el Modelo Estratégico del Mantenimiento mediante el ciclo PDCA. • Se alinean procesos con la planeación, presupuesto y riesgos institucionales. • Se diseña el modelo preventivo–predictivo ampliado. • Se establece una hoja de ruta para implementación del CMMS institucional. • Se plantean decisiones de ciclo de vida desde ISO 55010.	ISO 55001:2024 (mejora y planeación). ISO 55002 (despliegue). ISO 55010 (alineación estratégica).
5. Validación y monitoreo del modelo	Asegurar la sostenibilidad del modelo y su capacidad de mejora continua.	Definición de indicadores, diseño del dashboard, simulaciones, validación	• Se diseñan indicadores técnicos, operativos, económicos (MTTR, MTBF,	ISO 55013:2024 (datos y desempeño). ISO 55001:2024 (seguimiento y mejora). UNE-EN 15341:2008 (KPI).

operativa y hoja de ruta de seguimiento.	backlog, disponibilidad, LCC). • Se construyen paneles del Dashboard Institucional (ISO 55013). • Se realizan simulaciones sobre activos críticos (eléctrico y HVAC). • Se valida la pertinencia del PAM, asignación de cargas y roles. • Se estructura la hoja de ruta de seguimiento anual. • Se integra el sistema de monitoreo para la toma de decisiones.
--	--

Nota – El cuadro sintetiza la secuencia metodológica aplicada en el estudio, articulando cada fase con los objetivos del proyecto y con los lineamientos de la ISO 55001:2024 y la UNE-EN 16646. Su propósito es ofrecer una visión clara y estructurada del proceso seguido desde el diagnóstico inicial hasta el diseño del sistema de monitoreo. Elaborado a partir de (AENOR, 2023; C. C. Garrido, 2003; Martínez, 2014; Mora Gutiérrez, 2009).

La metodología adoptada en este trabajo incorpora de manera estructurada los lineamientos establecidos en la ISO 55001:2024, especialmente en lo referente a la definición del contexto organizacional, integrando el análisis interno de la sede, las expectativas de las partes interesadas, la regulación colombiana vigente y la gobernanza universitaria, en coherencia con los principios de responsabilidad pública desarrollados por la ISO 55011:2024.

Así mismo, el proceso considera la determinación de roles y competencias bajo los lineamientos de la ISO 55012:2024, utilizando para ello la Matriz de Roles y Responsabilidades (Anexo 6), la estructura RACI del flujo de mantenimiento y la identificación de competencias técnicas mínimas necesarias para el personal operativo y administrativo.

En cuanto a la gestión del riesgo, se aplican los criterios combinados de la ISO 55001:2024 y la ISO 31000:2018, mediante la evaluación de criticidad, la identificación de fallas críticas, la construcción de matrices de riesgo y su integración con el Plan de Contingencia institucional (PC-01), fortaleciendo la toma de decisiones basadas en el riesgo en el ciclo de vida de los activos.

La metodología también incorpora los lineamientos de la UNE-EN 17485:2023 para la gestión del ciclo de vida, aplicados a los procesos de decisión de renovación o reemplazo de activos mediante el formato ER-01, la evaluación de costos de ciclo de vida (LCC) y la priorización de inversiones alineada con los criterios de coordinación financiera establecidos en la ISO 55010:2024.

El desarrollo del Modelo Operativo del Mantenimiento se sustenta en la ISO 55002:2018, integrando los instrumentos operativos FI-01, OT-01, OTP-PAM-01, el Programa Anual de Mantenimiento (PAM), la gestión de repuestos críticos (RC-01) y los permisos de trabajo seguro (PTS-01).

De manera complementaria, el trabajo formaliza el flujo de mantenimiento institucional, integrado por el Macroproceso, el SIPOC y el diagrama BPMN, así como la definición y seguimiento de indicadores KPI-01, en coherencia con las exigencias de gobernanza de la ISO 55001:2024.

Finalmente, el sistema de información y datos se estructura a partir de los lineamientos de la ISO 55013:2024, garantizando calidad, integridad, coherencia y trazabilidad de los datos que alimentan el *dashboard* de monitoreo y las decisiones tácticas y estratégicas del sistema de gestión de activos.

4. Desarrollo

4.1 Objetivo 1. Diagnóstico

Definir el estado actual del funcionamiento y operación de los activos, con base en la metodología Flash Audit para determinar los procesos críticos y las actividades claves, susceptibles del mantenimiento dentro de la gestión de activos, bajo la Norma 16646, con el fin de determinar y conseguir la recolección de datos orientada a definir los límites y jerarquía de la planta física.

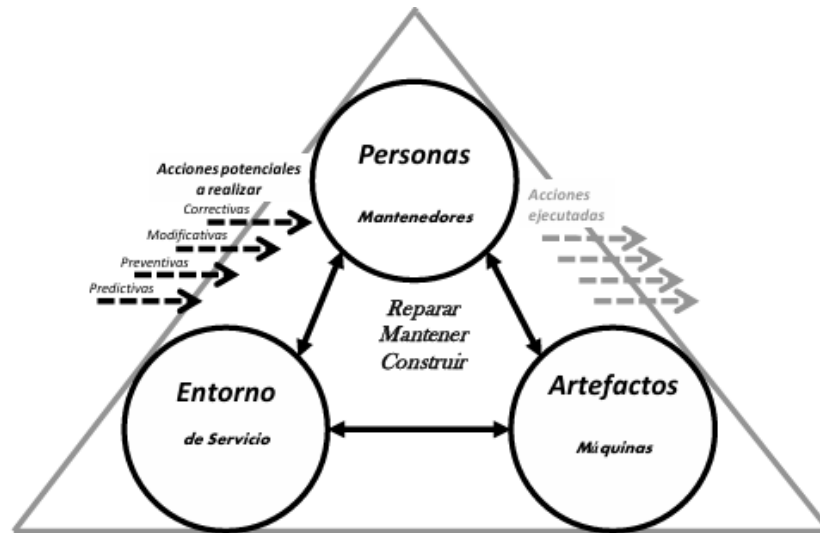
La Universidad del Valle, sede Cartago, desarrolla procesos académicos y administrativos que dependen del funcionamiento confiable, disponible y mantenible de su infraestructura física. Para garantizar estos atributos, la institución requiere una estrategia de mantenimiento que prolongue la vida útil de sus activos al menor costo posible, alineada con su misión educativa y su responsabilidad social.

El mantenimiento universitario se reconoce como un servicio esencial para la operación institucional, ya que permite reducir costos operativos, optimizar el uso de recursos y asegurar condiciones adecuadas para la enseñanza, la investigación y la gestión. Su eficacia se vincula directamente con la calidad de los espacios y la continuidad de los servicios (Ardila Marín et al., 2016).

La relación entre producción académica y mantenimiento se rige por principios técnicos que permiten maximizar la productividad institucional. En este contexto, el enfoque sistémico del mantenimiento considera tres elementos clave: personas (técnicos, administrativos, usuarios), máquinas (equipos e infraestructura) y entorno (condiciones físicas y normativas).

El mantenimiento involucra recursos humanos y materiales que prestan servicios a los departamentos productivos. Producción, máquinas y mantenimiento conforman un sistema jerárquico interrelacionado que define las condiciones operativas de la empresa (Mora Gutiérrez, 2009).

Figura 3. Unidad elemental de mantenimiento.



Nota - La imagen representa el triángulo del mantenimiento, modelo que muestra la interacción entre personas, artefactos y entorno de servicio. Las personas ejecutan acciones de mantenimiento sobre los artefactos dentro de un entorno que influye en su desempeño. Esta relación busca garantizar la confiabilidad, disponibilidad y sostenibilidad de los activos a través de un proceso integral de reparación, mantenimiento y mejora. Tomado de (Mora Gutiérrez, 2009b).

Así las cosas, la función del mantenimiento consiste en conservar o extender la vida útil de los equipos o componentes productivos, considerando dos aspectos esenciales: su estructura física y su propósito operativo. El paso del tiempo incide directamente en el desgaste de las máquinas, lo que genera deterioro progresivo en su rendimiento.

El primer objetivo establece la necesidad de definir el estado actual del funcionamiento y operación de los activos físicos de la Universidad del Valle – Sede Cartago, con base en la metodología Flash Audit y bajo los lineamientos de la Norma UNE-EN 16646:2015. Este diagnóstico permite identificar los procesos críticos, las actividades claves y los elementos que

conforman la jerarquía de la planta física. La información obtenida constituye la línea base para la formulación de estrategias de mejora dentro de la gestión de activos, en coherencia con los principios de eficiencia, sostenibilidad y disponibilidad operativa (AENOR, 2015).

Para el desarrollo del presente objetivo se realiza un análisis detallado de las áreas funcionales que integran la herramienta Flash Audit, empleada como instrumento diagnóstico en la gestión de mantenimiento de la Universidad del Valle, sede Cartago. Este análisis permite establecer el estado actual de los procesos mediante la evaluación de doce áreas clave, con énfasis en planificación, ejecución, documentación y gestión de recursos. Cada área se valora con base en criterios de cumplimiento, impacto operativo y frecuencia de aplicación, lo que permite identificar brechas, fortalezas y oportunidades de mejora en el sistema institucional de mantenimiento, cuyo resumen se evidencia en la tabla 3.

El Flash Audit es una metodología inglesa que permite evaluar integralmente la gestión de mantenimiento en organizaciones, mediante 386 preguntas distribuidas en doce áreas funcionales clave. Estas áreas abarcan temas como planificación, ejecución, documentación y gestión de recursos, y se aplican a funcionarios de gerencia, producción y mantenimiento. Los resultados se presentan en formato numérico y gráfico tipo radar, lo que facilita su interpretación y permite identificar brechas, fortalezas y oportunidades de mejora (Mora Gutiérrez, 2009).

La auditoría se realiza con apoyo de una macro en Microsoft Excel, que procesa los datos en tiempo real y agiliza la retroalimentación. Esta herramienta promueve una dinámica de mejoramiento continuo, al establecer metas, objetivos y factores críticos que orientan la toma de decisiones. Su aplicación adecuada contribuye a mejorar la disponibilidad de los equipos,

aumentar la productividad y prolongar la vida útil de los activos físicos, fortaleciendo así la gestión estratégica del mantenimiento.

El diagnóstico se basa en los principios de la gestión de activos físicos definidos por la ISO 55001:2024 y la UNE-EN 16646:2015, normas que integran el mantenimiento dentro del ciclo de vida de los activos y promueven la toma de decisiones sustentada en información técnica, confiabilidad y optimización de recursos. Este enfoque garantiza que la evaluación del mantenimiento trascienda el nivel operativo y se articule con la planificación estratégica institucional (AENOR, 2015).

Los resultados obtenidos permiten identificar las áreas con menor calificación dentro de la gestión de mantenimiento. A partir de estas, se seleccionan las preguntas con menor puntuación para orientar los planes de mejora hacia los aspectos más críticos, priorizando acciones que fortalezcan los procesos evaluados (Mora Gutiérrez, 2009).

Tabla 3. Áreas y tópicos que cubre y diagnostica el Flash Audit.

Área	Tópico	Preguntas por tópico	Preguntas por área	Porcentaje de preguntas
1. Estado de la relación entre las áreas de mantenimiento y producción.			34	8,81%
	a) Comunicación y relaciones	6		
	b) Métodos de intervención	9		
	c) Percepción del nivel de mantenimiento preventivo	11		
	d) Medición de la función de mantenimiento por el área de producción	8		
2. Los niveles superiores cómo observan a mantenimiento.			31	8,03%
	a) Posición de mantenimiento en la estructura y organigrama de la empresa	9		
	b) Ubicación del recurso humano y su mano de obra dentro de la empresa	7		
	c) Opinión sobre mantenimiento	8		
	d) Importancia que se da a los recursos financieros	7		
3. Percepción interna y propia de mantenimiento.			26	6,74%
	a) Importancia que se da a la organización en mantenimiento	10		
	b) Manejo, gestión y análisis de datos y registros en mantenimiento	8		
	c) Mantenimiento preventivo	8		
4. Grado de disponibilidad de equipos.			22	5,70%
	a) Sistema de registro e información histórica de mantenimiento y operación de equipos	12		
	b) Análisis y utilización de los datos de información y registros históricos	10		
5. Conocimiento de los costos de mantenimiento.			20	5,18%
	a) Registro, análisis y utilización de los costos históricos de mantenimiento	13		
	b) Análisis de los costos presentes en mantenimiento	7		
6. Métodos y preparación de las tareas de mantenimiento.			66	17,10%
	a) Nivel de operación de los trabajos de mantenimiento para el área de producción	12		
	b) Registro histórico de intervenciones y demandas de trabajos de mantenimiento	7		
	c) Análisis del sistema actual de planeación y preparación de tareas de mantenimiento	10		
	d) Planeación de los trabajos de mejoras y rediseños de los equipos	7		
	e) Mantenimiento planeado, suplantación y preparación	9		
	f) Planeación y consecución de repuestos y piezas de recambio	10		
	g) Manejo de la documentación e información técnica	11		
7. Planeación de las actividades de mantenimiento.			23	5,96%
	a) Programación de las tareas de mantenimiento	13		
	b) Cronograma y ejecución de todas las actividades de mantenimiento	10		
8. Manejo y gestión de inventarios.			56	14,51%
	a) Manejo en general de inventarios de repuestos e insumos de mantenimiento	7		
	b) Sistema de información, registro, entradas, salidas, pedidos, stocks de los repuestos	10		
	c) Listado de repuestos	18		
	d) Gestión y manejo de repuestos	12		
	e) Compras, pedidos, proveedores, reposición de inventarios, etc. de los repuestos	9		
9. Actividades y roles de los miembros del equipo de mantenimiento.			29	7,51%
	a) En cuanto a mantenimiento	21		
	b) En relación a la seguridad	8		
10. Manejo de recursos humanos en mantenimiento.			34	8,81%
	a) Indicadores, tasas y rendimientos de la mano de obra física e intelectual	10		
	b) Gestión del recurso humano en mantenimiento y su mano de obra y utilización	9		
	c) Proporción de mano de obra preventiva, predictiva y correctiva en mantenimiento	4		
	d) Aspectos de productividad y motivación del personal de mantenimiento	11		
11. Gestión y manejo de recursos físicos y materiales en mantenimiento.			27	6,99%
	a) Documentación técnica	10		
	b) Utensilios, equipos y herramientas de mantenimiento	11		
	c) Infraestructura	6		
12. Capacitación y entrenamiento en mantenimiento			18	4,66%
	a) Importancia del entrenamiento y de la capacitación en mantenimiento	18		
Total			386	100,00%

Nota - La tabla 3 muestra un resumen estadístico de una encuesta de diagnóstico del mantenimiento, organizada en doce áreas temáticas con un total de 386 preguntas. Estas áreas abarcan aspectos como la relación con la producción, la planificación, la gestión de inventarios, la disponibilidad de equipos, la capacitación y el manejo de recursos. El análisis busca identificar el estado actual del mantenimiento y orientar acciones para mejorar la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad de los procesos. Tomado de Mora Gutiérrez, 2009b).

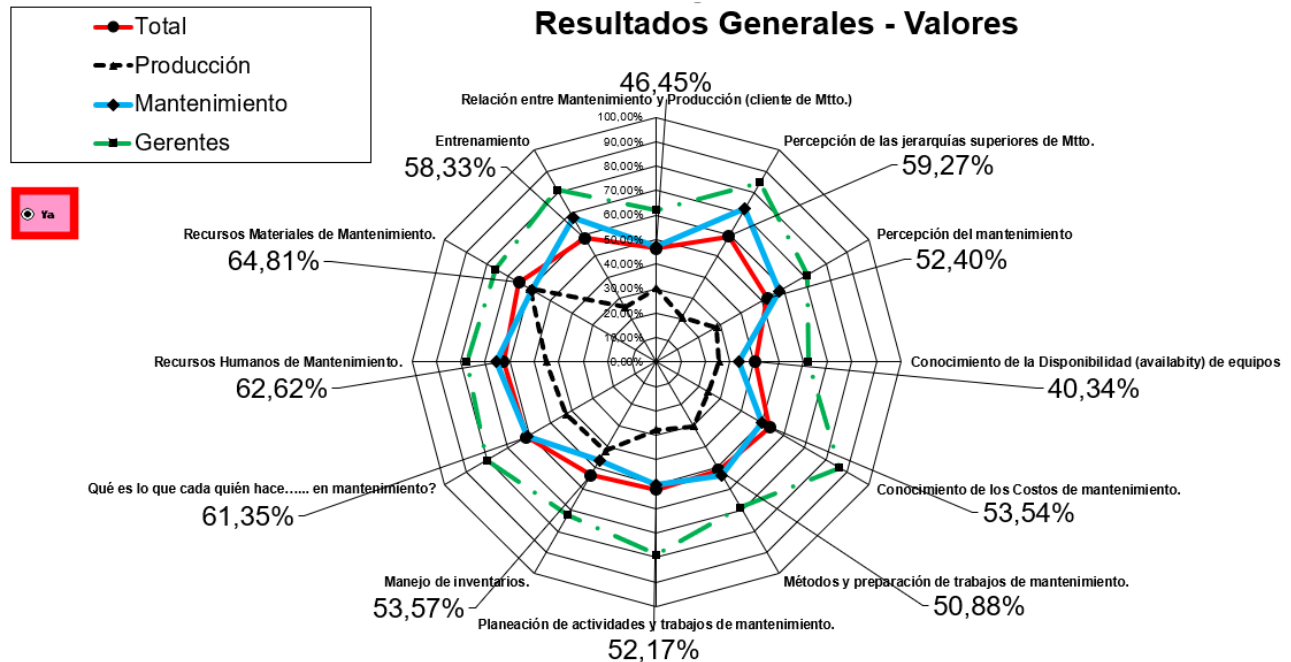
Durante el desarrollo de la implementación de la metodología en la Universidad del Valle, sede Cartago, se identifican tanto las fortalezas como las debilidades presentes en la gestión de mantenimiento institucional, tal como se presenta en la tabla 4. A partir del análisis de cada área y subtema evaluado, se reconocen oportunidades de mejora que pueden aplicarse para incrementar la eficiencia operativa, reducir la ocurrencia de fallas y, como consecuencia, optimizar los costos asociados al mantenimiento de la planta física (Universidad del Valle, 2024).

Los resultados obtenidos a través del Flash Audit son los siguientes:

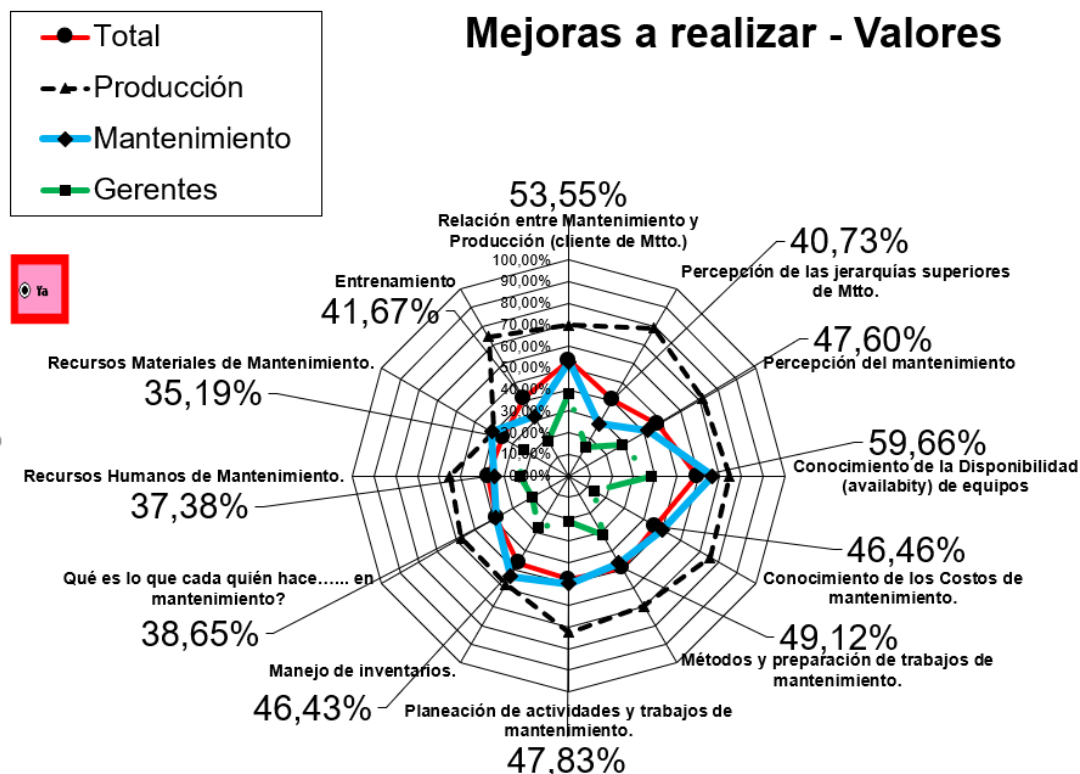
Tabla 4. Hoja de resultados obtenidos después de aplicar Flash Audit.

No.	Concepto	Gerentes		Mantenimiento		Producción		Total	
		% Real G	por mejorar %	% Real M	por mejorar %	% Real P	por mejorar %	% Real Total	por mejorar %
1	Relación entre Mantenimiento y Producción (cliente de Mto.)	62,13%	37,87%	47,06%	52,94%	30,15%	69,85%	46,45%	53,55%
2	Percepción de las jerarquías superiores de Mto.	84,68%	15,32%	72,18%	27,82%	20,97%	79,03%	59,27%	40,73%
3	Percepción del mantenimiento	71,15%	28,85%	57,69%	42,31%	28,37%	71,63%	52,40%	47,60%
4	Conocimiento de la Disponibilidad (availability) de equipos	61,93%	38,07%	33,52%	66,48%	25,57%	74,43%	40,34%	59,66%
5	Conocimiento de los Costos de mantenimiento.	86,25%	13,75%	50,00%	50,00%	24,38%	75,63%	53,54%	46,46%
6	Métodos y preparación de trabajos de mantenimiento.	68,75%	31,25%	53,60%	46,40%	30,30%	69,70%	50,88%	49,12%
7	Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento.	78,80%	21,20%	50,00%	50,00%	27,72%	72,28%	52,17%	47,83%
8	Manejo de inventarios.	72,32%	27,68%	46,43%	53,57%	41,96%	58,04%	53,57%	46,43%
9	Qué es lo que cada quién hace..... en mantenimiento?	80,17%	19,83%	61,21%	38,79%	42,67%	57,33%	61,35%	38,65%
10	Recursos Humanos de Mantenimiento.	77,57%	22,43%	65,44%	34,56%	44,85%	55,15%	62,62%	37,38%
11	Recursos Materiales de Mantenimiento.	75,93%	24,07%	58,80%	41,20%	59,72%	40,28%	64,81%	35,19%
12	Entrenamiento	81,25%	18,75%	68,06%	31,94%	25,69%	74,31%	58,33%	41,67%
Promedios		75,08%	24,92%	55,33%	44,67%	33,53%	66,47%	54,65%	45,35%
								54,65%	45,35%

Nota - La Tabla 4 presenta los resultados consolidados de la aplicación del Flash Audit a las áreas gerencial, operativa de mantenimiento y operativa de producción. Los valores expresan el porcentaje de cumplimiento real y el porcentaje por mejorar en cada una de las 12 áreas evaluadas. Los colores permiten identificar rápidamente el nivel de madurez: verde para fortalezas, amarillo para desempeño medio, naranja para debilidades y rojo para brechas críticas. El resultado global del 54,65 % indica un nivel de madurez medio en la gestión del mantenimiento, mientras que el 45,35 % evidencia oportunidades de mejora en planeación, documentación, inventarios, indicadores y capacitación. Esta lectura constituye la línea base para la definición de los factores clave y las acciones estratégicas del modelo propuesto.

Figura 4. Resultados obtenidos después de aplicar Flash Audit.

Nota - La figura 4, presenta el gráfico radial consolidado del Flash Audit, donde se comparan los niveles de cumplimiento alcanzados por gerentes, personal de mantenimiento, personal de producción y el promedio total. Cada eje corresponde a una de las 12 áreas evaluadas y expresa el porcentaje de cumplimiento real. Las diferencias entre líneas muestran la percepción y el desempeño de cada grupo frente a los procesos de mantenimiento. El promedio total confirma valores intermedios en la mayoría de áreas y evidencia brechas relevantes en disponibilidad de equipos, planeación, métodos de trabajo e indicadores, lo que respalda la necesidad de fortalecer la gestión del mantenimiento en la sede.

Figura 5. Radar de Mejoras por realizar.

Nota - La figura 5, muestra el gráfico radial correspondiente al porcentaje de mejora requerido en cada una de las 12 áreas evaluadas por el Flash Audit. Las líneas representan la brecha por cerrar según gerentes, personal de mantenimiento, personal de producción y el promedio total. Los valores más altos indican áreas que requieren intervención prioritaria, como disponibilidad de equipos, relación mantenimiento–producción, métodos de trabajo, planeación, costos y manejo de inventarios. La figura permite visualizar de manera comparativa las diferencias en percepción entre los grupos evaluados y orienta la priorización de acciones en la estrategia de mejora propuesta.

La aplicación de la metodología Flash Audit en la Universidad del Valle – Sede Cartago permite realizar una evaluación integral de la gestión del mantenimiento. Los resultados generales muestran un desempeño medio, con un promedio total de cumplimiento del 54,65 % y un margen de mejora del 45,35 %. Este resultado refleja que, aunque existen fortalezas operativas, persisten debilidades estructurales que limitan la eficacia del mantenimiento universitario (Chang Parrales et al., 2020).

Las áreas con mejor desempeño corresponden a recursos materiales (64,81 %), conocimiento sobre funciones específicas (61,35 %) y recursos humanos (62,62 %). Estos valores indican que la sede cuenta con insumos básicos, herramientas disponibles y personal técnico experimentado, lo que permite ejecutar tareas correctivas y preventivas con cierto nivel de autonomía. Esta base operativa sostiene la disponibilidad de los activos y la continuidad de los servicios académicos y administrativos, elementos esenciales dentro del modelo de gestión de activos propuesto por la UNE-EN 16646:2015.

No obstante, el Flash Audit revela debilidades significativas que impactan la gestión estratégica del mantenimiento. La relación entre mantenimiento y producción presenta una calificación de 46,45 %, lo que evidencia una débil articulación funcional entre el área técnica y las dependencias académicas. Esta desconexión limita la priorización de intervenciones, reduce la trazabilidad de fallas y obstaculiza la planificación integrada.

Así mismo, los resultados en conocimiento sobre disponibilidad de equipos (40,34 %) y costos de mantenimiento (53,54 %) evidencian una gestión limitada basada en datos verificables. La planta física de la Universidad del Valle – Sede Cartago carece de indicadores técnicos que midan el desempeño de los activos y permitan decisiones sustentadas.

La ausencia de métricas como el MTTR (*Mean Time To Repair*), el MTBF (*Mean Time Between Failures*) y el LCC (*Life Cycle Cost*) restringe la capacidad para evaluar la confiabilidad de los sistemas, estimar la duración de sus componentes y analizar el costo total de propiedad de la infraestructura. El MTTR determina el tiempo promedio que cada instalación requiere para restablecer su funcionamiento, el MTBF cuantifica la frecuencia entre fallas sucesivas y el LCC

calcula el costo acumulado de operación, mantenimiento y sustitución durante el ciclo de vida del activo (Zambrano et al., 2015).

Sin estos indicadores, la universidad no identifica los puntos críticos de intervención, no proyecta adecuadamente los recursos y no define prioridades de inversión, lo que afecta la disponibilidad operativa, la confiabilidad estructural y la sostenibilidad económica de la planta física.

La planificación de actividades y trabajos obtiene una calificación de 52,17 %, lo que indica ausencia de un sistema estructurado para programar tareas, asignar recursos y definir prioridades. Esta condición incrementa la recurrencia de fallas y los costos derivados de mantenimientos reactivos. Por su parte, la capacitación técnica alcanza un 58,33 %, reflejando la falta de un programa formal de formación continua que actualice las competencias del personal frente a nuevas tecnologías y prácticas emergentes.

En conjunto, los resultados del Flash Audit reflejan que la Universidad del Valle – Sede Cartago posee una base operativa funcional, pero requiere fortalecer su gestión estratégica del mantenimiento. Las debilidades identificadas se relacionan con la escasa integración entre áreas, la falta de planificación sistemática, el bajo uso de indicadores técnicos y la limitada formación del personal. Estas brechas afectan la disponibilidad, la confiabilidad y la eficiencia de los activos físicos, por lo que resulta indispensable implementar un modelo de mejora continua alineado con las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17007:2018 y UNE-EN 17485:2023.

4.1.1 Análisis operativo y estructural del mantenimiento en la Sede Cartago.

El análisis operativo y estructural del sistema de mantenimiento de la Universidad del Valle – Sede Cartago evidencia una brecha significativa entre las prácticas actuales y los estándares contemporáneos de gestión de activos establecidos en la familia de normas ISO 55000. La estructura organizacional del mantenimiento es limitada y depende casi exclusivamente de un conjunto reducido de actores: la dirección de la sede, la profesional responsable del área y el personal de servicios generales. Esta composición, aunque funcional en términos básicos, es insuficiente para atender la creciente complejidad de la infraestructura universitaria, lo que repercute de manera directa en la disponibilidad de los activos, la continuidad académica y la eficiencia operativa.

Un primer hallazgo crítico es la ausencia de mecanismos formales de gestión de la información. La sede no cuenta con un sistema informático (CMMS) que permita registrar, programar, controlar o evaluar las actividades de mantenimiento. Las solicitudes ingresan mediante canales informales correos electrónicos, comunicaciones verbales y trámites a través del sistema PQRSD lo que impide asegurar trazabilidad, priorización y seguimiento (Huamán Leiva, 2019).

Este comportamiento contrasta de manera evidente con los requisitos de la ISO 55013:2024, que exige aseguramiento de la calidad de los datos, gestión estructurada de la información y trazabilidad durante todo el ciclo de vida del activo. La inexistencia de órdenes de trabajo formalizadas, hojas de vida, historiales de falla y registros de repuestos evidencia que el sistema opera con información fragmentada y sin valor analítico.

El modelo operativo actual se desarrolla mayoritariamente bajo un esquema correctivo. La intervención ocurre sólo cuando se manifiesta una falla visible o cuando el usuario reporta una necesidad urgente.

Esta aproximación reactiva no solo incrementa los tiempos de respuesta, sino que genera acumulación de solicitudes, interrupciones operativas y costos evitables. Desde la perspectiva comparativa, la sede se encuentra tres niveles por debajo del desempeño esperado en instituciones que adoptan modelos de confiabilidad, donde la planificación preventiva, predictiva y basada en riesgo constituye la base del sistema de mantenimiento.

La falta de un Plan Anual de Mantenimiento articulado, actualizado y retroalimentado agrava esta situación y evidencia una débil alineación con los principios de planificación de la ISO 55001:2024 (cláusula 6).

La aplicación del Flash Audit arroja un nivel de madurez del 54,65 %, lo cual sitúa a la sede en un estadio intermedio que refleja la existencia de prácticas aisladas, pero no de un sistema estructurado. Las dimensiones más críticas incluyen documentación, planificación, indicadores y tecnología. Este resultado no es aislado: coincide con los diagnósticos realizados en universidades latinoamericanas que aún no han incorporado sistemas de gestión de activos, lo que deja a estas instituciones expuestas a discontinuidades operativas y a sobrecostos en mantenimiento correctivo (Luna et al., 2017).

El análisis cualitativo obtenido a través de entrevistas con actores administrativos, docentes y técnicos permitió cotejar estos resultados y evidenció la falta de roles formalmente definidos, la inexistencia de procedimientos institucionalizados y la ausencia total de matrices de riesgo. El personal técnico posee fortalezas en conocimiento empírico y capacidad de respuesta,

pero carece de formación especializada en confiabilidad, gestión de activos, ciclo de vida o análisis de datos.

Esta situación es discordante con los lineamientos de la ISO 55012:2024, que introduce requisitos explícitos sobre competencias, capacidades técnicas y perfiles del personal involucrado en la gestión de activos.

El análisis de criticidad aplicado al inventario técnico, fundamentado en las directrices de la ISO 55001:2024 y la ISO 31000:2018, permitió evidenciar que la sede opera con un conjunto de activos altamente sensibles. Los sistemas eléctricos, equipos de climatización, tableros principales, laboratorios y sistemas de bombeo fueron clasificados como activos críticos, cuyo fallo genera afectaciones inmediatas y severas en la prestación del servicio educativo. Sin embargo, la toma de decisiones no incorpora análisis sistemáticos de probabilidad, impacto, seguridad o mantenibilidad; las intervenciones se ejecutan sin jerarquización técnica, lo cual implica un riesgo operativo significativo y un incumplimiento directo del enfoque de gestión del riesgo que exige la ISO (Campos López et al., 2019).

La revisión documental reveló un escenario especialmente problemático: no existen hojas de vida de activos, los registros de mantenimiento son escasos o inexistentes, no se documentan intervenciones ni se sistematizan fallas. Estas deficiencias constituyen un incumplimiento directo de la UNE-EN 17007:2018, que establece la necesidad de estructuras documentales estandarizadas para el mantenimiento, así como de la cláusula 7 de la ISO 55001:2024, que exige información verificable, confiable y disponible durante todo el ciclo de vida del activo. La ausencia de documentación reduce la capacidad analítica de la sede, limita la toma de decisiones estratégicas y afecta la legitimidad del proceso de planificación institucional.

En cuanto a recursos e infraestructura, aunque los activos mantienen una operación funcional, presentan deterioros asociados al uso intensivo y a la falta de planificación preventiva. No se realiza análisis del ciclo de vida, ni se cuentan con inventarios de repuestos críticos, lo que incrementa tiempos de paro y reduce la vida útil de los activos. Esta ausencia contrasta con los principios de la UNE-EN 17485:2023, que demanda una visión integral para evaluar renovaciones, reemplazos y priorización de inversiones.

Finalmente, el análisis comparativo con los requisitos de la ISO 55001:2024 mostró brechas significativas en los componentes de liderazgo, roles, planificación, competencia, operación, evaluación del desempeño y mejora continua. La sede cumple parcialmente con elementos operativos básicos, pero no cuenta con gobernanza, métricas ni herramientas que permitan garantizar consistencia, disponibilidad y sostenibilidad del sistema de mantenimiento (León Ganchozo et al., 2020).

En síntesis, el diagnóstico revela que la sede Cartago opera con un modelo de mantenimiento reactivo, con limitaciones severas en documentación, planificación, tecnología, competencias y análisis de riesgo. Estas condiciones representan un riesgo institucional relevante, pues afectan la continuidad académica, aumentan costos operativos y reducen la confiabilidad de la infraestructura.

El sistema requiere una modernización integral basada en estándares internacionales, digitalización, estandarización documental, fortalecimiento de competencias, análisis de ciclo de vida e implementación de indicadores. Esta línea base constituye el punto de partida para la valoración estratégica y el diseño del modelo institucional de gestión del mantenimiento presentado en los capítulos posteriores.

Este diagnóstico constituye la línea base para el Objetivo 2 – Valoración, que profundiza en los factores claves de éxito y en las variables críticas que determinan la eficacia del mantenimiento universitario.

4.2 Objetivo 2. Valoración.

Describir la valoración y determinación de los factores claves de éxito y de las variables críticas para la gestión del manteniendo, dentro de la gestión de activos, a partir de las diferentes áreas de Flash Audit, sus subcategorías y las diferentes temáticas que investiga.

Este capítulo profundiza en la comprensión de los elementos que determinan el éxito y las debilidades de la gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago, a partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología Flash Audit. El análisis se orienta a identificar los factores clave de éxito (FCE) y las variables críticas que inciden en la disponibilidad, confiabilidad y sostenibilidad de los activos físicos dentro del sistema de gestión de activos institucional. El propósito es establecer una base interpretativa que permita comprender la relación entre las áreas funcionales evaluadas, los resultados cuantitativos obtenidos y su coherencia con los principios de la UNE-EN 16646 y en concordancia con los requisitos de la ISO 55001:2024 y las directrices ofrecidas por las normas complementarias ISO 55002:2018, ISO 55010:2024, ISO 55011:2024, ISO 55012:2024 y ISO 55013:2024.

4.2.1 Valoración general del Flash Audit

La aplicación de la metodología Flash Audit en la Universidad del Valle – Sede Cartago permite realizar una evaluación integral de la gestión de mantenimiento. Los resultados muestran

un promedio general de cumplimiento del 54,65 %, lo que indica una gestión en consolidación, con fortalezas operativas y debilidades estructurales.

Las áreas con mejor desempeño son recursos materiales (64,81 %), recursos humanos (62,62 %) y conocimiento sobre funciones específicas (61,35 %). Estas evidencian que la sede dispone de insumos básicos, herramientas disponibles y personal técnico con experiencia, lo que permite ejecutar tareas correctivas y preventivas con autonomía. Esta base técnica constituye un factor clave de éxito, ya que garantiza la operatividad de los activos y la continuidad de los servicios académicos y administrativos.

Por el contrario, las áreas con menor valoración son relación entre mantenimiento y producción (46,45 %), conocimiento sobre disponibilidad de equipos (40,34 %), planeación de actividades (52,17 %), entrenamiento (58,33 %) y conocimiento sobre costos de mantenimiento (53,54 %). Estos resultados revelan una gestión fragmentada y con baja articulación entre el área técnica y las unidades académicas. La falta de información confiable sobre disponibilidad y costos impide decisiones basadas en datos, mientras que la ausencia de planificación y formación continua reduce la eficacia de las acciones preventivas.

La comparación entre el sistema actual de mantenimiento y los estándares de la ISO 55001:2024 permite identificar brechas estructurales que afectan la madurez institucional. La norma establece requisitos sobre gobernanza, roles, planificación, competencias, gestión del riesgo, evaluación del desempeño y mejora continua. El diagnóstico reveló déficits significativos en todos estos componentes, especialmente en las cláusulas 5 (liderazgo), 6 (planificación), 7 (apoyo), 9 (desempeño) y 10 (mejora) (Chang Parrales et al., 2020).

En términos críticos, el sistema de mantenimiento de la sede presenta características propias de un nivel intermedio de desarrollo: opera sin un marco formal de gestión de activos, carece de procesos estandarizados y no incorpora decisiones basadas en evidencia. Esta situación contrasta con el enfoque de la ISO 55001:2024, que exige una gobernanza activa del sistema de mantenimiento, disponibilidad de información fiable, procesos claramente definidos y mecanismos de medición orientados a la mejora continua.

El análisis comparativo deja en evidencia que la sede no cumple con los requisitos de evaluación del desempeño, gestión de la información ni documentación del ciclo de vida del activo. La ausencia de estas condiciones no solo dificulta la planificación, sino que limita la capacidad institucional para justificar inversiones, asignar recursos o priorizar intervenciones basadas en criterios técnicos y financieros.

4.2.2 Indicadores técnicos y su relevancia para la planta física.

Los resultados en conocimiento sobre disponibilidad de equipos (40,34 %) y costos de mantenimiento (53,54 %) evidencian una gestión limitada, sustentada en información parcial y sin herramientas analíticas de control. La planta física de la sede carece de indicadores técnicos que midan el desempeño de los activos o respalden decisiones estratégicas.

La ausencia de métricas como MTTR (*Mean Time To Repair*), MTBF (*Mean Time Between Failures*) y LCC (*Life Cycle Cost*) restringe la capacidad institucional para evaluar la confiabilidad de las instalaciones, estimar la durabilidad de los componentes y determinar el costo total de propiedad (Wireman, 2005).

En el contexto de la Sede Cartago, estos indicadores son fundamentales:

- MTTR permitiría conocer el tiempo promedio de reparación de un espacio o instalación tras una falla.
- MTBF facilitaría la identificación de la frecuencia real de las averías, posibilitando la programación de mantenimientos preventivos.
- LCC permitiría calcular los costos globales del ciclo de vida de los activos, optimizando presupuestos y prolongando su utilidad.

Sin estos instrumentos, la sede no logra identificar los puntos críticos de intervención ni priorizar inversiones. Esta carencia afecta directamente la disponibilidad operativa, la confiabilidad estructural y la sostenibilidad económica de la infraestructura universitaria.

4.2.3 Integración institucional y análisis comparativo del modelo de mantenimiento de la Universidad del Valle

La Universidad del Valle cuenta con un modelo formal de gestión del mantenimiento definido por la Dirección de Infraestructura Universitaria (DIU), el cual establece las directrices para la ejecución de las actividades preventivas y correctivas en las edificaciones, redes y equipos institucionales. Según este procedimiento, el mantenimiento se orienta a garantizar la continuidad de los servicios misionales, la seguridad de las instalaciones y la sostenibilidad de los recursos, mediante la planificación, control y seguimiento de las actividades operativas (Universidad del Valle, 2024).

El procedimiento de Sostenibilidad y Mantenimiento de la DIU contempla un sistema estructurado que incluye el Plan de Mantenimiento, el Programa Anual de Mantenimiento, y el uso del Sistema de Información del Mantenimiento Institucional, una plataforma que permite registrar solicitudes, asignar responsables, hacer seguimiento y cerrar órdenes de trabajo. Este

sistema centraliza la información de mantenimiento, genera trazabilidad de los procesos e integra componentes eléctricos, hidrosanitarios, de planta física, de cubiertas y de equipos, bajo lineamientos técnicos de normas como el RETIE, RETILAP, NSR-10, RAS y NTC 1500 (Navarro Elola et al., 1997).

Sin embargo, el análisis realizado evidencia que existe una brecha significativa entre este modelo normativo y la realidad operativa de la Sede Cartago. A diferencia del campus Cali, donde se dispone de un procedimiento consolidado y un sistema informático para la gestión de mantenimiento, la Sede Cartago no cuenta con una herramienta institucional de registro y control. Las solicitudes de mantenimiento se reciben de manera dispersa, principalmente a través de PQRSD, correos electrónicos o comunicaciones informales de funcionarios, sin un proceso estandarizado de seguimiento ni retroalimentación.

Aunque se ha formulado un plan de mantenimiento básico, este no se articula con la planificación institucional ni cuenta con mecanismos de evaluación del cumplimiento o consumo de recursos. La ausencia de indicadores técnicos, tales como el tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo medio de reparación (MTTR) o los costos del ciclo de vida (LCC), impide medir la efectividad de las acciones realizadas y limita la toma de decisiones basada en datos. En consecuencia, la gestión del mantenimiento en Cartago es mayoritariamente reactiva, pues se priorizan los trabajos correctivos sobre los preventivos, debido a la falta de inspecciones sistemáticas y diagnósticos periódicos de la infraestructura (Wireman, 2005).

Así mismo, la estructura organizativa del mantenimiento en la sede es reducida. Está compuesta por el director de Sede, la profesional encargada del área de mantenimiento y el personal de servicios generales, quienes deben atender tanto labores operativas como

administrativas. La falta de personal técnico especializado y la inexistencia de procedimientos formales de control y registro generan sobrecarga laboral, dificultan la planificación y reducen la capacidad de respuesta ante averías.

Esta situación contrasta con las disposiciones del modelo institucional, que en Cali contempla revisiones semestrales de avance, reuniones de seguimiento y priorización de mantenimientos con base en el impacto misional. La descentralización operativa sin un control centralizado limita la coherencia y la eficiencia del sistema de mantenimiento en las sedes regionales, lo que repercute en la disponibilidad, confiabilidad y sostenibilidad de los activos físicos universitarios (Universidad del Valle, 2024).

El mantenimiento en la sede Cartago opera de manera aislada dentro de la estructura organizacional. No existe una integración clara con la planeación institucional, con la gestión financiera o con la toma de decisiones estratégicas. Esta desconexión representa una debilidad crítica frente a la ISO 55010:2024, la cual exige coordinación explícita entre funciones financieras y operativas para asegurar que el mantenimiento contribuya al valor de los activos.

El sistema actual se gestiona con criterios operativos básicos, sin vincularse a objetivos institucionales de disponibilidad, continuidad académica o eficiencia presupuestal. La falta de alineación entre roles, responsabilidades y procesos evidencia una débil gobernanza del mantenimiento, contraria a los lineamientos de la ISO 55011:2024, que orienta la gestión de activos en entidades públicas hacia estructuras claras, decisiones trazables y transparencia en el uso de recursos.

Por tanto, se evidencia la necesidad de adaptar e implementar el modelo de la DIU a la realidad de la Sede Cartago, mediante la estandarización de procedimientos, la adopción de un

sistema de información para el registro de actividades, la incorporación de indicadores de desempeño y la integración de los procesos con los lineamientos de la norma UNE-EN 16646:2015, que promueve la alineación entre mantenimiento, gestión de activos y objetivos estratégicos.

Este análisis permite concluir que el fortalecimiento de la gestión de mantenimiento en la Sede Cartago requiere no solo recursos físicos y humanos, sino también una gestión institucional más articulada con el sistema central de mantenimiento de la Universidad del Valle, lo cual garantizaría una administración más eficiente, transparente y sostenible de los activos universitarios, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Comparativo del modelo institucional y la realidad operativa en la Sede Cartago.

Categoría de análisis	Modelo institucional (Campus Cali – DIU)	Realidad operativa (Sede Cartago)	Implicaciones para la gestión de activos
Planificación del mantenimiento	Existe un <i>Plan de Mantenimiento</i> y un <i>Programa Anual</i> articulados al Plan Estratégico de Desarrollo Institucional.	No existe un plan anual formal ni seguimiento sistemático. Las acciones se realizan por demanda o ante fallas.	La falta de planificación impide la priorización de recursos y genera una gestión reactiva.
Sistema de información	Uso del <i>Sistema de Información del Mantenimiento Institucional</i> para registrar, asignar y cerrar órdenes.	No se dispone de software o sistema institucional; las solicitudes llegan por PQRs, correos o comunicaciones verbales.	Ausencia de trazabilidad, dificultad para medir tiempos, costos y desempeño.
Gestión documental y trazabilidad	Cada mantenimiento genera una orden de trabajo con registro, seguimiento y cierre en el sistema.	No se registran formalmente las órdenes ni se documenta el proceso de intervención o retroalimentación.	Falta de evidencia y control sobre las acciones realizadas; riesgos de repetición de fallas.
Indicadores técnicos	Uso proyectado de indicadores como MTBF, MTTR y LCC para medir desempeño y confiabilidad.	No se aplican indicadores técnicos ni métricas de desempeño.	No se puede evaluar la eficiencia, confiabilidad ni costo del ciclo de vida de los activos.
Gestión del talento humano	Personal técnico especializado por componente (eléctrico,	Estructura mínima: director de sede, profesional	Sobrecarga operativa y ausencia de perfiles técnicos especializados.

	hidráulico, planta física, etc.).	encargada y personal de servicios generales.	
Enfoque preventivo y predictivo	Mantenimientos programados según cronogramas y diagnósticos de estado.	Predomina el mantenimiento correctivo; se interviene tras fallas o reportes.	Aumento de costos, menor disponibilidad de activos y deterioro acelerado de infraestructura.
Coordinación y control institucional	Reuniones semestrales de seguimiento con los encargados de cada componente.	No existen reuniones periódicas ni mecanismos formales de control.	Falta de articulación con la política institucional y pérdida de visión estratégica.
Gestión de recursos y materiales	Kardex e inventario mensual con control administrativo y seguimiento.	No hay registro formal de materiales ni control de consumo o reposición.	Riesgo de desabastecimiento o duplicación de compras; baja eficiencia operativa.
Articulación normativa	Alineado con normas técnicas nacionales (RETIE, RETILAP, NSR-10, RAS) y UNE-EN 16646.	Cumplimiento parcial de lineamientos técnicos; sin evidencia de integración normativa.	Desviación de estándares de calidad y sostenibilidad institucional.

Nota – La tabla 5, evidencia una brecha estructural entre la política institucional de mantenimiento y su aplicación en la Sede Cartago. Mientras el modelo central en Cali dispone de procesos estandarizados, controlados y medibles, en Cartago la gestión aún depende de acciones reactivas y comunicación informal. Esta disonancia reduce la eficiencia operativa y pone en riesgo la sostenibilidad de los activos. Por tanto, se requiere adaptar las prácticas de la DIU a la realidad local mediante la creación de un sistema de gestión simplificado, la capacitación del personal y la implementación gradual de herramientas digitales y métricas de desempeño. Elaboración propia con base en Universidad del Valle, 2024 y en los resultados de Flash Audit aplicado 2025.

4.2.4 Determinación de factores clave de éxito (FCE).

Los factores clave de éxito se definen como condiciones esenciales que permiten alcanzar los objetivos de la gestión del mantenimiento dentro del sistema de activos.

A partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la herramienta Flash Audit y del análisis institucional realizado en la Universidad del Valle – Sede Cartago, se identifican cinco factores clave de éxito (FCE) que constituyen pilares fundamentales para la consolidación de un modelo estratégico de gestión de activos (Mora Gutiérrez, 2009).

Estos factores no solo reflejan condiciones operativas favorables, sino que orientan la toma de decisiones, permiten priorizar inversiones y fortalecen la sostenibilidad de los activos físicos universitarios.

1. Disponibilidad de recursos materiales adecuados.

La disponibilidad de herramientas, repuestos e insumos técnicos fue uno de los aspectos mejor valorados en el diagnóstico, con un cumplimiento del 64,81 %. Este factor garantiza que las intervenciones de mantenimiento puedan ejecutarse de manera oportuna, sin demoras por falta de materiales, reduciendo así los tiempos de inactividad de los equipos y espacios físicos.

En el contexto universitario, esta disponibilidad es esencial para asegurar la continuidad de las actividades académicas y administrativas, especialmente en laboratorios, aulas especializadas y sistemas de soporte institucional. Además, contribuye a disminuir la dependencia de adquisiciones urgentes, optimizar los inventarios y fortalecer la planificación de mantenimientos preventivos con base en datos reales.

2. Claridad en funciones y responsabilidades del personal técnico.

El conocimiento sobre las funciones y responsabilidades del personal de mantenimiento alcanzó un 61,35 % de cumplimiento, evidenciando que el equipo técnico tiene claridad respecto a sus roles operativos.

Esta definición de responsabilidades mejora la trazabilidad de las intervenciones, optimiza la asignación de tareas y previene duplicidades o vacíos de gestión. Desde la perspectiva de la gestión de activos, la delimitación funcional favorece la eficiencia de los flujos

de trabajo, la documentación rigurosa de procesos y el cumplimiento de auditorías internas (Ardila Marín et al., 2016).

Asimismo, este factor promueve una cultura organizacional basada en la responsabilidad técnica, la cooperación y la rendición de cuentas, principios esenciales para el desarrollo institucional sostenible.

3. Formación técnica básica y experiencia del equipo humano.

El componente de recurso humano, con un cumplimiento del 62,62 %, refleja la existencia de una base técnica sólida, aunque con oportunidades de fortalecimiento. La experiencia acumulada del personal permite ejecutar labores correctivas y preventivas con criterio técnico, responder ante contingencias y adaptar soluciones a las condiciones reales de la infraestructura universitaria.

Este factor resulta determinante para garantizar la calidad de las intervenciones, reducir la reincidencia de fallas y mantener la disponibilidad operativa de los activos (García Palencia, 2020).

En el marco de la transformación digital y la transición hacia la Industria 5.0, la formación continua se convierte en una herramienta estratégica para mantener la competitividad institucional, incorporar tecnologías emergentes y asegurar la sostenibilidad del conocimiento técnico dentro de la organización.

4. Integración del mantenimiento con la planificación institucional.

El análisis evidenció una débil articulación entre la gestión del mantenimiento y la planificación académica y administrativa. Sin embargo, cuando el mantenimiento se integra a la planeación institucional, se convierte en un aliado estratégico para el cumplimiento de los objetivos misionales de la universidad.

Esta integración permite alinear las intervenciones técnicas con los calendarios académicos, los proyectos de infraestructura y los planes de desarrollo institucional. Además, facilita la priorización de activos críticos, la asignación eficiente de recursos y la evaluación del impacto de las acciones de mantenimiento en la calidad del servicio educativo (Mora Gutiérrez, 2007).

Por tanto, este factor es esencial para consolidar un modelo de gestión de activos centrado en el valor institucional, en coherencia con los principios de las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN ISO 55000:2024 (Castillo Alva, 2018).

5. Implementación de indicadores técnicos.

La incorporación de indicadores técnicos, tales como la disponibilidad, confiabilidad, MTTR (*Mean Time To Repair*), MTBF (*Mean Time Between Failures*) y LCC (*Life Cycle Cost*), constituye un elemento esencial para evolucionar de una gestión operativa hacia una gestión estratégica (Madroñal Ortiz et al., 2022).

Aunque el conocimiento sobre estos indicadores aún es limitado (40,34 % en disponibilidad y 53,54 % en costos), su implementación permitiría construir una base

cuantitativa sólida para la toma de decisiones, justificar inversiones, medir el desempeño de los activos y establecer metas de mejora continua.

En el ámbito universitario, el uso sistemático de estos indicadores no solo optimiza el uso de los recursos, sino que también fortalece la transparencia institucional y la rendición de cuentas en la administración de los bienes públicos.

Estos factores consolidan la base operativa del mantenimiento y sustentan la transición hacia un modelo estratégico de gestión de activos.

Los cinco factores clave de éxito identificados constituyen la base sobre la cual debe consolidarse un modelo estratégico de gestión de activos físicos para la Universidad del Valle – Sede Cartago.

Su fortalecimiento permitirá transitar hacia una gestión más eficiente, preventiva y basada en evidencia, en concordancia con los estándares internacionales establecidos en las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023 (AENOR, 2015).

Asimismo, facilitará la articulación entre mantenimiento, planeación institucional y comunidad universitaria, promoviendo una cultura de sostenibilidad, cuidado del patrimonio y mejora continua que garantice la disponibilidad y confiabilidad de la infraestructura universitaria.

4.2.5 Identificación de variables críticas.

Las variables críticas representan los elementos o condiciones cuya deficiente gestión puede comprometer directamente la disponibilidad, confiabilidad y sostenibilidad de los activos

físicos de la Universidad del Valle – Sede Cartago. A partir de los resultados del Flash Audit y del análisis comparativo con el modelo institucional de mantenimiento definido por la Dirección de Infraestructura Universitaria (DIU), se identifican tres dimensiones principales de vulnerabilidad: técnica, organizacional y documental. Estas variables, en conjunto, explican las causas estructurales que limitan el desempeño del mantenimiento en la sede.

1. Dimensión técnica.

Esta dimensión agrupa las debilidades relacionadas con la medición, el control y la estandarización de los procesos técnicos de mantenimiento. La carencia de indicadores como MTTR, MTBF, LCC, disponibilidad operativa y confiabilidad de los activos impide evaluar el desempeño real de las instalaciones y proyectar la vida útil de los equipos e infraestructuras.

En la sede Cartago, la gestión técnica del mantenimiento carece de instrumentos sistemáticos para el registro de fallas, el análisis de causas raíz y la evaluación de tiempos de reparación o costos asociados. Esto genera una gestión predominantemente reactiva, centrada en atender fallas una vez ocurren, en lugar de prevenirlas.

La ausencia de un sistema digital de seguimiento —como el Sistema de Información del Mantenimiento Institucional que opera en el Campus Cali— limita la trazabilidad técnica y la capacidad para anticipar patrones de deterioro o establecer programas predictivos. Esta situación conlleva a una baja eficiencia energética, incremento de costos y pérdida de confiabilidad de los activos físicos universitarios (Mora Gutiérrez, 2023).

Esta carencia restringe la planificación preventiva, dificulta la priorización de intervenciones y afecta la sostenibilidad de la infraestructura. Sin estos datos, no es posible

establecer metas de desempeño ni evaluar el cumplimiento de los objetivos de mantenimiento.

Además, la dependencia de mantenimientos correctivos —que se ejecutan tras la falla— aumenta los costos, reduce la vida útil de los activos y afecta la continuidad de los servicios académicos y administrativos.

2. Dimensión organizacional.

La dimensión organizacional hace referencia a los aspectos estructurales y de coordinación institucional que condicionan la eficacia del mantenimiento. En la sede Cartago, la estructura de gestión está conformada por el director de Sede, la profesional encargada del área de mantenimiento y el personal de servicios generales, quienes asumen tanto funciones administrativas como operativas. Esta concentración de responsabilidades genera sobrecarga laboral, limita la planificación estratégica y dificulta la supervisión técnica.

Además, no existen roles definidos ni flujos formales de comunicación entre las áreas administrativas, académicas y de mantenimiento. Muchas solicitudes provienen de canales informales como correos electrónicos o reportes verbales, sin un sistema unificado de recepción, priorización y cierre de actividades.

La falta de coordinación con la DIU y la ausencia de mecanismos regulares de seguimiento (como reuniones de control o reportes periódicos) impiden la integración del mantenimiento con la planificación institucional y reducen la capacidad de respuesta ante emergencias o proyectos de infraestructura.

Esta fragmentación organizativa limita la alineación con los objetivos misionales de la universidad y debilita el principio de control centralizado con operación descentralizada, establecido en el Acuerdo 017 de 2015.

3. Dimensión documental.

La dimensión documental agrupa las deficiencias relacionadas con el registro, seguimiento y control de la información del mantenimiento. En la sede Cartago, no se dispone de un sistema formal de órdenes de trabajo, ni de registros de ejecución, consumo de materiales o retroalimentación de los resultados. Aunque existe un plan básico de mantenimiento con tareas y responsables, no se realiza seguimiento a su cumplimiento, ni se documentan los recursos utilizados o los tiempos de ejecución.

La falta de trazabilidad documental impide medir el grado de cumplimiento de los planes, identificar tendencias de deterioro o justificar presupuestos futuros. Asimismo, la inexistencia de protocolos estandarizados para la atención de solicitudes y la gestión de inventarios aumenta el riesgo de duplicidad de intervenciones, desperdicio de recursos y pérdida de información crítica para la toma de decisiones (Betancourt, 2020).

En consecuencia, la gestión documental limitada se traduce en falta de evidencia técnica, baja transparencia y dificultades para auditar procesos, afectando la confiabilidad institucional y el cumplimiento de los lineamientos de la norma UNE-EN 16646:2015, que exige la documentación del ciclo completo del mantenimiento dentro del sistema de gestión de activos.

Las variables críticas identificadas en las dimensiones técnica, organizacional y documental representan los principales desafíos para fortalecer la gestión del mantenimiento en la Sede Cartago.

Su impacto no solo recae sobre la eficiencia operativa, sino también sobre la sostenibilidad institucional y la gestión presupuestal.

Abordar estas variables mediante la estandarización de procesos, la implementación de un sistema de información, la definición de roles claros y la adopción de indicadores técnicos permitirá transformar la actual gestión reactiva en un modelo proactivo, medible y orientado a resultados. De este modo, la sede podrá alinearse progresivamente con los principios de la gestión de activos definidos por las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023, garantizando la disponibilidad, mantenibilidad y trazabilidad de la infraestructura universitaria (García Palencia, 2020).

4.2.6 Relación entre factores clave y variables críticas.

La interdependencia entre los factores clave de éxito y las variables críticas permite identificar puntos de acción prioritaria. Por ejemplo, la carencia de indicadores técnicos limita la planificación, mientras que la falta de roles definidos reduce la capacidad de ejecución eficiente. De igual modo, la escasa documentación de intervenciones dificulta la justificación presupuestal y el control de recursos.

El análisis de esta relación facilita la formulación de estrategias específicas por área funcional, dirigidas a fortalecer la gestión de activos y optimizar el rendimiento de la planta física.

La valoración general indica que la Universidad del Valle – Sede Cartago mantiene una estructura técnica funcional, aunque requiere consolidar su gestión estratégica mediante la integración de procesos, la adopción de indicadores y la capacitación sistemática. Los factores clave garantizan la operatividad, mientras que las variables críticas exponen los vacíos de control, seguimiento y documentación. Esta dualidad configura la necesidad de implementar un modelo de mejora continua, alineado con las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023, que promueva eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad institucional.

La valoración desarrollada mediante la herramienta Flash Audit permite comprender de manera integral los factores que determinan el desempeño del mantenimiento en la sede Cartago. Las fortalezas operativas se asocian con la disponibilidad de recursos y la experiencia del personal, mientras que las debilidades se vinculan con la ausencia de planeación, la falta de indicadores técnicos y la escasa integración institucional. Este análisis representa la base para la construcción de un modelo de gestión del mantenimiento sustentado en la evidencia, orientado a optimizar los procesos, reducir costos y garantizar la confiabilidad y sostenibilidad de los activos físicos universitarios.

La gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago presenta una interacción directa entre los factores clave de éxito (FCE) y las variables críticas identificadas. Esta relación permite comprender cómo ciertas fortalezas operativas pueden transformarse en estrategias de mitigación frente a las debilidades estructurales detectadas en las dimensiones técnica, organizacional y documental (Prego Nieto, 2020).

El propósito de este análisis es establecer conexiones entre las condiciones favorables como la disponibilidad de recursos, la claridad en funciones o la experiencia técnica y los

elementos que obstaculizan la eficiencia del mantenimiento, tales como la falta de indicadores, la desarticulación institucional o la ausencia de registros sistemáticos.

De esta forma, en la tabla 6 se construye una matriz de comprensión que orienta las acciones de mejora hacia una gestión más integrada, trazable y alineada con las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 1748:2023.

Tabla 6. Relación entre factores clave de éxito (FCE) y variables críticas.

Factor Clave de Éxito (FCE)	Variables Críticas Asociadas	Efecto de Mitigación / Potencial de Mejora
1. Disponibilidad de recursos materiales adecuados	Falta de registros de consumo, inexistencia de control documental de inventarios.	Permite estructurar un sistema básico de trazabilidad de insumos y reducir retrasos por falta de materiales; favorece la planificación de mantenimiento preventivo.
2. Claridad en funciones y responsabilidades del personal técnico	Ambigüedad en roles, débil coordinación institucional, exceso de carga operativa.	Facilita la distribución eficiente de tareas, mejora la trazabilidad de intervenciones y reduce la duplicidad de esfuerzos.
3. Formación técnica y experiencia del equipo humano	Falta de indicadores técnicos (MTTR, MTBF), ausencia de diagnósticos sistemáticos.	Aumenta la capacidad técnica para medir, interpretar y registrar indicadores, mejorando la toma de decisiones basada en evidencia.
4. Integración del mantenimiento con la planificación institucional	Escasa articulación entre áreas, débil planificación estratégica, falta de control del plan.	Permite vincular el mantenimiento con los planes de desarrollo institucional y asegurar la asignación de recursos según prioridades misionales.
5. Implementación de indicadores técnicos (MTTR, MTBF, LCC)	Ausencia de medición de desempeño, gestión reactiva, desconocimiento de costos.	Genera una base cuantitativa para evaluar confiabilidad, disponibilidad y costos del ciclo de vida, impulsando una gestión proactiva y eficiente.

Nota – En la tabla 6 se identifican cinco factores clave de éxito en la gestión del mantenimiento: recursos materiales, funciones del personal, formación técnica, integración institucional e indicadores de desempeño. Estos factores permiten mejorar la trazabilidad, la eficiencia operativa y la toma de decisiones, fortaleciendo una gestión proactiva, planificada y orientada a resultados. Elaboración propia con base en resultados del Flash Audit (2025) y análisis comparativo con el modelo institucional de mantenimiento de la DIU, Universidad del Valle.

La matriz evidencia que los factores clave de éxito actúan como palancas de mejora frente a las debilidades estructurales que caracterizan la gestión de mantenimiento en la Sede Cartago.

Por ejemplo, la disponibilidad de recursos materiales, identificada como fortaleza, puede convertirse en el punto de partida para implementar un sistema de control de inventarios y trazabilidad documental, mitigando la falta de registros formales.

Del mismo modo, la claridad en las funciones del personal constituye una oportunidad para definir procedimientos estandarizados, manuales de roles y mecanismos de comunicación entre las áreas académicas y administrativas.

La formación técnica del equipo humano adquiere una relevancia estratégica, ya que permite incorporar gradualmente la medición de indicadores técnicos y la comprensión de conceptos como MTTR y MTBF, fundamentales para anticipar fallas y evaluar la confiabilidad de los activos (Ramírez Acevedo, 2019).

Por su parte, la integración del mantenimiento con la planificación institucional constituye el puente entre la gestión operativa y los objetivos estratégicos de la universidad, asegurando que las acciones técnicas se alineen con la sostenibilidad, la eficiencia y la calidad educativa.

Finalmente, la implementación de indicadores técnicos se consolida como el eje articulador que permite transitar desde una gestión reactiva hacia una gestión basada en datos y mejora continua. Su adopción progresiva posibilita comparar resultados, justificar presupuestos, evaluar proveedores y establecer metas de desempeño alineadas con las normas UNE-EN 16646:2015 (gestión del mantenimiento dentro del sistema de activos) y UNE-EN 17485:2023 (competencias en gestión de mantenimiento).

La relación entre los factores clave de éxito y las variables críticas revela que la Sede Cartago posee una base técnica funcional, pero carece de integración y control estratégico.

El fortalecimiento de los FCE identificados constituye el camino para mitigar las debilidades diagnosticadas por el Flash Audit y avanzar hacia una gestión del mantenimiento institucional más proactiva, estandarizada y sostenible.

Este proceso permitirá reducir la dependencia del mantenimiento correctivo, optimizar los recursos, mejorar la disponibilidad de los activos y garantizar condiciones físicas adecuadas para el desarrollo académico y administrativo de la Universidad del Valle.

4.3 Objetivo 3. Mejoras

Planear una serie de metodologías para optimizar y mejorar la eficacia de la gestión del mantenimiento de la planta física, a partir de la gestión de activos, mediante propuestas de mejora continua de los factores y actividades susceptibles de mejora.

La gestión moderna del mantenimiento trasciende la función operativa para convertirse en un componente estratégico dentro del sistema de gestión de activos. Según la norma UNE-EN 16646:2015, el mantenimiento debe integrarse con la planificación organizacional, la gestión del ciclo de vida de los activos y los objetivos estratégicos institucionales, garantizando que las decisiones técnicas contribuyan al valor global del sistema. De igual modo, la ISO 55000:2024 establece que la gestión de activos busca equilibrar costos, riesgos y desempeño, asegurando la sostenibilidad en el tiempo.

En el contexto universitario, la infraestructura física constituye un activo crítico para el cumplimiento de las funciones sustantivas —docencia, investigación y extensión—. Por tanto, un

modelo de mantenimiento efectivo debe sostener la disponibilidad y confiabilidad de los espacios académicos y administrativos, optimizando los recursos y minimizando interrupciones (Améndola, 2012).

El diagnóstico realizado mediante la metodología Flash Audit evidenció que la Sede Cartago presenta fortalezas operativas (recursos materiales y experiencia técnica) pero debilidades estructurales en planificación, control documental y uso de indicadores. Estas brechas impiden una gestión basada en datos y dificultan la alineación con el modelo institucional definido por la Dirección de Infraestructura Universitaria (DIU). De allí surge la necesidad de proponer un modelo adaptativo que articule los lineamientos normativos con la realidad operativa local (Universidad del Valle, 2024).

El modelo propuesto se fundamenta en tres principios rectores:

- Gestión integral del mantenimiento (UNE-EN 16646:2015): articulación entre estrategia, táctica y operación.
- Gestión del ciclo de vida del activo (ISO 55000:2024): planificación de intervenciones considerando los costos totales de propiedad y el valor residual.
- Mantenimiento centrado en valor (UNE-EN 17485:2023): enfoque orientado a la eficiencia, sostenibilidad y trazabilidad.

Mantenimiento centrado en valor (*Value-Based Maintenance*), orientado a la eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad. Este enfoque permite establecer un sistema flexible y escalable, en el que las decisiones técnicas se basan en información confiable, indicadores de desempeño y alineación estratégica con las metas institucionales (Idrus et al., 2009).

Análisis de criticidad de la planta física.

La planta física de la sede Cartago está conformada por salones de clase, auditorio, dos salas de sistemas, laboratorios, oficinas administrativas, cafetería, polideportivo y zonas comunes. Cada uno de estos espacios cumple un papel específico dentro de la misión académica y, por tanto, posee un nivel distinto de criticidad frente a la operación institucional.

El análisis de criticidad que se presenta en la tabla 7 permite identificar qué áreas requieren mayor atención, considerando tres factores:

1. Impacto funcional (40%): Nivel de afectación que genera la falla sobre las actividades académicas o administrativas.
2. Frecuencia de uso (35%): Número de horas y días de utilización promedio.
3. Condición física actual (25%): Estado general de conservación e infraestructura.

Con base en estos criterios se clasifica la infraestructura de la siguiente manera:

Tabla 7. *Análisis de criticidad de los espacios físicos de la Sede Cartago.*

Espacio	Impacto funcional	Frecuencia de uso	Condición actual	Nivel de criticidad
Laboratorios	Alto	Alto	Regular	Crítico
Salas de sistemas	Alto	Alto	Regular	Crítico
Auditorio	Alto	Medio	Regular	Alto
Salones de clase	Medio	Alto	Bueno	Medio-Alto
Oficinas administrativas	Medio	Medio	Bueno	Medio
Cafetería	Medio	Alto	Bueno	Medio
Polideportivo	Bajo	Medio	Bueno	Medio-Bajo
Zonas comunes	Bajo	Alto	Bueno	Medio-Bajo

Nota - Fuente: Elaboración propia (2025) con base en la observación técnica y el diagnóstico de mantenimiento de la planta física de la Universidad del Valle – Sede Cartago. La valoración considera el impacto funcional, la frecuencia de uso y la condición actual de cada espacio, determinando su nivel de criticidad para la priorización de intervenciones de mantenimiento.

El resultado del análisis evidencia que los laboratorios y las salas de sistemas son los espacios más críticos, debido a su alta utilización, dependencia de equipos eléctricos y condiciones ambientales controladas. Le siguen el auditorio y los salones de clase, que tienen un impacto funcional alto por su papel en las actividades académicas diarias.

Por tanto, el plan de mantenimiento debe priorizar estas áreas para garantizar la disponibilidad operativa y la seguridad de los usuarios.

4.3.1 Descripción del modelo de gestión propuesto.

El modelo de gestión del mantenimiento diseñado para la Universidad del Valle – Sede Cartago responde a la necesidad de transitar de un enfoque reactivo a uno estratégico y preventivo, integrando cuatro etapas cíclicas: planificación, ejecución, control y mejora continua, en coherencia con la norma UNE-EN 16646:2015.

a. Planificación.

En esta etapa se definen los objetivos del mantenimiento, los recursos disponibles y las prioridades según la criticidad de los activos. Se propone la adopción de un Plan de Mantenimiento Anual adaptado a la realidad local, que articule las actividades con los calendarios académicos y administrativos. Este plan debe incorporar la clasificación de activos, la definición de frecuencias y la identificación de riesgos asociados a fallas (ICONTEC, 2024).

b. Ejecución.

Comprende la realización de actividades preventivas, correctivas y predictivas, con base en procedimientos estandarizados y roles definidos. Se recomienda implementar un sistema

digital simplificado de registro (hojas de control o aplicativo básico) que permita documentar intervenciones, responsables, tiempos y costos. Este registro constituye la base para construir indicadores como el MTTR (*Mean Time To Repair*), MTBF (*Mean Time Between Failures*) y LCC (*Life Cycle Cost*), esenciales para la toma de decisiones (Waeyenbergh & Pintelon, 2002).

c. Control y seguimiento.

Incluye la evaluación sistemática del cumplimiento del plan, la revisión de órdenes de trabajo y la verificación de resultados. La tabla 8 muestra el proceso ideal propuesto para la sede Cartago, donde se visualiza el flujo entre diagnóstico, planeación, ejecución, seguimiento y retroalimentación institucional. En esta fase se consolidan los indicadores técnicos, financieros y operativos, que permiten medir la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia de los activos.

d. Mejora continua.

El modelo adopta el ciclo PHVA (Planear–Hacer–Verificar–Actuar) como herramienta de retroalimentación. Los resultados obtenidos en los indicadores y auditorías internas deben alimentar los planes de capacitación, priorización presupuestal y rediseño de procedimientos. Esta fase es fundamental para consolidar una cultura de sostenibilidad y aprendizaje organizacional (Morales Muñoz & Loncón Sepúlveda, 2023).

Las acciones se agrupan en tres dimensiones: técnica, organizacional y documental.

a. Dimensión técnica:

- Implementar un plan anual de mantenimiento preventivo y predictivo, estructurado por criticidad y frecuencia.

- Incorporar indicadores de desempeño como MTBF, MTTR y LCC para controlar la disponibilidad, confiabilidad y costo de ciclo de vida.
- Diseñar un registro digital de órdenes de trabajo que permita la trazabilidad de las intervenciones, los tiempos de reparación y el consumo de materiales.
- Establecer un programa de inspección sistemática de instalaciones críticas, priorizando redes eléctricas, hidráulicas, cubiertas y laboratorios.

b. Dimensión organizacional:

- Redefinir la estructura de mantenimiento con roles claros: coordinación técnica, planeación y ejecución.
- Crear un comité de gestión de mantenimiento y activos articulado al Sistema de Regionalización, encargado de planear, priorizar y revisar los avances.
- Fortalecer la formación técnica del personal, mediante capacitaciones en mantenimiento predictivo, gestión de riesgos y uso del Sistema de Información Institucional.
- Integrar la planeación de mantenimiento al Plan Estratégico de Desarrollo Institucional, asegurando alineación con metas misionales.

c. Dimensión documental:

- Estandarizar formatos de registro de mantenimiento, con campos obligatorios para causas, acciones y observaciones.
- Consolidar un inventario actualizado de activos físicos, clasificando los equipos según su función, criticidad y vida útil.

- Diseñar un manual de procedimientos técnicos conforme a la norma UNE-EN 17007:2018 para homogenizar los reportes y mejorar la trazabilidad.
- Estas propuestas de mejora permiten avanzar hacia una gestión proactiva y sostenible, donde las decisiones se basan en datos, la planificación se vuelve estratégica y el mantenimiento se consolida como un eje de valor institucional.

Tabla 8. Plan de mejora técnica, organizacional y documental.

Dimensión	Acción Propuesta	Propósito	Responsable	Horizonte de Implementación
Técnica	Implementar un plan anual de mantenimiento preventivo y predictivo	Reducir la recurrencia del mantenimiento correctivo y fortalecer la mantenibilidad de los activos	Coordinación de Mantenimiento	2026 – I Semestre
Técnica	Incorporar indicadores MTBF, MTTR y LCC en el sistema de gestión	Controlar el desempeño de los activos y evaluar costos del ciclo de vida	Oficina de Planeación – Coordinación Mantenimiento	2026 – II Semestre
Organizacional	Crear el Comité de Gestión de Mantenimiento y Activos	Alinear las decisiones de mantenimiento con los objetivos institucionales	Dirección de Sede y Vicerrectoría de Regionalización	2026
Organizacional	Desarrollar un programa de formación técnica continua	Actualizar competencias del personal en mantenimiento predictivo	Bienestar y Mantenimiento	2026
Documental	Diseñar formatos estandarizados de registro de mantenimiento	Mejorar la trazabilidad de la información técnica	Coordinación de Mantenimiento	2026
Documental	Crear un inventario digital de activos clasificados por criticidad	Fortalecer la planificación y control de mantenimiento	Oficina de Planeación – TIC	2026

Nota - Elaboración propia (2025) con base en el diagnóstico de la planta física y en los lineamientos de gestión de activos establecidos por las normas ISO 55001:2024, UNE-EN 16646 y UNE-EN 17007. Este plan orienta las acciones para fortalecer la mantenibilidad, la disponibilidad y la trazabilidad de los activos institucionales.

En conjunto, este modelo busca fortalecer la articulación entre el mantenimiento y la planeación institucional, mejorar la trazabilidad documental y promover la toma de decisiones

basada en evidencia. Su implementación permitirá a la Sede Cartago avanzar hacia un sistema de gestión de activos institucional sostenible, alineado con las normas UNE-EN 16646:2015 y ISO 55000:2024, garantizando así la disponibilidad y confiabilidad de la infraestructura universitaria (Betancourt, 2020).

4.3.2 Alineación del modelo con los FCE y las variables críticas.

El fortalecimiento de la gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago requiere integrar los factores clave de éxito (FCE) y las variables críticas identificadas en los capítulos anteriores dentro de un modelo operativo que garantice eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad. La alineación de estos elementos con los principios de la norma UNE-EN 16646:2015 permite incorporar el mantenimiento como parte esencial de la gestión de activos, asegurando que las decisiones técnicas estén vinculadas con los objetivos institucionales y la misión universitaria.

1. Enfoque metodológico: integración bajo el ciclo PDCA.

El modelo propuesto se fundamenta en el ciclo de mejora continua PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), ampliamente recomendado en los sistemas de gestión de activos físicos (ISO 55001:2024; UNE-EN 16646:2015). Tal y como se muestra en la figura 6, este enfoque asegura la retroalimentación constante de los procesos de mantenimiento y promueve la toma de decisiones basada en datos (ISOTools, 2018).

Figura 6. Proceso ideal de gestión del mantenimiento en la Sede Cartago (modelo propuesto).

Nota - Elaboración propia (2025) con base en el enfoque de mejora continua aplicado a la gestión de activos. El modelo ilustra la secuencia de planificación, ejecución, seguimiento, análisis de resultados e implementación de acciones para fortalecer la mantenibilidad y la eficiencia operativa de la planta física de la Universidad del Valle – Sede Cartago.

El modelo representa un proceso dinámico que inicia con la planificación del mantenimiento (diagnóstico y priorización de activos), continúa con la ejecución del plan preventivo y correctivo, pasa a la verificación mediante la medición de indicadores (MTTR, MTBF, disponibilidad, confiabilidad y costos) y culmina con la acción correctiva o de mejora, ajustando estrategias con base en los resultados (Luna et al., 2017).

2. Matriz de alineación FCE–Variables críticas.

La siguiente matriz que se presenta en la tabla 9 muestra la relación entre los factores clave de éxito (FCE) y las variables críticas detectadas, evidenciando cómo cada acción propuesta en el modelo contribuye a superar las limitaciones estructurales y funcionales identificadas en la sede.

Tabla 9. Matriz de alineación entre factores clave de éxito (FCE) y variables críticas del mantenimiento.

Factor Clave de Éxito (FCE)	Variable Crítica Asociada	Estrategia de Alineación / Acción Correctiva	Impacto Esperado en la Gestión de Activos
Disponibilidad de recursos materiales adecuados	Falta de control de inventarios y trazabilidad de repuestos	Implementación de un kardex digital integrado al CMMS	Reducción de tiempos muertos y mayor disponibilidad operativa
Claridad en funciones y responsabilidades	Roles poco definidos en el equipo técnico	Elaboración de un manual de funciones y responsabilidades técnicas	Mejora de la eficiencia operativa y rendición de cuentas
Formación técnica y experiencia del personal	Falta de capacitación sistemática y actualización técnica	Creación de un programa de formación continua en gestión de activos	Fortalecimiento de competencias técnicas y culturales
Integración del mantenimiento con la planificación institucional	Desarticulación con la programación académica y presupuestal	Vinculación del plan anual de mantenimiento al Plan Estratégico Institucional	Alineación de recursos técnicos y financieros con la misión universitaria
Implementación de indicadores técnicos	Ausencia de registros históricos y métricas de desempeño	Adopción de indicadores MTTR, MTBF y LCC mediante software CMMS	Gestión basada en evidencia y toma de decisiones estratégica

Nota - Elaboración propia con base en resultados del Flash Audit (2025), UNE-EN 16646:2015 y Universidad del Valle. La matriz refleja la relación entre los factores clave de éxito, las variables críticas asociadas y las acciones correctivas orientadas a fortalecer la mantenibilidad, la disponibilidad y la gestión estratégica de los activos institucionales.

3. Análisis interpretativo.

La relación entre los FCE y las variables críticas demuestra que el fortalecimiento de la gestión del mantenimiento no depende únicamente de la disponibilidad de recursos, sino de la integración sistémica entre procesos técnicos, organizacionales y documentales (G. S. Garrido, 2003).

La adopción de un sistema digital de mantenimiento (CMMS) se convierte en un elemento central para la trazabilidad y la generación de indicadores de desempeño (MTTR, MTBF, LCC), alineados con las recomendaciones y las directrices de la UNE-EN 17485:2023 sobre mantenimiento centrado en valor (Luna et al., 2017).

Además, la articulación con la planificación institucional permite que la gestión del mantenimiento se integre dentro de la estrategia de desarrollo de la Universidad, favoreciendo la sostenibilidad de los recursos físicos y la calidad de los servicios académicos. Esta alineación responde al principio de “gestión basada en el ciclo de vida del activo”, donde cada decisión técnica tiene implicaciones en la eficiencia operativa, el costo total de propiedad y la satisfacción de los usuarios (AENOR, 2015).

En consecuencia, la aplicación del modelo propuesto fortalecerá la gobernanza de los activos universitarios, permitirá transitar de una gestión reactiva a una gestión predictiva y planificada, y consolidará una cultura institucional de mejora continua, centrada en la sostenibilidad, la trazabilidad y la eficiencia.

4. Indicadores KPI para la gestión de mantenimiento (Facility Management).

Los indicadores clave de desempeño (*Key Performance Indicators – KPI*) constituyen herramientas esenciales para medir la eficacia, eficiencia y sostenibilidad del mantenimiento dentro del *Facility Management*.

Los indicadores clave de desempeño (*Key Performance Indicators – KPI*) en el ámbito del *Facility Management* permiten evaluar la eficacia, eficiencia y sostenibilidad de la gestión del mantenimiento de la planta física universitaria. En el caso de la Universidad del Valle – Sede Cartago, la ausencia de estos indicadores limita la posibilidad de medir resultados tangibles, justificar inversiones o establecer estrategias de mejora continua. De acuerdo con la norma UNE-EN 16646:2015, la gestión del mantenimiento debe integrar métricas que midan la disponibilidad, la confiabilidad y el costo del ciclo de vida de los activos como elementos esenciales de la gestión de activos (Zambrano et al., 2015).

En este contexto, la tabla 10 propone los siguientes KPI para la sede, adaptados al entorno universitario y a las condiciones específicas identificadas mediante la auditoría Flash Audit:

Tabla 10. Indicadores técnicos de desempeño en la gestión de mantenimiento.

Indicador	Definición técnica	Fórmula general	Propósito / Interpretación
MTTR (Mean Time To Repair)	Tiempo medio de reparación	$MTTR = \text{Tiempo total de reparación} / \text{N}^{\circ} \text{ de fallas}$	Evalúa la rapidez de respuesta ante fallas. Un valor bajo refleja eficiencia operativa y disponibilidad alta.
MTBF (Mean Time Between Failures)	Tiempo medio entre fallas	$MTBF = \text{Tiempo total de operación} / \text{N}^{\circ} \text{ de fallas}$	Determina la confiabilidad del activo; un valor alto indica menor frecuencia de averías.
Disponibilidad Operacional (A%)	Porcentaje del tiempo en que el activo está disponible	$A\% = (MTBF / (MTBF + MTTR)) \times 100$	Mide la proporción de tiempo que los equipos o instalaciones están en condiciones de uso.
LCC (Life Cycle Cost)	Costo del ciclo de vida	$LCC = \text{Costo inicial} + \text{Costo de operación} + \text{Costo de mantenimiento} + \text{Costo de disposición final}$	Permite estimar el costo total asociado al activo durante toda su vida útil.
Costo de mantenimiento por m²	Gasto total de mantenimiento dividido entre el área mantenida	$CM/m^2 = \text{Costo anual de mantenimiento} / \text{Área total mantenida}$	Evalúa la eficiencia económica del mantenimiento en función del tamaño de la infraestructura.
Cumplimiento del plan de mantenimiento (%)	Grado de ejecución de las actividades programadas	$\text{Cumplimiento (\%)} = (\text{Actividades ejecutadas} / \text{Actividades programadas}) \times 100$	Mide la eficacia de la planificación preventiva y la disciplina operativa.
Índice de mantenimientos correctivos vs. preventivos	Proporción entre mantenimientos correctivos y preventivos	$IMC/P = \text{N}^{\circ} \text{ correctivos} / \text{N}^{\circ} \text{ preventivos}$	Permite identificar si la gestión es reactiva o proactiva. Un valor >1 indica exceso de correctivos.

Nota - Elaboración propia con base en resultados del Flash Audit (2025), UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 15341:2020 y Universidad del Valle. Los indicadores clave de desempeño (KPI) propuestos permiten medir la eficacia, eficiencia y sostenibilidad del mantenimiento dentro del enfoque de *Facility Management*. En la Universidad del Valle – Sede Cartago, estos KPI facilitan la evaluación de la mantenibilidad, disponibilidad, confiabilidad y costos del ciclo de vida de los activos, fortaleciendo la toma de decisiones y la mejora continua en la gestión del mantenimiento institucional.

La implementación de estos KPI permitirá al área de mantenimiento de la sede Cartago realizar un seguimiento continuo de su desempeño, identificar desviaciones respecto a los

objetivos institucionales y optimizar la toma de decisiones. De esta manera, el mantenimiento pasará de ser una función reactiva a un proceso estratégico, orientado a la sostenibilidad de los activos físicos y alineado con los principios de la UNE-EN 17485:2023, que promueve un enfoque de mantenimiento centrado en el valor y la eficiencia global del ciclo de vida (AENOR, 2023).

Por lo anterior es indispensable poder medir, controlar y mejorar la eficacia de la gestión del mantenimiento de la planta física, alineada con la gestión de activos físicos y los lineamientos de las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023, tal y como se evidencia en la tabla 11, lo que asegura la disponibilidad, confiabilidad y sostenibilidad de la infraestructura universitaria.

Tabla 11. *Indicadores técnicos-operativos.*

Indicador	Descripción	Fórmula / Método	Frecuencia de medición	Meta esperada	Impacto institucional
MTTR (Mean Time To Repair)	Tiempo promedio que tarda en repararse un activo tras una falla.	Tiempo total de reparación / N° de reparaciones	Trimestral	≤ 48 horas por activo	Aumenta la disponibilidad operativa y reduce tiempos de inactividad.
MTBF (Mean Time Between Failures)	Intervalo promedio entre fallas consecutivas.	Tiempo total de operación / N° de fallas	Semestral	≥ 90 días	Permite evaluar la confiabilidad de los activos y planificar mantenimientos preventivos.
Disponibilidad operativa (%)	Mide el tiempo total que un activo está disponible para su uso.	(Tiempo operativo / Tiempo total) × 100	Mensual	≥ 95 %	Garantiza continuidad académica y administrativa.
Cumplimiento del mantenimiento preventivo (%)	Evalúa el porcentaje de tareas preventivas ejecutadas	(Mantenimientos realizados / Programados) × 100	Trimestral	≥ 90 %	Reduce fallas correctivas y prolonga la vida útil de los activos.

	frente a las programadas.				
Costo por tipo de mantenimiento	Relación entre costos de mantenimiento correctivo y total.	(Costo correctivo / Costo total) × 100	Trimestral	≤ 30 % correctivo	Favorece la gestión financiera eficiente.

Nota - Elaboración propia (2025) con base en las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 15341:2019 y UNE-EN 17485:2023. La medición periódica de estos indicadores permitirá al área de mantenimiento de la Sede Cartago realizar seguimiento a la eficacia técnica, reducir tiempos de inactividad y fortalecer la disponibilidad y confiabilidad de los activos institucionales.

La gestión documental constituye un componente esencial dentro del sistema de mantenimiento, dado que garantiza la trazabilidad de las actividades, la estandarización de los registros y el cumplimiento de los lineamientos institucionales. En coherencia con las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023, los indicadores documentales permiten evaluar la calidad de la información registrada en el CMMS, la disciplina operativa del equipo técnico y la transparencia en los procesos de mantenimiento. La tabla 12 presenta los indicadores propuestos para medir la consistencia, completitud y actualización de los documentos asociados a la gestión de activos en la Universidad del Valle – Sede Cartago, así como su impacto en el control interno, la toma de decisiones y la mejora continua.

Tabla 12. Indicadores documentales y de trazabilidad.

Indicador	Descripción	Fórmula / Método	Frecuencia de medición	Meta esperada	Impacto institucional
Órdenes de trabajo documentadas (%)	Proporción de mantenimientos con registro completo en el CMMS.	(Órdenes documentadas / Órdenes totales) × 100	Trimestral	100 %	Fortalece la trazabilidad y el control institucional.
Retroalimentación de intervenciones (%)	Registros con análisis posterior al mantenimiento	(Informes con retroalimentación / Total de intervenciones) × 100	Semestral	≥ 80 %	Promueve la mejora continua y la gestión del conocimiento.

	(causa-raíz, acciones).				
Actualización de inventarios de repuestos (%)	Nivel de actualización del Kardex o registro de materiales.	(Ítems actualizados / Total de ítems) × 100	Semestral	≥ 90 %	Evita sobrecostos y garantiza disponibilidad de insumos.
Cumplimiento de protocolos estandarizados	Porcentaje de actividades registradas con formato oficial.	(Actividades con formato / Total de actividades) × 100	Trimestral	≥ 95 %	Mejora la calidad documental y facilita auditorías internas.
Auditorías documentales satisfactorias	Cumplimiento de criterios de trazabilidad y control interno.	Nº auditorías aprobadas / Nº auditorías realizadas × 100	Anual	100 %	Refuerza la transparencia y rendición de cuentas.

Nota - Elaboración propia (2025) con base en las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023. Los indicadores documentales permiten evaluar la trazabilidad, calidad del registro y cumplimiento de los procedimientos de mantenimiento, favoreciendo la transparencia y la mejora continua en la gestión de activos.

La gestión del mantenimiento trasciende la ejecución operativa e incorpora componentes estratégicos orientados al fortalecimiento institucional, la sostenibilidad y el desarrollo de capacidades del talento humano. En concordancia con las directrices de la UNE-EN 16646:2015 y la UNE-EN 17485:2023, los indicadores estratégicos permiten evaluar la alineación entre la planificación del mantenimiento, la formación técnica del personal, el cumplimiento normativo y la eficiencia presupuestal. Estos indicadores proporcionan una visión integral del desempeño del área, evidenciando su impacto en la seguridad, la calidad del servicio y la madurez de la gestión de activos. La tabla 13 presenta los indicadores seleccionados para orientar la toma de decisiones y consolidar un modelo de mantenimiento con enfoque estratégico en la Universidad del Valle – Sede Cartago.

Tabla 13. Indicadores estratégicos y de formación.

Indicador	Descripción	Fórmula / Método	Frecuencia de medición	Meta esperada	Impacto institucional
Cumplimiento del plan anual de mantenimiento (%)	Mide la ejecución efectiva de las actividades planificadas.	(Actividades ejecutadas / Planificadas) × 100	Semestral	≥ 85 %	Asegura coherencia entre planificación y ejecución.
Formación técnica del personal (%)	Proporción del personal que ha recibido capacitación anual.	(Empleados capacitados / Total de empleados) × 100	Anual	≥ 90 %	Fortalece competencias técnicas y cultura de mantenimiento.
Cumplimiento normativo (RETIE, NSR-10, RAS)	Nivel de adherencia a normas técnicas y de seguridad.	Auditorías internas y externas	Anual	100 %	Mejora la seguridad y evita sanciones.
Satisfacción del usuario interno (%)	Grado de satisfacción de las dependencias con los servicios de mantenimiento.	Encuesta de satisfacción promedio	Anual	≥ 85 %	Fortalece la percepción institucional del mantenimiento.
Ejecución presupuestal eficiente (%)	Porcentaje de ejecución real frente al presupuesto asignado.	(Gasto ejecutado / Presupuesto total) × 100	Trimestral	≥ 90 %	Optimiza recursos financieros y asegura sostenibilidad.

Nota - Elaboración propia (2025) con base en las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17485:2023 y Universidad del Valle. Estos indicadores orientan la gestión del mantenimiento hacia un enfoque estratégico y sostenible, articulando la planificación, la formación del personal y la eficiencia en el uso de los recursos institucionales.

Además, la aplicación de estos indicadores posibilita la construcción de un tablero de control (*dashboard*) que integre variables técnicas y financieras, facilitando la rendición de cuentas, la priorización presupuestal y la planificación anual del mantenimiento. Su uso sistemático también permitirá establecer comparativos entre sedes y generar informes institucionales alineados con los lineamientos de la Dirección de Infraestructura Universitaria

(DIU), contribuyendo así a la homogeneización de la gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle (Améndola, 2012).

5. Construcción del tablero de control (Dashboard) para la gestión de mantenimiento universitario.

La construcción del tablero de control constituye una herramienta estratégica para la gestión integral del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago. La tabla 14 presenta un instrumento que permite integrar y visualizar en un solo sistema los indicadores técnicos, financieros y estratégicos que reflejan el desempeño del mantenimiento institucional. A través del uso de métricas objetivas, el *dashboard* facilita la toma de decisiones basada en evidencia.

Tabla 14. Tablero de control (Dashboard) para la gestión de mantenimiento universitario.

Categoría	Variable / Indicador (KPI)	Fórmula o Método de Cálculo	Frecuencia de Medición	Fuente de Datos / Responsable	Uso Estratégico
Técnica - Operativa	MTTR (Tiempo Medio de Reparación)	Tiempo total de reparación / N° total de fallas	Mensual	Registros técnicos del CMMS / Profesional de mantenimiento	Evaluar eficiencia en reparaciones y tiempos de respuesta.
	MTBF (Tiempo Medio entre Fallas)	Horas de operación / N° total de fallas	Trimestral	Informes operativos / Dirección de sede	Medir confiabilidad de los equipos e infraestructura.
	Disponibilidad Operativa (%)	$(\text{Tiempo disponible} / \text{Tiempo total}) \times 100$	Mensual	Bitácoras de operación / Servicios Generales	Determinar capacidad funcional de los activos físicos.
	Cumplimiento del mantenimiento preventivo (%)	$(\text{Tareas ejecutadas} / \text{Tareas programadas}) \times 100$	Mensual	Plan de mantenimiento / Profesional a cargo	Medir el grado de cumplimiento del programa preventivo.
	Índice de fallas repetitivas (%)	$(\text{Fallas reincidentes} / \text{Total de fallas}) \times 100$	Semestral	Reportes técnicos /	Identificar activos críticos y priorizar

		Fallas totales) $\times$ 100		Dirección de sede	intervenciones correctivas.
Financiera - Económica	Costo total de mantenimiento / m²	Total gastos mantenimiento / Área total intervenida	Trimestral	Presupuesto contable / Tesorería	Determinar costo operativo por unidad de superficie.
	Porcentaje de ejecución presupuestal (%)	(Gasto ejecutado / Presupuesto asignado) $\times$ 100	Trimestral	Dirección financiera / Sede Cartago	Evaluar eficiencia en la ejecución de recursos.
	Costo del ciclo de vida (LCC)	Σ (Costos de adquisición + operación + mantenimiento + sustitución)	Anual	Histórico contable y técnico / DIU	Estimar sostenibilidad económica a largo plazo de los activos.
	Ahorro por mantenimiento preventivo (%)	[(Costo correctivo antes – Costo total actual) / Costo correctivo antes] $\times$ 100	Anual	Reportes financieros y técnicos	Medir el impacto económico de la planificación preventiva.
	Índice de inversión en formación (%)	(Recursos destinados a capacitación / Presupuesto total mantenimiento) $\times$ 100	Anual	Dirección de sede / Talento humano	Evaluar compromiso con el desarrollo del personal técnico.
Gestión Estratégica	Cumplimiento del Plan Anual de Mantenimiento (%)	(Actividades realizadas / Actividades planificadas) $\times$ 100	Semestral	Plan institucional / Profesional de mantenimiento	Monitorear la ejecución del programa anual de mantenimiento.
	Nivel de satisfacción del usuario interno (%)	Encuesta de percepción sobre servicios de mantenimiento	Semestral	Oficina de planeación / Dirección de sede	Medir la percepción de calidad y priorizar mejoras.
	Índice de sostenibilidad institucional	Promedio ponderado de indicadores técnicos y financieros	Anual	Comité de mantenimiento / DIU	Evaluar el desempeño integral y sostenibilidad del mantenimiento.

Nota - Elaboración propia (2025) con base en las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 15341:2019 y UNE-EN 17485:2023. El tablero de control integra indicadores técnicos, financieros y estratégicos que permiten monitorear el desempeño del mantenimiento universitario, facilitar la toma de decisiones y asegurar la alineación con los objetivos institucionales y la sostenibilidad de los activos físicos de la Universidad del Valle – Sede Cartago.

El tablero de control integra variables técnicas, financieras y estratégicas, permitiendo una visión holística del mantenimiento universitario. Su aplicación facilita:

- La rendición de cuentas a nivel institucional.
- La priorización presupuestal, basada en evidencia y desempeño real.
- La planificación anual del mantenimiento, al proyectar necesidades, costos e indicadores de mejora.

Este dashboard está alineado con los principios de la UNE-EN 16646:2015 (integración del mantenimiento en la gestión de activos) y la UNE-EN 17485:2023 (mantenimiento centrado en valor), garantizando transparencia, eficiencia y sostenibilidad en la administración de la planta física de la Universidad del Valle – Sede Cartago.

4.3.3 Priorización de actividades susceptibles de mejora.

Con base en los resultados del Flash Audit (2025) y el análisis de los factores clave de éxito (FCE) y las variables críticas, se estableció una jerarquización de las actividades que requieren intervención prioritaria en la Sede Cartago, como se observa en la tabla 15. Este proceso de priorización tiene como propósito optimizar los recursos disponibles, enfocar los esfuerzos en los puntos críticos del mantenimiento y garantizar que las acciones implementadas generen impacto sostenible (Mora Gutiérrez 2009a).

1. Criterios de priorización.

Los criterios utilizados para definir el nivel de prioridad de cada actividad son:

- Impacto en la disponibilidad operativa de los activos.
- Nivel de riesgo asociado a la seguridad de usuarios e infraestructura.

- Frecuencia o recurrencia del problema identificado.
- Costo-beneficio de la intervención.
- Alineación con los objetivos estratégicos institucionales.

Tabla 15. Matriz de priorización de actividades.

Área funcional (Flash Audit)	Actividad crítica identificada	Acción de mejora propuesta	Prioridad	Indicador asociado (KPI)
Planeación de actividades (52,17%)	Falta de cronograma preventivo anual	Diseñar y ejecutar un Plan Anual de Mantenimiento Preventivo (PAMP)	Alta	Cumplimiento del plan (%)
Disponibilidad de equipos (40,34%)	Desconocimiento del estado de activos	Implementar diagnóstico técnico inicial con fichas de vida útil	Alta	MTBF, Disponibilidad (%)
Costos de mantenimiento (53,54%)	No hay control de recursos ni reportes financieros	Crear sistema de control presupuestal y registro digital de gastos	Media	Costo/m ² , LCC
Entrenamiento (58,33%)	Falta de formación técnica continua	Programar capacitaciones semestrales en gestión de activos	Media	Cumplimiento de plan de formación (%)
Relación mantenimiento-producción (46,45%)	Escasa articulación con la gestión académica	Integrar mantenimiento en el Plan de Desarrollo Institucional (PDI)	Alta	Cumplimiento de plan anual (%)
Documentación (subárea transversal)	Ausencia de registros y protocolos estandarizados	Diseñar y aplicar formatos únicos de intervención y registro	Alta	Índice de trazabilidad (%)

Nota - Elaboración propia (2025) con base en los resultados del Flash Audit aplicado a la Universidad del Valle – Sede Cartago y en los lineamientos de las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023. La matriz consolida las actividades críticas identificadas, las acciones de mejora propuestas y los indicadores asociados (KPI), priorizando las intervenciones que fortalecen la planificación, la trazabilidad, la disponibilidad y la sostenibilidad del mantenimiento institucional.

2. Indicadores de gestión estratégica y formación.

Los indicadores de gestión estratégica y formación permiten evaluar la alineación del mantenimiento con los objetivos institucionales, la eficiencia en la planificación y el desarrollo de competencias del personal técnico. Según la norma UNE-EN 16646:2015, la integración del

mantenimiento en la gestión de activos requiere medir no solo los resultados técnicos, sino también el aporte del mantenimiento a la creación de valor organizacional.

La tabla 16 contiene los indicadores de seguimiento y control del mantenimiento propuesto, estos KPI reflejan la madurez institucional en la toma de decisiones, la articulación entre áreas administrativas y técnicas, y la capacidad de aprendizaje organizacional. Su seguimiento favorece la sostenibilidad, la eficiencia presupuestal y la transparencia de la gestión pública universitaria (González Fernández, 2010).

Tabla 16. *Indicadores de seguimiento y control del mantenimiento institucional.*

Indicador	Descripción	Fórmula / Método	Frecuencia	Impacto esperado
Cumplimiento del plan de mantenimiento	Mide el porcentaje de actividades ejecutadas frente al total planificado en el Programa Anual.	$(\text{Actividades ejecutadas} / \text{Actividades planificadas}) \times 100$	Semestral	Asegura coherencia entre planificación y ejecución; favorece la trazabilidad.
Programación de capacitaciones	Evalúa la frecuencia y pertinencia de las actividades de formación técnica y normativa del personal.	$(\text{Capacitaciones realizadas} / \text{Capacitaciones programadas}) \times 100$	Semestral	Fortalece competencias técnicas y promueve la cultura de mantenimiento preventivo.
Indicadores de costos del mantenimiento	Determina la relación entre costos operativos, correctivos y preventivos.	$(\text{Costo correctivo} / \text{Costo total de mantenimiento}) \times 100$	Trimestral	Permite identificar desviaciones presupuestales y promover eficiencia financiera.
Cumplimiento de normativas técnicas	Verifica el grado de adherencia a RETIE, NSR-10, RAS y políticas internas de la DIU.	Auditorías de cumplimiento y revisión documental	Anual	Reduce riesgos de sanciones y mejora la calidad de las intervenciones.

Nota - Elaboración propia (2025) con base en las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023. Los indicadores propuestos permiten realizar seguimiento continuo al desempeño del mantenimiento, garantizando la coherencia entre la planificación, la ejecución y la sostenibilidad operativa. Su aplicación en la Universidad del Valle – Sede Cartago contribuye a fortalecer la trazabilidad, el cumplimiento normativo y la eficiencia en la gestión de los recursos institucionales.

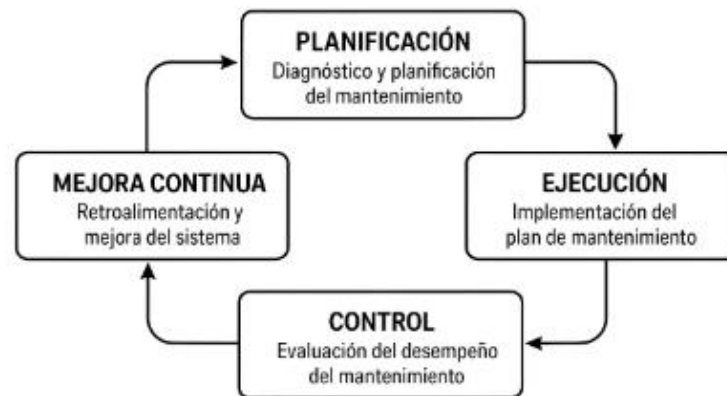
3. Análisis interpretativo.

El análisis de la matriz permite observar que las áreas de planeación, documentación y disponibilidad de equipos presentan las brechas más críticas, siendo prioritarias para la implementación de acciones correctivas inmediatas. Estas actividades deben enfocarse en establecer mecanismos sistemáticos de planificación, control y seguimiento, fortaleciendo así la trazabilidad de los procesos.

Asimismo, la capacitación del personal y la integración institucional son factores que sostendrán la sostenibilidad del modelo a largo plazo. La mejora en estas áreas no solo aumentará la eficiencia operativa, sino que también reducirá los costos asociados a mantenimientos correctivos y emergencias no planificadas (Chica & Soto, 2019).

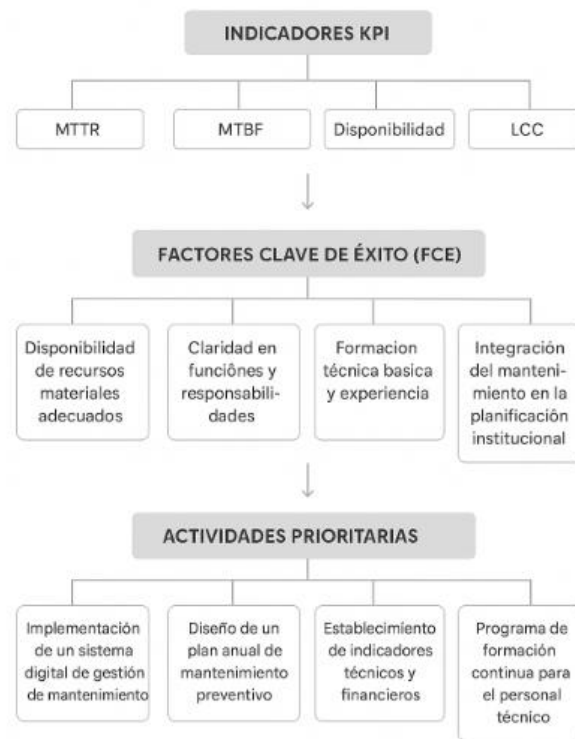
En términos de gestión de activos, la priorización propuesta permitirá alinear los procesos de mantenimiento con el ciclo de vida de los activos físicos, en coherencia con las directrices de la UNE-EN 16646:2015, que establece que la planificación estratégica del mantenimiento debe considerar tanto los objetivos técnicos como los financieros y organizacionales.

La priorización de actividades de mejora constituye un paso fundamental en la transición hacia un modelo de mantenimiento institucional más eficiente y sostenible. Su implementación gradual permitirá a la Universidad del Valle – Sede Cartago fortalecer su infraestructura, optimizar recursos y consolidar una cultura organizacional basada en la gestión de activos. Al integrar los KPI en la evaluación de resultados, la sede podrá medir de forma objetiva su avance hacia estándares de clase mundial en mantenimiento universitario, contribuyendo al cumplimiento de la misión académica y al bienestar de la comunidad universitaria, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 7. Flujo de mejora continua (PDCA).

Nota - Elaboración propia (2025) con base en la norma UNE-EN 16646:2015. El diagrama ilustra el ciclo Planificar–Hacer–Verificar–Actuar (PDCA) aplicado al mantenimiento institucional, destacando la integración entre la planificación, ejecución, control y mejora continua como pilares para garantizar la eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad del sistema de gestión del mantenimiento.

La figura 8 presenta el mapa estratégico que sintetiza la relación entre los indicadores clave de desempeño (KPI), los factores clave de éxito (FCE) y las actividades prioritarias que orientan la gestión del mantenimiento hacia un modelo de mejora continua. Esta representación permite visualizar cómo los indicadores técnicos —como MTTR, MTBF, disponibilidad y costos del ciclo de vida (LCC)— se conectan con las capacidades organizacionales necesarias para alcanzar resultados sostenibles. A partir de los hallazgos del diagnóstico y las brechas identificadas en el Flash Audit, el esquema muestra la ruta lógica que vincula la disponibilidad de recursos, la claridad en las responsabilidades, la experiencia del personal técnico y la integración institucional del mantenimiento, con las acciones que deben ejecutarse para fortalecer la gestión de activos en la Universidad del Valle – Sede Cartago.

Figura 8. Mapa estratégico de mejora continua.

Nota - Elaboración propia (2025) con base en los resultados del Flash Audit y en los lineamientos de las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023. El mapa representa la articulación entre los indicadores KPI, los factores clave de éxito (FCE) y las actividades prioritarias, como parte del proceso de mejora continua orientado a fortalecer la gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago.

La implementación de las metodologías de mejora continua diseñadas para la gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago debe adaptarse a las condiciones reales de operación, recursos disponibles y tipo de infraestructura existente. En este sentido, cada metodología se ajusta a las particularidades de los activos físicos, las áreas prioritarias y la estructura organizacional de la sede, garantizando una transición progresiva hacia un modelo de mantenimiento planificado y sostenible.

A. Implementación del Sistema Digital de Gestión del Mantenimiento (CMMS)

La sede Cartago carece de un sistema centralizado de registro y seguimiento de órdenes de trabajo, lo que genera dispersión en la información y dificultad para medir indicadores técnicos y financieros.

El CMMS se implementará inicialmente en las áreas de mayor criticidad operativa y frecuencia de intervención, identificadas en el diagnóstico Flash Audit:

- Laboratorios de ingeniería: donde se presentan fallas recurrentes en sistemas eléctricos y equipos de medición.
- Redes eléctricas e hidrosanitarias principales: que requieren monitoreo constante para evitar interrupciones de servicios básicos.
- Sistemas de climatización y ventilación de aulas y oficinas: con alta demanda y mantenimiento correctivo frecuente.

Fases.

- Fase 1 (semestral): carga inicial de inventario, activos críticos y responsables técnicos.
- Fase 2 (anual): integración de módulos de órdenes de trabajo, control de materiales y generación de reportes.
- Fase 3: interoperabilidad con los sistemas administrativos de la DIU (Campus Cali).

Impacto esperado: Reducción del 30 % en el tiempo de respuesta a órdenes de mantenimiento y generación de reportes automáticos de disponibilidad, MTTR y costos por activo.

B. Diseño del Plan Anual de Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento en la sede Cartago ha sido históricamente reactivo, con intervenciones no programadas que interrumpen la operación académica.

- El plan anual priorizará los activos Nivel 1 de criticidad, definidos como esenciales para la continuidad misional:
- Laboratorios de docencia: revisión trimestral de tableros eléctricos, sistemas de ventilación y calibración de equipos.
- Redes eléctricas e hidrosanitarias: inspección bimestral y mantenimiento preventivo semestral.
- Cubiertas y desagües pluviales: limpieza y revisión estructural cada cuatro meses, antes de la temporada de lluvias.

Herramientas.

Se integrará al CMMS un módulo de planificación preventiva con alertas automáticas y cronogramas dinámicos vinculados a la criticidad de los activos (Mora Gutiérrez, 2025).

Impacto esperado: Disminución del 25 % en las fallas correctivas anuales y prolongación del ciclo de vida útil de los activos críticos.

C. Establecimiento de Indicadores Técnicos y Financieros (KPI).

El diagnóstico reveló la inexistencia de indicadores cuantitativos para evaluar desempeño o justificar presupuestos.

Los KPI se aplicarán en tres niveles:

- Técnico: MTTR, MTBF, disponibilidad operativa y porcentaje de mantenimiento preventivo.
- Económico: costo de mantenimiento por activo y retorno técnico de la inversión (ROI técnico).
- Documental: porcentaje de órdenes cerradas con reporte técnico y trazabilidad.

Ejemplo aplicado.

En los laboratorios de ingeniería, se medirá el MTBF de equipos eléctricos de alta rotación (osciloscopios, fuentes de poder, compresores), y en el bloque administrativo, se calculará el costo de mantenimiento por activo (LCC) para equipos de climatización.

Impacto esperado: Permitir decisiones presupuestales basadas en evidencia y priorizar inversiones con criterio técnico y financiero.

D. Estandarización de Protocolos y Formatos de Intervención.

Actualmente, las órdenes de trabajo en la sede se reciben de forma dispersa (PQR, correo, verbal), lo que genera ausencia de trazabilidad documental.

Aplicación concreta.

Se elaborarán formatos estandarizados para:

- Solicitud y registro de intervenciones (preventivas y correctivas).
- Control de materiales y repuestos.
- Informe de cierre técnico y observaciones.

Ejemplo aplicado.

Cada intervención en redes eléctricas incluirá un formato con variables de inspección (voltaje, resistencia, observaciones visuales, tiempo de atención) y firma digital del responsable.

Impacto esperado: Aumento del 40 % en la trazabilidad de intervenciones y cumplimiento documental exigido por auditorías internas y la DIU.

4.3.4 Programa de Formación Continua del Personal Técnico.

Contexto.

El personal técnico de la sede cuenta con experiencia empírica, pero requiere fortalecimiento en herramientas digitales, normativas técnicas y gestión estratégica de activos.

Aplicación concreta:

- Se establecerá un plan semestral de capacitación articulado con la Escuela de Ingeniería Mecánica y la DIU, con módulos sobre:
- Normas técnicas nacionales (RETIE, NSR-10, RAS, NTC 1500).
- Indicadores de mantenimiento y análisis RAM.
- Gestión de activos bajo UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023.
- Uso del CMMS y tableros de control.

Impacto esperado.

Incremento del 20 % en la productividad del equipo técnico y consolidación de una cultura institucional de mantenimiento planificado, con enfoque de mejora continua.

Estas metodologías, aplicadas de manera articulada, permitirán que la sede Cartago evolucione desde un modelo reactivo hacia un sistema preventivo, predictivo y digitalmente gestionado, alineado con los estándares internacionales de mantenimiento (Morales Muñoz & Loncón Sepúlveda, 2023).

La intervención priorizada en activos críticos, el uso de indicadores para la toma de decisiones y la profesionalización del talento humano garantizarán una gestión de mantenimiento más eficiente, trazable y sostenible.

En última instancia, la implementación de estas estrategias posicionará a la Sede Cartago como modelo de gestión de mantenimiento descentralizada dentro de la Universidad del Valle, fortaleciendo su autonomía técnica y su capacidad institucional para garantizar infraestructura universitaria de calidad, lo cual se resume en la tabla 17.

Tabla 17. *Aplicación contextual de las metodologías de mejora continua.*

Metodología	Aplicación práctica en la sede Cartago	Áreas / Activos priorizados	Responsables institucionales	Recursos y materiales requeridos	Indicadores de seguimiento (KPI)
1. Implementación del sistema CMMS (Gestión Digital del Mantenimiento)	Carga inicial de activos críticos, registro y seguimiento digital de órdenes de trabajo (OT), control de tiempos y generación de reportes automáticos. Integración gradual con la DIU y migración de registros históricos físicos.	Laboratorios de Ingeniería, redes eléctricas e hidrosanitarias principales, sistemas de climatización y bombeo.	Profesional de mantenimiento, Dirección de Sede, apoyo de la Dirección de Infraestructura Universitaria (DIU).	Licencia de software CMMS, capacitación técnica al personal, inventario digital de activos, equipos informáticos y soporte técnico.	% OT registradas / % reportes generados / MTTR / disponibilidad / % trazabilidad de activos.

2. Plan anual de mantenimiento preventivo	Elaboración de cronogramas técnicos de inspección y mantenimiento por jerarquía de activos; revisión de cubiertas, redes y mobiliario institucional con registro en formatos estandarizados.	Laboratorios, cubiertas, redes eléctricas, hidrosanitarias, aulas, zonas comunes y mobiliario institucional.	Profesional de mantenimiento, personal de servicios generales, coordinadores de área académica.	Herramientas de mantenimiento, materiales eléctricos, repuestos básicos, elementos de protección personal (EPP), formatos de control.	% cumplimiento plan anual / % reducción de fallas correctivas / MTBF / % ahorro operativo.
3. Establecimiento de indicadores técnicos y financieros (KPI)	Implementación de indicadores RAM (Reliability, Availability, Maintainability) y LCC (Life Cycle Cost) para medir desempeño de activos críticos. Consolidación de tableros semestrales para análisis técnico-financiero y rendición de cuentas institucional.	Activos críticos de apoyo a docencia e investigación (laboratorios, equipos eléctricos, redes hidráulicas, sistemas de aire acondicionado).	Dirección de Sede, Profesional de mantenimiento, apoyo financiero y administrativo.	Software de análisis de datos (Excel, Power BI), formatos de indicadores, acceso a registros contables, soporte estadístico.	MTTR / MTBF / LCC / % disponibilidad / costo por activo / ROI técnico.
4. Estandarización de protocolos y formatos de intervención	Diseño y aplicación de formatos técnicos unificados para solicitud, ejecución y cierre de mantenimiento; inclusión de campos de control normativo y trazabilidad.	Todas las áreas funcionales de la sede (académicas, administrativas, bienestar).	Profesional de mantenimiento, auxiliar administrativo, coordinadores de programa.	Formatos físicos y digitales, instructivos de diligenciamiento, archivo técnico, capacitación en documentación.	% de documentación completa / % cumplimiento normativo / % reducción de reprocesos.
5. Programa de formación continua del personal técnico	Implementación de capacitaciones semestrales en mantenimiento preventivo, gestión de activos, uso de herramientas	Equipo técnico de mantenimiento, servicios generales, coordinadores de infraestructura.	Dirección de Sede, apoyo Escuela de Ingeniería Mecánica y DIU.	Material pedagógico, aulas de capacitación, equipos de práctica, recursos audiovisuales.	Nº de capacitaciones ejecutadas / % personal certificado / mejora en MTTR / nivel de satisfacción institucional.

digitales y
normativas
nacionales
(RETIE, NSR-
10, RAS).

Nota - Elaboración propia (2025) con base en los resultados del Flash Audit y en los lineamientos de las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17485:2023 y UNE-EN 15341:2019. La tabla describe la aplicación práctica de metodologías de mejora continua en la Universidad del Valle – Sede Cartago, detallando las áreas priorizadas, los responsables, los recursos requeridos y los indicadores KPI utilizados para el seguimiento y evaluación del mantenimiento institucional.

El desarrollo propuesto traduce el diagnóstico técnico y la valoración institucional en metodologías aplicables que fortalecen la gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago. La planificación de órdenes de trabajo, el control de materiales, la estandarización documental, la implementación de indicadores técnicos y financieros, y la formación continua del personal constituyen pilares estratégicos para avanzar hacia un modelo de gestión de activos eficiente, trazable y sostenible.

Estas acciones, alineadas con las normas UNE-EN 16646:2015 y UNE-EN 17485:2023, optimizan los procesos operativos, facilitan la rendición de cuentas y la priorización presupuestal, consolidando una cultura de mejora continua en beneficio de la infraestructura y de toda la comunidad académica (ISOTools, 2018).

4.4 Objetivo 4. Estrategias

Debatir una estrategia efectiva y una táctica óptima de mantenimiento con base en la metodología seleccionada que maximice la mantenibilidad, la confiabilidad y la disponibilidad de los activos, dentro de su gestión, en aras de la Norma 16646 del rol de mantenimiento en la gestión de activos.

La gestión del mantenimiento en instituciones públicas como la Universidad del Valle – Sede Cartago requiere una articulación clara entre estrategia, táctica y operación. Este capítulo analiza críticamente las decisiones que deben adoptarse para maximizar el desempeño de los activos físicos desde una perspectiva sistémica, sostenible y basada en valor.

De acuerdo con la UNE-EN 16646:2015, el mantenimiento debe considerarse una función estratégica dentro del ciclo de vida de los activos, para garantizar su confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad mediante procesos planificados, medibles y alineados con la gestión institucional.

La estrategia propuesta se fundamenta en un modelo de Mantenimiento basado en confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, complementado con principios del *Facility Management*, ciclo PHVA y la gestión del ciclo de vida de los activos. Este enfoque estratégico prioriza la identificación de activos críticos, la evaluación de riesgos y la planificación de intervenciones según su impacto en la misión universitaria. De acuerdo con la UNE-EN 16646:2015, la estrategia debe garantizar la trazabilidad entre los objetivos institucionales y las políticas de mantenimiento, promoviendo una visión sistémica donde cada activo se gestione según su función, valor y criticidad (Inostroza Zuñiga & Muñoz Pincheira, 2016).

Asimismo, la estrategia busca migrar de un modelo predominantemente reactivo hacia un sistema preventivo y predictivo, basado en datos e indicadores como MTBF, MTTR, y LCC, lo que permitirá aumentar la confiabilidad operativa, reducir costos y prolongar la vida útil de las instalaciones.

4.4.1 Táctica óptima: Acciones operativas para la mejora continua.

En correspondencia con la estrategia, la táctica óptima se centra en la ejecución eficiente de actividades programadas, el control técnico riguroso y la retroalimentación permanente mediante sistemas digitales de información. Las tácticas clave incluyen:

- Implementación de mantenimientos preventivos programados, priorizando activos críticos (laboratorios, redes eléctricas, sistemas de climatización y cubiertas).
- Uso de un sistema digital CMMS, que permita registrar fallas, programar intervenciones, monitorear tiempos y generar reportes automáticos.
- Aplicación de análisis de criticidad (FMEA y Pareto) para definir prioridades de intervención y asignación presupuestal.
- Capacitación continua del personal técnico, asegurando competencias en normas técnicas (RETIE, NSR-10) y metodologías de gestión de activos.
- Revisión semestral del desempeño mediante indicadores KPI técnicos, documentales y financieros integrados al *dashboard* institucional.

Estas tácticas se alinean con el principio de mejora continua (PDCA) definido en la norma UNE-EN 16646:2015, promoviendo una gestión cíclica basada en la planificación, ejecución, control y retroalimentación. Su aplicación fortalece la mantenibilidad, al simplificar y optimizar las intervenciones técnicas, y mejora la disponibilidad, al asegurar la operatividad sostenida de los activos y reducir los tiempos de parada no programada.

Desde el nivel “Analizar” de la Taxonomía de Bloom y Gagné, la articulación entre estrategia y táctica permite comprender cómo cada decisión técnica incide en el logro de los objetivos institucionales. La estrategia define la dirección (qué se busca lograr y por qué),

mientras que la táctica determina la ejecución (cómo hacerlo y con qué recursos). En la Sede Cartago, el análisis revela que una estrategia de mantenimiento confiable y sostenible requiere fortalecer las capacidades técnicas locales, institucionalizar los procesos mediante protocolos estandarizados y fomentar una cultura de mantenimiento preventivo (Parra, 2020).

El equilibrio entre planificación estratégica y acción táctica asegura la alineación con la norma UNE-EN 16646:2015, consolidando un sistema de mantenimiento universitario que maximiza la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad como pilares de la gestión de activos físicos.

4.4.2 Estrategia efectiva: Mantenimiento como función estratégica de valor.

Una estrategia efectiva de mantenimiento debe entenderse como un sistema integrado dentro de la gestión de activos físicos, donde las actividades de conservación, reparación y optimización trascienden lo operativo para convertirse en una herramienta de sostenibilidad y eficiencia institucional.

Esta estrategia se estructura en dos pilares fundamentales:

1. Integración institucional del mantenimiento:

- Vincular el mantenimiento con el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional (PEDI) y con los objetivos de sostenibilidad y bienestar.
- Participar en la planificación presupuestal y de infraestructura, asegurando coherencia entre las prioridades técnicas y las metas institucionales (Universidad del Valle, s.f.).
- Gestión basada en el ciclo de vida del activo (LCC)

- Evaluar el costo total de propiedad de cada activo, desde su adquisición hasta su retiro o renovación.
- Priorizar las intervenciones de mantenimiento según el impacto misional, el riesgo operativo y la criticidad del activo (AENOR, 2015).

2. Uso de indicadores técnicos y financieros:

- Implementar métricas clave como MTTR (tiempo medio de reparación), MTBF (tiempo medio entre fallas), disponibilidad operativa, confiabilidad y costos del ciclo de vida.
- Integrar esta información en tableros de control (dashboard) y reportes semestrales de gestión, promoviendo la rendición de cuentas y la mejora continua.

En conjunto, esta estrategia permite que el mantenimiento deje de ser una función reactiva para convertirse en un proceso estratégico y de valor institucional, alineado con los principios de gestión de activos establecidos en la ISO 55000:2024 y la UNE-EN 16646:2015.

La estrategia de mantenimiento de la Universidad del Valle – Sede Cartago tiene como propósito garantizar que todos los espacios académicos, administrativos y de bienestar mantengan condiciones óptimas de funcionamiento, seguridad y sostenibilidad. El mantenimiento se concibe como un proceso continuo que asegura la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de la infraestructura universitaria, bajo un enfoque de gestión planificada, eficiente y alineada con los principios de la UNE-EN 16646:2015 y la ISO 55001:2024, que integran el mantenimiento dentro del ciclo de vida de los activos físicos (Prego Nieto, 2020).

Enfoque estratégico.

La estrategia se sustenta en cuatro pilares fundamentales que definen su carácter operativo y analítico:

1) Planificación técnica: Se establecen cronogramas anuales de mantenimiento preventivo, diferenciados por tipo de espacio y nivel de criticidad. Por ejemplo, la revisión semestral de los sistemas eléctricos en laboratorios, la limpieza mensual de canales pluviales, la inspección trimestral de cubiertas y el mantenimiento bimestral de sistemas de ventilación. Esta planificación permite anticipar fallas, optimizar recursos y prolongar la vida útil de los activos.

2) Disponibilidad operativa: Se prioriza la atención inmediata de los espacios críticos (aulas, laboratorios, servicios básicos), garantizando la continuidad académica. El seguimiento sistemático a las órdenes de trabajo permite minimizar los tiempos de indisponibilidad y mantener en servicio la mayor cantidad posible de espacios.

3) Mantenibilidad: Se fortalecen los procesos internos y la capacidad técnica del personal mediante la dotación de herramientas, inventario básico de materiales y formación continua. La mantenibilidad se traduce en intervenciones ágiles, seguras y de calidad, que reducen los tiempos de reparación y aumentan la confiabilidad operativa.

4) Control y mejora continua: La estrategia adopta el ciclo PDCA (Plan–Do–Check–Act) como principio rector, evaluando periódicamente los resultados mediante indicadores técnicos (MTTR, MTBF, disponibilidad, costos del ciclo de vida) y ajustando los planes de acción conforme a los hallazgos. Este proceso garantiza una retroalimentación constante y una gestión basada en evidencia (ISOTools, 2018).

El equilibrio entre estos pilares asegura que los servicios universitarios no se interrumpan por deficiencias técnicas, consolidando una cultura de mantenimiento planificado y sostenible.

a) Integración institucional y sostenibilidad: El mantenimiento se integra directamente con la planeación estratégica institucional, de modo que cada actividad contribuya a los objetivos de calidad, bienestar y sostenibilidad de la sede. Así, los recursos destinados al mantenimiento dejan de percibirse como un gasto operativo y se consolidan como una inversión estratégica que respalda el cumplimiento de la misión educativa.

Además, la estrategia promueve la coordinación entre dependencias académicas, administrativas y de bienestar, asegurando que las solicitudes, reportes e intervenciones se gestionen de manera transparente y trazable mediante sistemas digitales.

El componente ambiental también es transversal a la estrategia: se impulsa el uso racional de energía, la correcta gestión de residuos generados en reparaciones y la reutilización de materiales, alineando la gestión de mantenimiento con los compromisos de sostenibilidad universitaria (Santa Fajardo et al., 2021).

b) Resultados esperados: La aplicación integral de esta estrategia permitirá alcanzar los siguientes resultados:

- Incrementar la disponibilidad promedio de los activos críticos.
- Reducir las fallas repetitivas y los costos asociados al mantenimiento correctivo.
- Mejorar los tiempos de respuesta ante eventos imprevistos.
- Optimizar la asignación presupuestal mediante una gestión planificada.
- Consolidar una cultura institucional de mantenimiento preventivo y responsable.

- Fortalecer la trazabilidad documental y técnica de todas las intervenciones.

En conjunto, esta estrategia posiciona la gestión del mantenimiento de la Sede Cartago como un proceso técnico y estratégico que agrega valor institucional, promueve la eficiencia operativa y contribuye al desarrollo sostenible de la infraestructura universitaria, cumpliendo así el rol de mantenimiento definido por la Norma UNE-EN 16646:2015 dentro del sistema de gestión de activos físicos.

4.4.3 Táctica óptima: Modelo mixto preventivo–predictivo con soporte digital.

La táctica óptima traduce la estrategia en acciones operativas medibles, combinando la planificación técnica con el uso de herramientas digitales. El modelo mixto propuesto se basa en la integración de mantenimiento preventivo y predictivo, permitiendo anticipar fallas y optimizar recursos (Prego Nieto, 2020).

Principales componentes tácticos.

1) Plan anual de mantenimiento preventivo:

- Estructurado por jerarquía de activos (laboratorios, aulas, servicios básicos, redes eléctricas e hidrosanitarias). Incluye cronogramas técnicos con frecuencias definidas según criticidad, uso y condiciones ambientales.
- Sistema CMMS (*Computerized Maintenance Management System*).
- Plataforma digital para el registro de órdenes de trabajo, control de materiales, tiempos, costos y resultados. Permite generar indicadores automáticos, alertas tempranas y reportes comparativos de desempeño.

2) Inspecciones periódicas y análisis de condición:

Aplicación de técnicas predictivas como termografía, análisis de vibraciones, medición de consumo energético y revisión de aislamiento en redes. Esto permite identificar fallas incipientes y programar intervenciones antes de una avería funcional (Martínez, 2014).

3) Capacitación técnica continua del personal:

Formación en normativas nacionales e internacionales (RETIE, NSR-10, UNE, ISO 55001:2024), gestión de activos, diagnóstico técnico y uso de herramientas digitales. Se busca fortalecer la competencia profesional del equipo de mantenimiento para asegurar la calidad de las intervenciones.

Este modelo táctico maximiza la mantenibilidad (facilidad de intervención), mejora la confiabilidad (reducción de fallas recurrentes) y amplía la disponibilidad operativa, respondiendo a los principios de la UNE-EN 16646:2015, que concibe el mantenimiento como una función integradora dentro del sistema de gestión de activos (Morales Muñoz & Loncón Sepúlveda, 2023).

4.4.4 Relación entre estrategia y táctica.

La estrategia define el marco institucional, normativo y de valor que orienta el mantenimiento dentro de la gestión de activos, mientras que la táctica operacionaliza esa estrategia mediante acciones concretas y medibles.

La interdependencia entre ambas dimensiones es esencial:

- Sin estrategia, la táctica se fragmenta, se vuelve reactiva y carece de alineación institucional.
- Sin táctica, la estrategia se convierte en un discurso sin ejecución ni resultados.

La UNE-EN 16646:2015 establece que el mantenimiento debe participar en todas las fases del ciclo de vida del activo —planificación, diseño, operación y retirada— garantizando una gestión coordinada, trazable y sostenible. Por ello, la estrategia debe incorporar criterios de ciclo de vida, mientras la táctica debe asegurar control operativo y mejora continua (Comité Europeo de Normalización. CEN/TS, 2019).

El análisis permite concluir que una estrategia efectiva de mantenimiento debe concebirse como parte integral del sistema institucional de gestión de activos, orientada por criterios de valor, sostenibilidad y alineación interdependiente con la planeación universitaria.

A su vez, la táctica óptima debe combinar acciones preventivas y predictivas, sustentadas en tecnología, indicadores y formación continua.

La articulación entre ambas dimensiones garantiza que el mantenimiento universitario no solo preserve los activos físicos, sino que los potencie como recursos estratégicos, contribuyendo a la eficiencia operativa, la sostenibilidad ambiental y el cumplimiento de la misión educativa y social de la Universidad del Valle – Sede Cartago, por lo anterior la tabla 18 muestra los componentes estratégicos propuestos.

Tabla 18. Componentes Estratégicos.

Componente	Descripción	Norma de Referencia	Resultado Esperado
Planificación táctica	Priorización de activos críticos con base en matriz de riesgo y criticidad	UNE-EN 16646:2015	Asignación eficiente de recursos
Gestión por Confiabilidad	Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) para definir planes preventivos	ISO 14224 – ISO 17359	Reducción del índice de fallas y costos
Mantenimiento Basado en Condición (CBM)	Implementación de inspecciones programadas y monitoreo técnico	UNE-EN 17485:2023	Predicción de fallas y reducción de tiempos muertos
Gestión del Ciclo de Vida (LCC)	Evaluación económica del costo total del activo	UNE-EN 17007:2018	Optimización presupuestal y de inversiones
Integración Institucional	Vinculación entre mantenimiento, planeación y bienestar universitario	ISO 55001:2024:2024	Alineación del mantenimiento con la misión educativa

Nota - Elaboración propia (2025) con base en las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17485:2023, UNE-EN 17007:2018, ISO 14224, ISO 17359 e ISO 55001:2024:2024. Los componentes estratégicos presentados articulan la planificación táctica, la gestión por confiabilidad, el mantenimiento basado en condición, la evaluación del ciclo de vida y la integración institucional, orientando la gestión del mantenimiento hacia la eficiencia operativa, la sostenibilidad económica y la alineación con los objetivos educativos de la Universidad del Valle – Sede Cartago.

El cronograma de implementación estratégica organiza de manera secuencial las acciones requeridas para fortalecer la gestión del mantenimiento y avanzar hacia un modelo institucional más confiable, eficiente y sostenible. A partir de los resultados del diagnóstico y de los lineamientos establecidos por las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17485:2023 y UNE-EN 17007:2018, este cronograma define responsabilidades, periodos de ejecución e indicadores de avance para cada una de las actividades clave. Su estructura permite visualizar la progresión lógica del proceso de mejora continua, desde la clasificación de activos críticos y el análisis de modos de falla, hasta la implementación de técnicas basadas en condición, la evaluación del costo del ciclo de vida y la revisión periódica de los resultados. La tabla 19 refleja el cronograma de implementación estratégica con ello, se garantiza que la toma de decisiones esté alineada con la estrategia de gestión de activos y con las necesidades operativas (García Palencia, 2020).

Tabla 19. Cronograma de Implementación Estratégica.

Actividad	Responsable	Inicio	Finalización	Indicador de Avance
Diseño de matriz de criticidad	Coordinación de Mantenimiento	Febrero 2026	Abril 2026	% activos clasificados
Aplicación del AMEF en equipos críticos	Comité de Mantenimiento	Marzo 2026	Agosto 2026	Nº de activos analizados
Implementación de CBM en sistemas eléctricos e hidráulicos	Coordinación Técnica	Julio 2029	Diciembre 2026	Reducción de fallas repetitivas
Evaluación de LCC y priorización de inversiones	Planeación Institucional	Agosto 2026	Enero 2026	% de reducción de costos operativos
Revisión semestral de resultados	Comité de Mantenimiento	Enero 2026	Permanente	Cumplimiento de indicadores RAM

Nota - Elaboración propia (2025) con base en los resultados del diagnóstico de mantenimiento y en los lineamientos de las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17485:2023 y UNE-EN 17007:2018. El cronograma establece las fases, responsables e indicadores de avance para la ejecución de acciones estratégicas orientadas al fortalecimiento de la confiabilidad, mantenibilidad y sostenibilidad de los activos en la Universidad del Valle – Sede Cartago.

4.4.5 Integración entre la estrategia y la táctica de mantenimiento: niveles institucional, técnico y operativo.

La integración entre la estrategia y la táctica en la gestión del mantenimiento resulta esencial para garantizar la coherencia, la eficiencia y la sostenibilidad de los procesos institucionales. En la Universidad del Valle – Sede Cartago, esta articulación permite que las decisiones estratégicas orientadas por la alta dirección se traduzcan en acciones técnicas y operativas concretas, asegurando que los recursos físicos, humanos y financieros se utilicen de manera planificada y con impacto medible. Sin esta integración, las actividades de mantenimiento tienden a fragmentarse, generando duplicidad de esfuerzos, falta de seguimiento y pérdida de trazabilidad en los resultados. Por tanto, estructurar la gestión en tres niveles — institucional, técnico y operativo— permite alinear los objetivos de la gestión de activos con los principios de la Norma UNE-EN 16646:2015, fortaleciendo la confiabilidad, la mantenibilidad y

la disponibilidad de la infraestructura universitaria como soporte clave del desarrollo académico y social, como se refleja en la tabla 20.

Tabla 20. Integración estratégica y táctica del mantenimiento.

Nivel de gestión	Componente estratégico (qué se busca)	Componente táctico (cómo se ejecuta)	Resultados esperados
Institucional	Alinear el mantenimiento con el <i>Plan Estratégico de Desarrollo Institucional (PEDI)</i> y los objetivos misionales de sostenibilidad, bienestar y calidad educativa.	Implementar políticas, lineamientos y presupuestos integrados; establecer planes anuales de mantenimiento y tableros de control institucional (dashboard).	Coherencia entre la gestión técnica y los objetivos estratégicos; rendición de cuentas y priorización de recursos basados en impacto misional.
Técnico	Garantizar la confiabilidad y mantenibilidad de los activos físicos mediante metodologías planificadas y basadas en datos.	Aplicar mantenimiento preventivo y predictivo; usar indicadores técnicos (MTTR, MTBF, disponibilidad); realizar inspecciones programadas y análisis de condición.	Reducción de fallas, mayor vida útil de los equipos y optimización del ciclo de vida del activo (LCC).
Operativo	Asegurar la disponibilidad continua de espacios académicos, administrativos y de bienestar.	Estandarizar procedimientos, registrar todas las intervenciones en el sistema CMMS, y capacitar al personal técnico en herramientas y normativas.	Incremento en la eficiencia operativa, reducción de tiempos de respuesta y mejora en la calidad percibida del servicio.

Nota - Elaboración propia (2025) con base en los lineamientos de las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17485:2023 e ISO 55001:2024:2024. La tabla muestra la articulación entre los niveles institucional, técnico y operativo de la gestión del mantenimiento, destacando cómo la alineación entre la estrategia, la táctica y la ejecución permite fortalecer la coherencia organizacional, la eficiencia operativa y la sostenibilidad de los activos físicos en la Universidad del Valle – Sede Cartago.

4.4.6 Procedimiento de sostenibilidad y mantenimiento.

La integración entre estrategia y táctica consolida la gestión del mantenimiento como una función estratégica dentro del sistema de gestión de activos, en coherencia con los lineamientos de la Norma UNE-EN 16646:2015. Esta norma establece que el mantenimiento debe contribuir directamente al valor y desempeño de los activos a lo largo de su ciclo de vida, asegurando su confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. En este sentido, al articular la planificación

institucional con las acciones operativas, la Universidad del Valle – Sede Cartago fortalece su capacidad para anticipar fallas, optimizar recursos y garantizar la sostenibilidad de su infraestructura (Universidad del Valle, 2024).

Además, esta integración impulsa la estandarización de procesos, el uso de indicadores de desempeño y la implementación de tecnologías de apoyo, elementos que permiten avanzar hacia un modelo de mantenimiento inteligente, alineado con las mejores prácticas internacionales y comprometido con la excelencia académica y la eficiencia institucional, la tabla 21 contiene la matriz comparativa entre tácticas y estrategias en la gestión del mantenimiento.

Tabla 21. Matriz comparativa: Estrategia vs. Táctica en la gestión de mantenimiento

(Universidad del Valle – Sede Cartago)

Nivel	Estrategia Institucional (Qué y por qué)	Táctica Operativa (Cómo y con qué)	Resultado esperado	Vínculo con la UNE-EN 16646
Institucional	Integrar el mantenimiento dentro de la gestión de activos y la planeación estratégica de la Universidad.	Implementar planes anuales de mantenimiento articulados al Plan de Desarrollo Institucional y al presupuesto de inversión.	Alineación del mantenimiento con la misión y visión universitaria.	Promueve la integración del mantenimiento en el ciclo de vida del activo.
Técnico	Fortalecer la confiabilidad y mantenibilidad de los activos físicos mediante gestión basada en datos.	Uso de indicadores MTTR, MTBF y LCC; ejecución de mantenimientos preventivos y predictivos apoyados en un CMMS.	Mejora del desempeño técnico y reducción de fallas críticas.	Exige medición de desempeño y trazabilidad técnica.
Operativo	Consolidar una cultura de mantenimiento planificado y sostenible.	Capacitación continua del personal, uso eficiente de recursos y aplicación de protocolos estandarizados.	Aumento de la disponibilidad operativa y sostenibilidad de la infraestructura.	Enfatiza la responsabilidad técnica y la mejora continua.
Financiero	Optimizar la inversión	Control presupuestal mediante tableros de	Transparencia financiera y	Vincula la gestión

	institucional a través del mantenimiento como generador de valor.	control (KPI) y reportes trimestrales de costos.	justificación de recursos.	económica con el ciclo de vida de los activos.
Comunicacional	Promover la colaboración entre dependencias académicas y administrativas.	Establecer canales formales de reporte y retroalimentación mediante el sistema CMMS o PQR institucional.	Flujo de información eficiente y trazable.	Fomenta la coordinación institucional como parte del sistema de activos.

Nota - Elaboración propia (2025) con base en la norma UNE-EN 16646:2015 y el diagnóstico institucional de la Universidad del Valle – Sede Cartago. La matriz establece la correspondencia entre los niveles de gestión estratégica y táctica del mantenimiento, evidenciando cómo la planificación institucional, la gestión técnica, operativa y financiera se integran para fortalecer la sostenibilidad, la trazabilidad y el valor agregado del mantenimiento universitario.

La integración entre estrategia y táctica en la gestión del mantenimiento permite convertir las directrices institucionales en acciones medibles y sostenibles. En la Universidad del Valle – Sede Cartago, esta relación es crucial para superar las brechas detectadas en los objetivos anteriores: falta de planificación, escasa trazabilidad y débil uso de indicadores técnicos.

La estrategia define el marco de acción —alineado con la UNE-EN 16646:2015— mientras que la táctica lo operacionaliza mediante metodologías y herramientas concretas, como el plan anual de mantenimiento, los KPI y el sistema CMMS.

Esta coherencia multinivel (institucional, técnico y operativo) asegura que las decisiones tomadas a nivel directivo se traduzcan en resultados visibles: mayor disponibilidad, reducción de costos, sostenibilidad de los activos y mejora continua del servicio (Améndola, 2012).

La matriz comparativa es una herramienta que permite conectar la planeación estratégica con la ejecución táctica, garantizando la coherencia institucional entre los objetivos definidos y las acciones implementadas. A través de su aplicación, es posible identificar brechas y

prioridades de intervención en función del impacto que cada área o proceso tiene sobre la gestión de activos, orientando los recursos hacia las acciones que aportan mayor valor y reducen los riesgos operativos.

Además, la matriz facilita la rendición de cuentas y el seguimiento de resultados, fortaleciendo la trazabilidad y sostenibilidad de las actividades de mantenimiento. Al integrar indicadores de desempeño y promover la mejora continua, se consolida una gestión alineada con los estándares internacionales de gestión de activos, asegurando una operatividad eficiente, responsable y orientada al logro de los objetivos institucionales.

La articulación entre la estrategia y la táctica en la gestión del mantenimiento institucional representa el punto de convergencia entre la visión directiva y la acción técnica. En la Universidad del Valle – Sede Cartago, esta integración consolida un modelo de mantenimiento planificado, trazable y sostenible, en el que las decisiones estratégicas se traducen en resultados operativos verificables.

El mantenimiento deja así de ser una actividad meramente correctiva para convertirse en un proceso de gestión de valor, capaz de garantizar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los activos físicos que soportan la misión académica, investigativa y social de la universidad (Castillo Alva, 2018).

En coherencia con la Norma UNE-EN 16646:2015, esta sinergia estratégica–táctica fortalece la sostenibilidad institucional, optimiza los recursos públicos y promueve una cultura organizacional basada en la mejora continua, la transparencia y la responsabilidad técnica compartida.

4.4.7 Viabilidad de la estrategia en la Sede Cartago.

La estrategia de mantenimiento propuesta para la Universidad del Valle – Sede Cartago es viable y coherente con las capacidades reales de la sede, en tanto aprovecha los recursos humanos, materiales y logísticos existentes, y plantea mejoras graduales dentro del marco presupuestal institucional. Esta viabilidad se sustenta en tres dimensiones principales: capacidad técnica instalada, infraestructura operativa y sostenibilidad financiera.

1) Capacidad técnica instalada:

La sede Cartago cuenta con un equipo humano conformado por la profesional encargada del área de mantenimiento, personal de servicios generales y apoyo administrativo del director de Sede. Aunque la estructura es limitada, el personal posee experiencia práctica en mantenimiento preventivo y correctivo de redes eléctricas, hidrosanitarias y elementos de planta física.

La estrategia aprovecha este conocimiento empírico, fortaleciendo la mantenibilidad a través de formación continua, manuales técnicos simplificados y procedimientos estandarizados. De esta forma, el componente humano se convierte en el eje del sistema, donde la capacitación periódica —en normas como RETIE, NSR-10 y UNE-EN 16646:2015— aumenta la autonomía técnica sin requerir nuevas contrataciones inmediatas (AENOR, 2023).

2) Infraestructura operativa disponible:

La sede cuenta con una infraestructura consolidada que incluye talleres, bodegas, áreas técnicas y laboratorios que pueden servir como puntos logísticos de apoyo para la gestión del mantenimiento. La disponibilidad de herramientas básicas, materiales de ferretería y equipos

menores (taladros, soldadoras, escaleras, entre otros) permite implementar una táctica operativa mixta basada en mantenimientos preventivos rutinarios y correctivos planificados.

La falta de un software de gestión (CMMS) no representa una limitación insuperable, ya que la estrategia plantea una implementación progresiva, iniciando con registros manuales o digitales simples (plantillas Excel o *Google Sheets*) que, a mediano plazo, pueden integrarse al sistema institucional de la Dirección de Infraestructura Universitaria (DIU). Esto garantiza trazabilidad básica desde el inicio y facilita la futura integración tecnológica (Mora Gutiérrez, 2025).

3) Viabilidad financiera y sostenibilidad económica:

La estrategia no requiere una inversión inmediata de gran escala. Se plantea un enfoque de optimización de recursos existentes, priorizando los activos críticos (laboratorios, redes eléctricas e hidrosanitarias, cubiertas). El presupuesto se estructura en tres líneas:

- Recursos operativos existentes, como materiales de mantenimiento y contratación de servicios menores (ya contemplados en el rubro de funcionamiento).
- Inversión progresiva en tecnología y formación, distribuida por fases (capacitación, adquisición de software y herramientas).
- Gestión presupuestal compartida, articulando la sede con la DIU para acceder a fondos institucionales y programas de eficiencia energética y sostenibilidad.

Además, la aplicación del análisis del ciclo de vida (LCC) permitirá justificar financieramente las inversiones al demostrar reducción de costos por mantenimiento correctivo y

prolongación de la vida útil de los activos. En otras palabras, la estrategia es sostenible porque genera ahorros medibles y reorienta el gasto operativo hacia una inversión de valor institucional.

Alineación con el modelo institucional y las normas UNE-EN.

La estrategia se enmarca dentro del modelo de gestión de activos promovido por la Universidad del Valle y la Norma UNE-EN 16646:2015, que reconoce el mantenimiento como una función estratégica en el ciclo de vida del activo. La adopción gradual del enfoque “mantenimiento centrado en valor” (UNE-EN 17485:2023) permitirá que la sede Cartago evolucione desde un esquema reactivo hacia uno planificado, medible y orientado a resultados (AENOR, 2023).

Esta alineación normativa asegura coherencia institucional, evita duplicidad de esfuerzos y facilita el acceso a soporte técnico y metodológico desde la sede principal (Cali).

1. Beneficios esperados de la viabilidad estratégica.

La aplicación de esta estrategia permitirá:

- Incrementar la disponibilidad operativa de espacios académicos en al menos 10 % durante el primer año.
- Reducir las órdenes de trabajo correctivas en un 15 %, gracias a la programación preventiva.
- Mejorar la trazabilidad documental de intervenciones en un 40 % mediante formatos digitalizados.
- Elevar la eficiencia presupuestal al redirigir recursos hacia activos de mayor impacto misional.

En conjunto, la estrategia no solo es viable, sino pertinente y sostenible para la Sede Cartago, como se plantea en la tabla 22, ya que se adapta a su escala organizativa, potencia sus recursos actuales y establece una hoja de ruta realista para transitar hacia una gestión del mantenimiento basada en evidencia, alineada con la visión de la Universidad del Valle de consolidar sedes regionales autosuficientes, eficientes y sostenibles.

Tabla 22. Viabilidad operativa de la estrategia de mantenimiento en la Sede Cartago.

Dimensión estratégica	Recursos disponibles	Limitaciones actuales	Oportunidades de mejora	Acciones correctivas / Propuestas
Capital humano	- Profesional encargada del área de mantenimiento. - Personal de servicios generales con experiencia práctica. - Apoyo administrativo del Director de Sede.	- Falta de técnicos especializados por componente (eléctrico, hidráulico, etc.). - Sobrecarga laboral y funciones múltiples.	- Capacitación continua en normas técnicas (RETIE, NSR-10, UNE). - Vinculación de practicantes de ingeniería y tecnología.	- Implementar programa semestral de formación técnica. - Gestionar convenios con facultades para apoyo académico.
Infraestructura y recursos materiales	- Talleres, bodegas y zonas técnicas disponibles. - Herramientas básicas y equipos menores funcionales.	- Falta de inventario técnico y control de materiales. - Desabastecimiento ocasional de repuestos.	- Creación de inventario digital (Kardex mensual). - Estandarización de materiales críticos.	- Diseñar sistema de control de materiales vinculado al plan de mantenimiento. - Gestionar reposición anual programada.
Tecnología y sistemas de información	- Acceso a medios digitales institucionales (correo, Drive, formularios). - Conectividad y equipos informáticos.	- No existe un CMMS (sistema de gestión de mantenimiento). - Registros manuales dispersos y poco trazables.	- Implementar registros digitales simplificados (Excel, Google Sheets). - Posible adopción futura del CMMS de la DIU.	- Desarrollar base de datos inicial de activos y órdenes de trabajo. - Capacitar personal en uso de herramientas digitales básicas.
Planificación y control	- Plan básico de mantenimiento existente. - Compromiso institucional por	- Falta de seguimiento, evaluación y retroalimentación formal. - No existen	- Integración progresiva de indicadores (MTBF, MTTR, disponibilidad). -	- Diseñar tablero de control (dashboard) para gestión visual de avances. -

	parte de la dirección.	indicadores ni tableros de control.	Establecer cronogramas trimestrales.	Implementar reuniones trimestrales de seguimiento.
Financiamiento y sostenibilidad	- Rubros institucionales para servicios y materiales. - Posibilidad de cofinanciación con la DIU.	- Presupuesto limitado y dependiente de priorizaciones centrales.	- Justificación de inversiones mediante análisis del ciclo de vida (LCC). - Reducción de costos por menor mantenimiento correctivo.	- Aplicar modelo LCC para priorizar activos críticos. - Elaborar informe semestral de ahorro e impacto financiero.
Gestión documental y normativa	- Procedimientos básicos de registro (PQRs, correos, reportes). - Conocimiento de normativas institucionales.	- Falta de formatos estandarizados y trazabilidad documental.	- Adopción de formatos únicos por tipo de intervención. - Integración progresiva con sistema institucional de mantenimiento.	- Crear y difundir manual de procedimientos y formatos estandarizados.
Articulación institucional	- Comunicación directa entre la dirección de sede y la DIU. - Voluntad de mejora de los procesos locales.	- Escasa coordinación interdependencias y seguimiento desde Cali.	- Vinculación a la política institucional de mantenimiento. - Aprovechamiento de asesoría técnica central.	- Formalizar canal de reporte y seguimiento con la DIU. - Participar en comités institucionales de infraestructura.

Nota - Elaboración propia (2025) con base en los resultados del diagnóstico institucional y los lineamientos de las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17485:2023 e ISO 55001:2024:2024. La tabla analiza los recursos, limitaciones y oportunidades existentes en la Universidad del Valle – Sede Cartago, proponiendo acciones correctivas orientadas a fortalecer la planificación, sostenibilidad, digitalización y articulación institucional del sistema de mantenimiento.

La viabilidad de esta estrategia radica en aprovechar las capacidades reales de la sede Cartago —personal comprometido, infraestructura funcional y recursos básicos disponibles— para iniciar una transformación gradual hacia un modelo de mantenimiento planificado y trazable.

El enfoque propuesto no depende de grandes inversiones iniciales, sino de gestión eficiente, digitalización progresiva y fortalecimiento de capacidades humanas.

Este proceso permitirá que la sede transite, en un periodo estimado de dos a tres años, de un esquema reactivo a uno estratégico y sostenible, plenamente alineado con los principios de la Norma UNE-EN 16646:2015 y la gestión de activos centrada en valor. La tabla 23 presenta la viabilidad de implementar la matriz de priorización.

Tabla 23. Matriz de Priorización de Implementación de la Estrategia de Mantenimiento para la Universidad del Valle – Sede Cartago.

Área estratégica	Acción clave	Impacto institucional	Viabilidad operativa	Prioridad	Horizonte de ejecución	Color de prioridad
Gestión de la información y tecnología	Implementación del sistema CMMS (registro digital de mantenimiento).	Alto: mejora trazabilidad, control y análisis técnico.	Media: requiere capacitación y soporte digital.	Alta	Corto – Mediano plazo (1 año)	● Verde
Planificación técnica	Elaborar plan anual de mantenimiento con cronogramas e indicadores.	Alto: estructura la gestión y prioriza recursos.	Alta: puede realizarse con recursos actuales.	Alta	Corto plazo (6 meses)	● Verde
Talento humano y formación	Capacitación semestral en gestión de activos, RETIE, NSR-10 y UNE-EN 16646.	Alto: mejora mantenibilidad y confiabilidad.	Media: requiere alianzas con facultades.	Alta	Corto – Mediano plazo (1 año)	● Verde
Gestión documental y trazabilidad	Estandarizar formatos de órdenes de trabajo y reportes técnicos.	Medio: fortalece la trazabilidad y auditoría.	Alta: puede implementarse con medios institucionales.	Media	Corto plazo (6 meses)	● Amarillo
Recursos materiales e infraestructura	Crear inventario digital de materiales y repuestos (Kardex).	Medio: mejora la disponibilidad de insumos.	Alta: requiere solo gestión administrativa.	Media	Corto plazo (6 meses)	● Amarillo
Financiamiento y sostenibilidad	Aplicar análisis de costo del ciclo de vida (LCC) por activo crítico.	Alto: optimiza inversión y sostenibilidad.	Media-baja: requiere asesoría contable y técnica.	Alta	Mediano plazo (1-2 años)	● Verde
Articulación institucional	Formalizar vínculo operativo con la Dirección de Infraestructura Universitaria (DIU).	Alto: garantiza apoyo técnico y control centralizado.	Alta: depende de gestión administrativa.	Alta	Corto plazo (6 meses)	● Verde

Monitoreo y evaluación	Diseñar tablero de control (dashboard) con indicadores técnicos y financieros.	Alto: mejora el seguimiento institucional.	Media: requiere personal con formación en datos.	Media-Alta	Mediano plazo (1 año)	 Verde
Gestión ambiental y sostenibilidad	Incluir prácticas sostenibles (reutilización de materiales, ahorro energético).	Medio: contribuye a metas ambientales.	Media: depende de recursos y cultura institucional.	Media	Mediano plazo (1-2 años)	 Amarillo
Participación comunitaria y pedagógica	Integrar proyectos de mantenimiento con programas académicos (ingeniería, gestión ambiental).	Alto: genera aprendizaje y apoyo operativo.	Media: requiere coordinación con facultades.	Media-Alta	Mediano plazo (1 año)	 Verde
Comunicación y cultura organizacional	Crear campaña institucional de “Cuidado y mantenimiento preventivo del campus”.	Medio: promueve sentido de pertenencia.	Alta: bajo costo, alta aceptación.	Media	Corto plazo (6 meses)	 Amarillo
Evaluación económica	Reporte semestral de ahorros e impactos derivados del mantenimiento preventivo.	Alto: fortalece la rendición de cuentas.	Media: requiere articulación con contabilidad.	Alta	Mediano plazo (1 año)	 Verde

Tabla 24. Leyenda de colores (priorización).

Color	Nivel de prioridad	Interpretación
 Verde	Alta prioridad	Impacto significativo en la sostenibilidad y factibilidad inmediata.
 Amarillo	Media prioridad	Relevante para la mejora continua, pero requiere recursos o coordinación adicional.
 Rojo	Baja prioridad	Importante en el largo plazo; depende de condiciones externas o presupuestales.

Nota - Elaboración propia (2025) con base en los resultados del diagnóstico institucional y en los lineamientos de las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17485:2023 e ISO 55001:2024:2024. La matriz clasifica las acciones estratégicas según su impacto, viabilidad y horizonte de ejecución, permitiendo priorizar las iniciativas con mayor contribución a la sostenibilidad, trazabilidad y eficiencia del sistema de mantenimiento universitario.

La tabla 24 refleja la leyenda de colores, esta matriz evidencia que la mayor parte de las acciones estratégicas son altamente viables, aprovechando recursos humanos, infraestructura y voluntad institucional existentes.

Las intervenciones priorizadas (●) —como la planificación técnica, el uso del CMMS, la articulación con la DIU y la capacitación técnica— pueden implementarse en el primer año, generando mejoras visibles en trazabilidad, control y sostenibilidad.

En tanto, las acciones de nivel medio (●), como la gestión ambiental o la comunicación institucional, fortalecerán el componente cultural y formativo a mediano plazo.

En conjunto, esta matriz actúa como una herramienta de gestión y priorización presupuestal, orientada a optimizar recursos y avanzar gradualmente hacia un modelo integral de gestión de activos físicos universitarios, conforme a la Norma UNE-EN 16646:2015 (Martínez, 2014).

Tabla 25. *Mapa Estratégico del Mantenimiento Institucional – Universidad del Valle, Sede Cartago.*

Perspectiva	Objetivo estratégico	Líneas de acción (tácticas)	Indicadores clave (KPI)	Resultados esperados
Institucional	Integrar el mantenimiento en la gestión estratégica de la sede.	- Formalizar vínculo operativo con la Dirección de Infraestructura Universitaria (DIU). - Incluir el mantenimiento en el Plan de Desarrollo Sede Cartago. - Alinear metas con objetivos de calidad y bienestar institucional.	% de actividades de mantenimiento integradas en la planeación institucional. % de coordinación efectiva con la DIU.	Fortalecimiento de la gobernanza institucional y de la trazabilidad de decisiones.
Técnica	Fortalecer la planificación,	- Implementar sistema CMMS para	% OT preventivas / % OT	Mayor confiabilidad,

	ejecución y control del mantenimiento.	trazabilidad. - Diseñar plan anual con cronogramas e indicadores. - Estandarizar formatos técnicos y protocolos UNE.	correctivas. MTTR / MTBF / Disponibilidad.	mantenibilidad y disponibilidad de los activos.
Operativa	Mejorar la capacidad técnica y la eficiencia del personal.	- Programa semestral de formación técnica (RETIE, NSR-10, UNE). - Evaluación de desempeño técnico y retroalimentación. - Creación de equipos de respuesta rápida por área.	% de personal certificado. Tiempo promedio de respuesta.	Aumento de la productividad y reducción de fallas repetitivas.
Económica y de sostenibilidad	Garantizar eficiencia financiera y sostenibilidad del mantenimiento.	- Aplicar análisis del costo del ciclo de vida (LCC). - Monitorear ahorro por reducción de fallas. - Incluir prácticas sostenibles (reutilización, ahorro energético).	% ahorro anual. COP por activo. ROI técnico.	Optimización del gasto, sostenibilidad económica y ambiental.
Cultural y de mejora continua	Consolidar una cultura institucional de mantenimiento preventivo.	- Campañas de sensibilización sobre el cuidado de la infraestructura. - Reuniones semestrales de evaluación y mejora. - Difusión de resultados y aprendizajes.	Nº de campañas realizadas. % de satisfacción del usuario.	Comunidad universitaria comprometida con el mantenimiento y sostenibilidad del campus.

Nota – El Mapa Estratégico del Mantenimiento Institucional integra las perspectivas organizacionales, técnicas, operativas, económicas y culturales del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago, en coherencia con los principios de la norma UNE-EN 16646:2015 sobre la integración del mantenimiento en la gestión de los activos. Este instrumento articula los objetivos estratégicos con las líneas tácticas y los indicadores de desempeño (KPI), facilitando la medición del aporte del mantenimiento al cumplimiento del Plan de Desarrollo de la Sede y a la sostenibilidad institucional.

La tabla 25 refiere el mapa estratégico, el cual resume la ruta integral de gestión del mantenimiento en la sede Cartago, articulando visión institucional, acción técnica y resultados medibles.

Su implementación permitirá:

- Alinear la gestión del mantenimiento con los ejes de desarrollo institucional.
- Fortalecer la planificación preventiva y predictiva, mejorando la confiabilidad y disponibilidad de activos críticos.
- Optimizar recursos financieros y humanos, aplicando principios del ciclo de vida (LCC).
- Consolidar una cultura organizacional basada en la mejora continua y la sostenibilidad.

El mapa constituye una herramienta estratégica de alto nivel, útil para la toma de decisiones, la rendición de cuentas y la priorización presupuestal. En el marco de la Norma UNE-EN 16646:2015, posiciona al mantenimiento como función estratégica de valor dentro de la gestión de activos universitarios.

4.5 Objetivo 5. Monitoreo

Proponer una hoja de ruta para el seguimiento y el monitoreo, de las implementaciones futuras de mejoras, a la vez que se evalúa el impacto económico de las mejoras dentro del ciclo de vida de la gestión de activos, bajo la Norma 16646.

La implementación de mejoras en la gestión del mantenimiento requiere un sistema de monitoreo que permita verificar su eficacia, sostenibilidad y alineación con los objetivos institucionales. Este capítulo sintetiza los aprendizajes de los objetivos anteriores y propone una hoja de ruta estructurada para el seguimiento técnico, documental y económico de las acciones correctivas y preventivas, en coherencia con los principios de la Norma UNE-EN 16646:2015, que establece el mantenimiento como función estratégica dentro del ciclo de vida de los activos físicos (Santa Fajardo et al., 2021).

El monitoreo constituye la fase superior del proceso de gestión del mantenimiento, en la que se sintetizan los resultados obtenidos, se miden los impactos y se orientan nuevas decisiones estratégicas. En coherencia con la Norma UNE-EN 16646:2015, esta etapa integra la gestión técnica, financiera y organizacional del mantenimiento dentro del ciclo de vida del activo, asegurando que cada mejora implementada genere valor institucional, optimice recursos y fortalezca la disponibilidad de la infraestructura.

En el caso de la Universidad del Valle – Sede Cartago, el monitoreo adquiere un papel crucial para mantener la trazabilidad de las acciones, medir los avances en eficiencia operativa y garantizar que las inversiones en mantenimiento contribuyan al cumplimiento de los objetivos misionales (Universidad del Valle, 2024).

4.5.1 Estructura general del sistema de monitoreo.

El sistema de monitoreo se compone de cuatro fases interrelacionadas que permiten un seguimiento integral y dinámico:

a) Estructura del sistema de monitoreo: El sistema se fundamenta en tres ejes funcionales: periodicidad, responsabilidad e instrumentación.

- **Periodicidad:** Las evaluaciones se realizarán de forma semestral, permitiendo comparar avances en el cumplimiento de metas e indicadores y detectar desviaciones oportunamente.
- **Responsables:** El Comité de Gestión del Mantenimiento y la Coordinación Técnica de la sede liderarán el proceso, garantizando la trazabilidad y transparencia de la información.

- Instrumentos: El seguimiento se efectuará mediante un dashboard digital que integre indicadores de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (RAM), complementado con tableros de control institucional para la presentación de resultados y la toma de decisiones.

Esta estructura asegura una vigilancia continua del desempeño del mantenimiento, fomentando la coordinación entre las áreas técnicas y administrativas y fortaleciendo la rendición de cuentas.

b) Indicadores de seguimiento propuestos: Los indicadores propuestos permiten monitorear la eficiencia técnica, operativa y económica del mantenimiento, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia, tal y como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26. Indicadores clave de desempeño (KPI) para la gestión del mantenimiento institucional.

Indicador	Descripción	Fórmula	Frecuencia
MTBF (Mean Time Between Failures)	Tiempo medio entre fallas. Mide la confiabilidad del activo.	Horas totales de operación / N° de fallas	Mensual
MTTR (Mean Time To Repair)	Tiempo medio de reparación. Evalúa la mantenibilidad.	Horas totales de reparación / N° de intervenciones	Mensual
% de Mantenimiento Preventivo	Proporción de órdenes de trabajo (OT) preventivas frente al total.	$(OT \text{ Preventivo} / OT \text{ Total}) \times 100$	Trimestral
Disponibilidad (A)	Porcentaje del tiempo en que el activo está operativo.	$MTBF / (MTBF + MTTR)$	Trimestral
Costo de mantenimiento por activo	Mide la eficiencia económica del mantenimiento.	Gasto total de mantenimiento / N° de activos	Semestral

Nota - Se presenta los principales indicadores clave de desempeño utilizados para evaluar la eficiencia del mantenimiento institucional. Estos KPI permiten medir la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y eficiencia económica de los activos, y constituyen la base del seguimiento técnico periódico en la Universidad del Valle – Sede Cartago.

Estos indicadores se registrarán y analizarán dentro del CMMS institucional (*Computerized Maintenance Management System*), lo que permitirá generar reportes automáticos y visualizar tendencias de desempeño en tiempo real (Mora Gutiérrez, 2025).

c) Evaluación económica y de sostenibilidad: La hoja de ruta incluye un componente de evaluación económica integral, basado en la metodología de Costo del Ciclo de Vida (LCC), que analiza el impacto financiero de las mejoras implementadas. Esta evaluación permite comparar la inversión ejecutada con los ahorros generados por la reducción de fallas, el aumento de la disponibilidad y la disminución de los costos correctivos.

De igual forma, se considera la sostenibilidad ambiental mediante la medición de indicadores asociados al consumo energético, la gestión de residuos y la reutilización de materiales, en concordancia con los lineamientos del Plan de Desarrollo Institucional y las políticas de sostenibilidad universitaria.

El mantenimiento debe analizarse desde la perspectiva del costo total de propiedad (LCC), es decir, considerando los gastos acumulados desde la adquisición hasta el retiro del activo.

Este enfoque permite que las decisiones de mantenimiento se fundamenten en criterios de eficiencia financiera, asegurando el uso racional de los recursos públicos y la sostenibilidad de los activos institucionales.

4.5.2 Evaluación del impacto económico dentro del ciclo de vida.

El mantenimiento debe analizarse desde la perspectiva del costo total de propiedad (LCC), es decir, considerando los gastos acumulados desde la adquisición hasta el retiro del activo.

La evaluación económica de las mejoras debe contemplar:

- Costos directos: mano de obra, materiales, repuestos y herramientas.
- Costos indirectos: tiempos de inactividad, interrupción de servicios académicos o administrativos.
- Beneficios medibles: incremento de la disponibilidad, reducción de fallas y ahorro energético.
- Retorno de inversión (ROI): cálculo del beneficio económico neto derivado de la intervención.

Este enfoque permite que las decisiones de mantenimiento se fundamenten en criterios de eficiencia financiera, asegurando el uso racional de los recursos públicos y la sostenibilidad de los activos institucionales, siendo necesario el control por medio del uso del cronograma que presenta la tabla 27.

Tabla 27. *Cronograma de implementación y seguimiento del plan de mantenimiento institucional.*

Etapas	Periodo	Responsable	Acción clave	Herramienta de control
Inicio	0 – 6 meses	Coordinación de Mantenimiento	Aplicar Flash Audit inicial y establecer línea base de KPI.	Informe técnico inicial y base de datos CMMS.

Desarrollo	6 – 12 meses	Equipo técnico y administrativo	Implementar mejoras priorizadas y registrar resultados.	CMMS y tablero de control.
Evaluación	12 – 18 meses	Dirección de Infraestructura Universitaria	Analizar impacto económico y técnico de las mejoras.	Matriz costo–beneficio, reporte de indicadores.
Retroalimentación	18 – 24 meses	Comité de Mantenimiento y Planeación	Ajustar plan de mantenimiento y definir nuevas metas.	Informe de cierre y plan anual actualizado.

Nota – Esta tabla resume las etapas, responsables y herramientas de control que estructuran la implementación y el seguimiento del plan de mantenimiento institucional. Este cronograma establece la secuencia lógica desde la evaluación inicial hasta la retroalimentación final, garantizando un proceso continuo de mejora y una gestión alineada con los indicadores y prioridades.

Cultura de mejora continua

El monitoreo no constituye un cierre del proceso, sino el punto de partida para un nuevo ciclo de planeación estratégica del mantenimiento. Cada evaluación semestral alimenta el diseño del siguiente plan anual, incorporando aprendizajes, resultados y recomendaciones técnicas.

Este enfoque de retroalimentación permanente consolida una cultura institucional de gestión basada en evidencia, donde la sostenibilidad, la transparencia y la innovación se convierten en pilares del mantenimiento universitario.

En suma, el sistema de monitoreo propuesto garantiza que la Universidad del Valle – Sede Cartago evolucione hacia un modelo de gestión de activos inteligente, donde las decisiones técnicas y financieras estén integradas en un marco de valor, eficiencia y responsabilidad pública (Agudelo Pulido, 2015).

La implementación de un sistema de monitoreo permanente permitirá a la Universidad del Valle – Sede Cartago cerrar el ciclo de gestión de mantenimiento propuesto por la Norma UNE-EN 16646:2015, integrando planificación, ejecución, control y mejora.

El seguimiento sistemático, soportado por indicadores técnicos y financieros, fortalece la toma de decisiones basadas en evidencia, asegura la transparencia institucional y consolida una cultura de gestión proactiva y sostenible, por ello la tabla 28 refleja una propuesta de sistema de monitoreo de desempeño.

En el largo plazo, esta hoja de ruta posiciona al mantenimiento como una función estratégica dentro de la gestión de activos universitarios, alineada con los principios de la eficiencia pública, la sostenibilidad ambiental y la excelencia académica.

Tabla 28. Sistema de Monitoreo de Desempeño.

Dimensión de Evaluación	Indicador	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Meta
Confiabilidad	MTBF	Horas Totales de Operación / N° de Fallas	Horas	Mensual	> 150 h
Mantenibilidad	MTTR	Horas Totales de Reparación / N° de Intervenciones	Horas	Mensual	< 8 h
Disponibilidad	$A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$	%	Trimestral	$\geq 90 \%$	
Eficiencia Preventiva	$(\text{OT Preventivas} / \text{OT Totales}) \times 100$	%	Trimestral	60 %	
Eficiencia Económica	$(\text{Costo Correctivo} / \text{Costo Total}) \times 100$	%	Semestral	< 40 %	
Satisfacción del Usuario	Promedio de valoración en encuestas de servicio	Escala 1–5	Anual	≥ 4.0	

Nota – El sistema de monitoreo consolida los indicadores técnicos, económicos y de percepción necesarios para evaluar el desempeño integral del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago. Este esquema se fundamenta en los lineamientos de las normas UNE-EN 15341 y UNE-EN 16646, promoviendo una medición sistemática orientada a la mantenibilidad, la eficiencia operativa, la disponibilidad de los activos y la satisfacción de los usuarios, como ejes de la mejora continua en la gestión de activos institucionales.

La hoja de ruta propuesta constituye un instrumento operativo de gestión y control para la Universidad del Valle – Sede Cartago. Su propósito es orientar de manera sistemática el seguimiento de las acciones de mantenimiento, garantizar la trazabilidad de los resultados y

evaluar el impacto económico dentro del ciclo de vida de los activos físicos. Este esquema metodológico se fundamenta en los principios de mejora continua de la Norma UNE-EN 16646:2015, que concibe el mantenimiento como una función estratégica de la gestión de activos.

4.5.3 Estructura general.

La hoja de ruta se organiza en cinco fases integradas, cada una con objetivos, responsables, herramientas e indicadores asociados:

Esta hoja de ruta permite establecer un sistema de monitoreo cíclico, donde cada fase retroalimenta a la siguiente, garantizando la trazabilidad de las acciones, la evaluación de resultados y la sostenibilidad económica y técnica del mantenimiento.

Además, promueve la integración entre niveles institucionales y operativos, asegurando que las decisiones técnicas se alineen con los objetivos estratégicos de la Universidad del Valle y con los principios de la gestión de activos físicos definidos en la UNE-EN 16646:2015.

La aplicación de esta hoja de ruta en la Universidad del Valle – Sede Cartago representa una herramienta clave para transformar la gestión del mantenimiento desde un enfoque reactivo hacia un modelo planificado, trazable y sostenible. En un contexto donde actualmente predominan las solicitudes informales y la ausencia de indicadores técnicos, la tabla 29 refleja las fases operativas necesarias para la implementación del sistema de monitoreo permitiría establecer un ciclo estructurado de evaluación y mejora continua, articulado con la gestión de activos institucional (Viveros et al., 2013).

Tabla 29. Fases operativas para la implementación y mejora del sistema de mantenimiento institucional.

Fase	Objetivo	Acciones clave	Herramientas	Indicadores
1. Planificación	Definir metas, responsables y cronograma de implementación de mejoras.	- Consolidar el plan anual de mantenimiento. - Asignar responsables técnicos y administrativos. - Establecer metas operativas y financieras por trimestre.	Cronograma técnico, matriz de jerarquía de activos, tablero de control.	% de mejoras programadas / % de recursos asignados.
2. Ejecución	Implementar acciones correctivas, preventivas y de mejora continua.	- Registrar órdenes de trabajo en CMMS o formatos físicos. - Documentar uso de materiales y tiempos. - Aplicar protocolos técnicos y normativos.	Formatos de intervención, control de materiales, protocolos UNE.	% de mejoras ejecutadas / MTTR / MTBF / disponibilidad.
3. Monitoreo técnico y documental	Verificar trazabilidad, cumplimiento y calidad de las intervenciones.	- Auditar registros técnicos y documentales. - Validar cumplimiento de protocolos. - Realizar inspecciones post-intervención.	Auditoría interna, checklist técnico, informes de seguimiento.	% de documentación completa / % de cumplimiento normativo.
4. Evaluación económica	Medir el impacto financiero de las mejoras en el ciclo de vida de los activos.	- Calcular costo total de propiedad (LCC). - Comparar costos antes y después de la mejora. - Identificar ahorros por reducción de fallas.	Matriz de costos, análisis LCC, informes contables.	COP por activo / % de ahorro / ROI técnico.
5. Retroalimentación y mejora continua	Incorporar aprendizajes, ajustar estrategias y fortalecer la	- Sistematizar hallazgos y recomendaciones.	Informe de cierre, matriz de lecciones aprendidas,	Nº de acciones correctivas implementadas / % de mejoras

gestión institucional.	- Actualizar el plan anual y los protocolos. - Socializar resultados con la comunidad universitaria.	reuniones de revisión.	sostenidas / nivel de satisfacción institucional.
------------------------	---	------------------------	---

Nota - Las fases descritas estructuran el proceso de gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago, bajo el enfoque de mejora continua (PDCA) establecido en la norma UNE-EN 16646:2015. Cada etapa integra objetivos, acciones clave, herramientas e indicadores que garantizan la mantenibilidad, la eficiencia operativa, el control económico y la retroalimentación institucional, asegurando la alineación del mantenimiento con los objetivos estratégicos y la sostenibilidad del campus.

En síntesis, esta hoja de ruta permitiría a la Sede Cartago superar las brechas identificadas en el Flash Audit, institucionalizar el control técnico y económico del mantenimiento, y avanzar hacia un modelo de gestión de activos basado en evidencia, sostenibilidad y trazabilidad, conforme a los lineamientos de la Norma UNE-EN 16646:2015 y al sistema de mantenimiento de la Universidad del Valle.

La hoja de ruta incluye la evaluación del Costo del Ciclo de Vida (LCC), que considera los costos de adquisición, operación, mantenimiento y sustitución o retiro. Las mejoras implementadas deben evidenciar impacto positivo en al menos uno de estos componentes, reduciendo fallas, prolongando la vida útil o disminuyendo los costos correctivos (Salas Carlock et al., 2024).

Este enfoque permite justificar inversiones, priorizar activos críticos y fortalecer la sostenibilidad financiera de la planta física universitaria. (Mora Gutiérrez, 2025)

En el contexto de la Sede Cartago, la hoja de ruta se convierte en una herramienta de gestión esencial ante la ausencia de un sistema digital institucional (CMMS). Su implementación permitirá estructurar un proceso de seguimiento y control que, aunque inicialmente se realice en formatos físicos o planillas, sentará las bases para la digitalización futura.

De esta manera, cada fase alimentará la siguiente, generando una retroalimentación permanente entre planificación, ejecución y evaluación, con reportes semestrales al Comité de Mantenimiento y a la Dirección de Sede (Viveros et al., 2013).

El monitoreo sistemático fomentará la transparencia, la eficiencia y la toma de decisiones basadas en evidencia, asegurando la sostenibilidad del modelo de gestión de activos universitarios.

La implementación de una hoja de ruta estructurada para el monitoreo del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago constituye un paso esencial para consolidar un sistema de gestión de activos sostenible, trazable y alineado con la Norma UNE-EN 16646:2015, la cual esta plasmada en la tabla 30. Este instrumento permite planificar, ejecutar, evaluar y retroalimentar de manera sistemática las acciones de mantenimiento, garantizando su articulación con los objetivos institucionales de eficiencia, sostenibilidad y mejora continua.

Tabla 30. Hoja de ruta en formato cronograma tipo Gantt para el monitoreo del mantenimiento universitario.

Fase / Actividad	Objetivo específico	Indicadores clave (KPI)	T1 (Ene–Mar)	T2 (Abr–Jun)	T3 (Jul–Sep)	T4 (Oct–Dic)	Responsable principal
Fase 1: Planificación	Establecer metas, responsables y cronograma de mantenimiento.	% de mejoras programadas / % de recursos asignados.	☒	☐	☐	☒	Coordinación técnica y Dirección de Sede
- Actualizar el plan anual de mantenimiento	Consolidar cronograma técnico actualizado.	Plan actualizado validado.	☒	☐	☐	☒	Profesional a cargo del mantenimiento
- Jerarquizar activos y asignar responsables	Organizar prioridades según criticidad.	% de activos clasificados.	☒	☐	☐	☐	Comité de mantenimiento
Fase 2: Ejecución	Implementar acciones preventivas,	% de OT ejecutadas / MTTR / MTBF / Disponibilidad.	☐	☒	☒	☒	Personal técnico y servicios generales

	correctivas y de mejora continua.						
- Registro de órdenes de trabajo	Documentar todas las intervenciones.	% de OT registradas.	☐	☒	☒	☒	Profesional a cargo del mantenimiento
- Aplicación de protocolos técnicos	Cumplir normas UNE y seguridad.	% de cumplimiento normativo.	☐	☒	☒	☒	Comité técnico
Fase 3: Monitoreo técnico y documental	Verificar trazabilidad y calidad de las intervenciones.	% de documentación completa / % cumplimiento normativo.	☐	☒	☐	☒	Comité de mantenimiento y Auditoría interna
- Revisión de informes y checklist técnico	Evaluar cumplimiento de actividades.	Nº de hallazgos corregidos.	☐	☒	☐	☒	Coordinación técnica
Fase 4: Evaluación económica	Analizar impacto financiero y sostenibilidad de las mejoras.	COP por activo / % de ahorro / ROI técnico.	☐	☐	☒	☒	Dirección de Sede y Oficina Financiera
- Aplicar análisis LCC	Evaluar costo total de propiedad.	LCC por activo actualizado.	☐	☐	☒	☒	Profesional financiero y técnico
- Comparar costos antes/después	Identificar ahorros e impacto.	% de reducción de costos correctivos.	☐	☐	☒	☒	Comité de gestión
Fase 5: Retroalimentación y mejora continua	Ajustar estrategias y fortalecer gestión institucional.	% de mejoras sostenidas / Nº acciones correctivas implementadas.	☐	☐	☐	☒	Comité de mantenimiento y Dirección de Sede
- Sistematizar aprendizajes	Incorporar lecciones aprendidas.	Nº de prácticas replicadas.	☐	☐	☐	☒	Coordinación técnica
- Socializar resultados	Difundir avances y logros.	Nivel de satisfacción institucional.	☐	☐	☐	☒	Dirección de Sede y comunidad universitaria

Nota - La hoja de ruta presenta un cronograma tipo Gantt que organiza las fases del monitoreo y mejora del mantenimiento universitario a lo largo del año, estructurado conforme al ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) definido por la norma UNE-EN 16646:2015. Cada fase articula objetivos específicos, indicadores de desempeño (KPI) y responsables institucionales, asegurando la mantenibilidad operativa, la eficiencia técnica, el control financiero y la retroalimentación continua del sistema de gestión de mantenimiento en el campus.

Este cronograma tipo Gantt facilita:

- La visualización temporal de cada fase del monitoreo del mantenimiento.
- La responsabilidad compartida entre niveles institucional, técnico y operativo.

- La evaluación semestral del desempeño mediante los indicadores definidos (MTTR, MTBF, LCC, ROI técnico).
- La retroalimentación continua, garantizando la sostenibilidad del sistema de gestión de activos.

La Universidad del Valle – Sede Cartago debe seguir este cronograma tipo Gantt porque representa una herramienta estratégica para garantizar la eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad de la gestión del mantenimiento institucional. En el contexto actual, donde las intervenciones se realizan de manera fragmentada y sin un sistema unificado de control, este cronograma permite organizar las acciones por fases, tiempos e indicadores, asegurando que cada actividad de mantenimiento responda a una planificación integral y verificable.

Además, el cronograma facilita la coordinación entre áreas administrativas, técnicas y académicas, permitiendo priorizar recursos según criticidad de los activos y evitar duplicidades o retrasos en la atención de fallas. Su estructura trimestral posibilita el seguimiento continuo.

Su estructura trimestral posibilita el seguimiento continuo y la evaluación periódica de resultados, lo que fortalece la rendición de cuentas y la toma de decisiones basada en evidencia. Al incorporar indicadores clave de desempeño (KPI) —como disponibilidad, MTTR, MTBF, cumplimiento preventivo y costos de mantenimiento— el cronograma permite medir el impacto real de las acciones ejecutadas y proyectar mejoras sostenibles a largo plazo (Peña, 2016).

Seguir este cronograma permite optimizar la planificación del mantenimiento y alinearla con la Norma UNE-EN 16646, que integra el mantenimiento en todo el ciclo de vida del activo. Así, la Sede Cartago podrá pasar de un enfoque reactivo a uno planificado y estratégico, fortaleciendo la confiabilidad y sostenibilidad de su infraestructura.

4.5.4 Propuesta de Plan de Mantenimiento Integral – Universidad del Valle, Sede Cartago.

Objetivo general.

Optimizar la gestión del mantenimiento de la planta física de la Sede Cartago mediante la implementación de un plan integral basado en la planificación preventiva, el control técnico-financiero y la mejora continua, garantizando la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los activos (García Palencia, 2020).

Alcance del plan.

Tabla 31. Alcance del plan.

Aspecto	Descripción
Cobertura	Edificaciones académicas, administrativas, zonas comunes, redes eléctricas, hidráulicas, sanitarias y de ventilación.
Horizonte temporal	12 meses (renovable anualmente con revisión semestral).
Tipo de mantenimiento	Preventivo, correctivo, predictivo y mejoras menores.
Normativa base	UNE-EN 16646, UNE-EN 17485, RETIE, NSR-10, RAS, NTC 1500.

Objetivos específicos.

- Implementar un sistema estructurado de mantenimiento preventivo por jerarquía de activos.
- Reducir en un 20% los costos asociados a mantenimientos correctivos durante el primer año.
- Incrementar en un 15% la disponibilidad promedio de espacios académicos críticos.

- Fortalecer la trazabilidad y documentación de las actividades de mantenimiento mediante formatos estandarizados.
- Establecer un sistema de indicadores (KPI) que permita medir desempeño y retroalimentar la planificación.

La estructura operativa del mantenimiento define los roles, responsabilidades y niveles de apoyo necesarios para garantizar la correcta ejecución de las actividades y el cumplimiento de los objetivos institucionales. La tabla 32 presenta la distribución de funciones entre las diferentes áreas involucradas, asegurando una coordinación efectiva y un flujo de trabajo coherente con la gestión de activos

Tabla 32. Estructura operativa y responsables.

Cargo/Área	Responsabilidad principal	Apoyo requerido
Director de Sede	Supervisión general, aprobación presupuestal y priorización de actividades.	Rectoría – DIU
Profesional de Mantenimiento	Coordinación técnica, programación de actividades, control de indicadores.	Servicios Generales – Seguridad y Salud en el Trabajo
Personal de Servicios Generales	Ejecución de tareas de mantenimiento preventivo y correctivo básico.	Proveedores externos
Proveedores o contratistas	Ejecución de mantenimientos especializados (eléctrico, HVAC, cubiertas, redes).	Coordinación Técnica
Comité de Infraestructura	Seguimiento trimestral, revisión de resultados y mejora continua.	Dirección de Planeación

Nota – La tabla presenta la distribución de roles y apoyos requeridos para la operación del mantenimiento, permitiendo una coordinación efectiva entre las áreas involucradas y asegurando el cumplimiento de las actividades institucionales.

Jerarquización de activos físicos.

La jerarquización de activos permite priorizar la atención del mantenimiento según el impacto que cada elemento tiene en la continuidad académica y operativa. Con base en la criticidad funcional y los riesgos asociados, los activos de la sede se clasifican en tres niveles que orientan la planificación, la asignación de recursos y la respuesta ante fallas. La tabla 33 presenta esta categorización, junto con ejemplos y el nivel de prioridad correspondiente.

Tabla 33. *Jerarquización de activos físicos.*

Nivel	Categoría de activo	Ejemplos	Prioridad
Nivel 1	Activos críticos	Laboratorios, redes eléctricas, hidrosanitarias, sistemas de ventilación y climatización, aulas especializadas.	Alta – atención inmediata.
Nivel 2	Activos de soporte	Áreas administrativas, zonas comunes, cubiertas, parqueaderos.	Media – atención programada.
Nivel 3	Activos de bajo impacto	Mobiliario, señalética, equipos menores.	Baja – atención por demanda.

Nota – En esta tabla se clasifica los activos de la sede según su criticidad e impacto en la continuidad académica y operativa. Esta jerarquización orienta la priorización de intervenciones y la asignación de recursos dentro del plan de mantenimiento institucional.

La clasificación de los tipos de mantenimiento es fundamental para estructurar una gestión eficiente de los activos y asegurar la continuidad operativa de la planta física. Cada modalidad cumple una función específica dentro del ciclo de vida del activo y aporta a la confiabilidad, disponibilidad y sostenibilidad de la infraestructura universitaria. La tabla 34 presenta los principales tipos de mantenimiento aplicados en la Universidad del Valle – Sede Cartago, junto con su descripción, propósito y frecuencia recomendada (Prego Nieto, 2020).

Tabla 34. *Tipos de mantenimiento.*

Tipo	Descripción	Propósito	Frecuencia recomendada
Preventivo	Actividades planificadas para evitar fallas y prolongar la vida útil del activo.	Garantizar confiabilidad y disponibilidad.	Trimestral / Semestral.
Correctivo	Intervenciones reactivas ante fallas o deterioro funcional.	Restablecer la operatividad del activo.	Según ocurrencia.
Predictivo	Monitoreo y diagnóstico de condición con técnicas especializadas (termografía, vibración, consumo).	Anticipar fallas y optimizar recursos.	Semestral / según criticidad.
Mejorativo	Intervenciones para actualizar o modernizar instalaciones y equipos.	Incrementar eficiencia y valor del activo.	Anual / según plan estratégico.

Nota - Esta tabla presenta los tipos de mantenimiento aplicados en la planta física, junto con su propósito y frecuencia recomendada, permitiendo estructurar una gestión integral orientada a la confiabilidad y sostenibilidad de los activos institucionales.

El plan de actividades preventivas organiza las intervenciones programadas para cada componente de la planta física, definiendo tareas, frecuencia, responsables, recursos e indicadores de cumplimiento, como se muestra en la tabla 35. Esta estructura permite mantener los activos en condiciones óptimas, reducir la ocurrencia de fallas y garantizar la continuidad operativa de los espacios académicos y administrativos de la sede Cartago.

Tabla 35. *Plan de actividades preventivas.*

Componente	Actividad	Frecuencia	Responsable	Recursos / Materiales	Indicador de cumplimiento
Eléctrico	Inspección de tableros, limpieza de luminarias, revisión de cableado.	Trimestral	Técnico electricista / Servicios Generales	Guantes dieléctricos, multímetro, repuestos eléctricos.	% de tableros revisados / mes.
Hidrosanitario	Limpieza de tanques, revisión de fugas, mantenimiento de griferías.	Bimestral	Servicios Generales	Sellos, válvulas, teflón, herramientas básicas.	Nº de fugas corregidas / mes.
Cubiertas y estructura	Inspección visual, limpieza de canales, sellado de juntas.	Trimestral	Contratista especializado	Sellantes, escaleras, equipo de seguridad.	% de cubiertas inspeccionadas.

Aulas y oficinas	Mantenimiento de mobiliario, revisión de cerraduras, limpieza de aires acondicionados.	Semestral	Servicios Generales	Aceite, herramientas manuales, filtros.	% de espacios funcionales.
Áreas verdes y exteriores	Poda, limpieza y riego, control de plagas.	Mensual	Contratista externo / Servicios Generales	Herramientas de jardinería, pesticidas, bolsas de recolección.	% de zonas verdes mantenidas.

Nota - Esta tabla organiza las actividades preventivas por componente, especificando su frecuencia, responsables, recursos necesarios e indicadores de cumplimiento. Su estructura permite planificar de manera sistemática las intervenciones periódicas y asegurar condiciones adecuadas de funcionamiento en la planta física de la sede Cartago.

El plan de mantenimiento correctivo y predictivo complementa las acciones preventivas al permitir la atención oportuna de fallas y la anticipación de deterioros mediante técnicas de diagnóstico. Este enfoque integral asegura la continuidad operativa de los sistemas y optimiza el uso de los recursos técnicos y financieros. La tabla 36 presenta las actividades clave para los principales componentes de la planta física, junto con sus condiciones de intervención, responsables e indicadores técnicos asociados.

Tabla 36. *Plan de mantenimiento correctivo y predictivo.*

Componente	Actividad	Condición de intervención	Responsable	Indicador técnico asociado
Equipos eléctricos	Reemplazo de luminarias, cableado o breakers.	Falla operativa detectada en inspección.	Técnico electricista.	MTTR (tiempo medio de reparación).
Bombas hidráulicas	Lubricación, cambio de sello, revisión de válvulas.	Alarmas de vibración o consumo energético.	Técnico mecánico.	MTBF (tiempo medio entre fallas).
Estructuras y cubiertas	Reparación de goteras o fisuras.	Detección visual o reporte de usuarios.	Contratista externo.	% de fallas corregidas antes de 72h.
Climatización (HVAC)	Limpieza de serpentines, recarga de gas refrigerante.	Cada 6 meses o ante pérdida de eficiencia.	Proveedor especializado.	% de equipos operativos.

Nota – Se describe las actividades correctivas y predictivas organizadas por componente, junto con sus condiciones de intervención, responsables e indicadores técnicos. Su estructura facilita la atención oportuna de fallas y el

monitoreo del estado de los equipos, fortaleciendo la continuidad operativa y la gestión de activos en la sede Cartago.

Programación anual.

El plan anual de mantenimiento se estructura con base en la jerarquía de activos y las áreas funcionales de la sede.

Plan anual por componente: Cronograma técnico con frecuencia, responsable y recursos.

- Calendario semestral de inspecciones: según criticidad y tipo de activo.
- Revisión trimestral: seguimiento a indicadores, costos y resultados.

Tabla 37. *Plan anual por componente.*

Componente	Actividad principal	Frecuencia	Responsable	Recursos necesarios
Instalaciones eléctricas	Inspección, limpieza de tableros, cambio de luminarias.	Trimestral	Auxiliar eléctrico	Repuestos eléctricos, EPP, herramientas.
Redes hidrosanitarias	Revisión de fugas, limpieza de tanques, cambio de válvulas.	Bimestral	Servicios Generales	Teflón, llaves, sellos, repuestos.
Cubiertas y drenajes	Limpieza y sellado de canales, revisión estructural.	Trimestral	Contratista externo	Sellantes, escaleras, EPP.
Zonas verdes	Poda, riego y control de plagas.	Mensual	Servicios Generales	Herramientas de jardinería, guantes, pesticidas.

Nota - Este plan anual consolida las actividades preventivas esenciales para cada componente de la planta física, asegurando intervenciones periódicas, disponibilidad de recursos y una ejecución coordinada entre los responsables. Su aplicación fortalece la continuidad operativa y contribuye a mantener la infraestructura en condiciones óptimas de servicio.

Recursos técnicos y financieros.

- Inventario técnico actualizado: control mensual por componente y ubicación.

- Control de consumo: registro de materiales usados por orden de trabajo.

Presupuesto anual: vinculado al Plan Estratégico de Desarrollo Institucional y priorización de activos críticos.

Tabla 38. Recursos técnicos y financieros.

Categoría	Detalle	Monto estimado (COP)
Materiales de mantenimiento básico	Pinturas, sellantes, repuestos, herramientas manuales.	30.000.000
Servicios contratados	Electricista, fontanero, mantenimiento HVAC.	60.000.000
Capacitación técnica	Formación en RETIE, NSR-10 y gestión de activos.	5.000.000
Software CMMS básico (licencia anual)	Plataforma de gestión y seguimiento.	5.000.000
Contingencias y emergencias	Fondos para reparaciones urgentes.	5.000.000
TOTAL ANUAL ESTIMADO		105.000.000

Nota - Esta tabla consolida los recursos materiales, contratados, formativos y tecnológicos necesarios para la ejecución del plan anual de mantenimiento. La estimación presupuestal permite garantizar disponibilidad financiera y facilitar la planificación estratégica de la sede Cartago.

Los indicadores de desempeño de la tabla 39 constituyen una herramienta fundamental para evaluar el comportamiento técnico y operativo de los activos institucionales. Su medición sistemática permite conocer el nivel de disponibilidad, la eficiencia en la reparación de fallas, el equilibrio entre mantenimiento preventivo y correctivo, los costos asociados y la percepción de los usuarios. Con estos elementos, la gestión del mantenimiento puede orientar decisiones estratégicas y garantizar la mejora continua en la sede Cartago (Campos López et al., 2019).

Tabla 39. Indicadores de desempeño (KPI).

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta anual
Disponibilidad (A)	$MTBF / (MTBF + MTTR)$	Trimestral	$\geq 90 \%$
MTTR	Horas totales de reparación / N° de fallas	Mensual	≤ 8 horas
% Preventivo / Correctivo	$(OT \text{ Preventivo} / OT \text{ Total}) \times 100$	Trimestral	70 % preventivo
Costo por activo	Costo total mantenimiento / N° de activos	Semestral	≤ 250.000 COP
Nivel de satisfacción	Encuestas a usuarios (escala 1-5)	Semestral	$\geq 4,0$

Nota - Los indicadores de desempeño permiten evaluar la confiabilidad, disponibilidad, eficiencia económica y percepción del usuario respecto al servicio de mantenimiento. Su seguimiento periódico facilita la toma de decisiones y la mejora continua de los activos institucionales.

Los indicadores de gestión complementan la medición técnica del mantenimiento al incorporar variables que reflejan el desempeño operativo, financiero y organizacional. Estos valores permiten analizar la eficacia de las intervenciones, la estabilidad de los equipos, la eficiencia presupuestal y la calidad del servicio percibida por los usuarios. La tabla 40 presenta los KPI seleccionados para asegurar un control integral y alineado con las prácticas de gestión de activos (Zambrano et al., 2015).

Tabla 40. Indicadores de gestión.

Indicador (KPI)	Definición	Fórmula de cálculo	Frecuencia	Meta anual
Disponibilidad (A)	Tiempo que el activo está operativo.	$MTBF / (MTBF + MTTR)$	Trimestral	$\geq 90 \%$
MTBF	Tiempo medio entre fallas.	Horas operativas / N° de fallas	Mensual	$\uparrow$ progresivo
MTTR	Tiempo medio de reparación.	Horas de reparación / N° de intervenciones	Mensual	≤ 8 h
% Preventivo / Correctivo	Equilibrio entre mantenimiento planificado y reactivo.	$(OT \text{ preventivo} / OT \text{ total}) \times 100$	Trimestral	70 % preventivo
Costo por activo	Eficiencia financiera.	Costo total / N° de activos intervenidos	Semestral	$\leq 250\,000$ COP
Satisfacción del usuario	Percepción de calidad del servicio.	$Encuesta \times 100 / \text{usuarios}$	Semestral	$\geq 4 / 5$

Nota. Los indicadores de gestión permiten medir la eficacia técnica, operativa y financiera del mantenimiento institucional. Su aplicación favorece el control estratégico del desempeño y asegura coherencia con los lineamientos de gestión de activos de la Universidad del Valle.

La planificación anual del mantenimiento requiere una organización clara de las actividades, responsables e indicadores de seguimiento. El cronograma tipo Gantt de la tabla 40 permite visualizar la secuencia de acciones a lo largo del año, facilitando la coordinación entre áreas, la verificación del avance y la alineación de las tareas con los objetivos institucionales. Esta estructura favorece el desarrollo ordenado del plan de mantenimiento y el cumplimiento de sus metas operativas.

Tabla 41. Cronograma de ejecución tipo Gantt (resumen anual).

Trimestre	Actividades clave	Responsables	Indicadores de control
T1 (Ene–Mar)	Diagnóstico técnico, revisión de cubiertas, planificación anual.	Profesional de mantenimiento, comité de infraestructura.	% de activos diagnosticados.
T2 (Abr–Jun)	Ejecución de mantenimiento preventivo en redes eléctricas e hidrosanitarias.	Servicios Generales.	% de OT preventivas ejecutadas.
T3 (Jul–Sep)	Auditoría interna, revisión de indicadores, capacitación técnica.	Comité y proveedores externos.	Cumplimiento de MTTR y MTBF.
T4 (Oct–Dic)	Evaluación económica (LCC), actualización del plan anual y socialización.	Dirección de sede y Planeación.	% de mejoras implementadas.

Nota - Este cronograma resume las actividades principales programadas para cada trimestre, junto con los responsables e indicadores de control. La estructura facilita el seguimiento continuo del avance del plan de mantenimiento y la verificación de los resultados institucionales.

Sistema de seguimiento y mejora continua.

- Revisión semestral: del cumplimiento de indicadores y ejecución presupuestal.
- Retroalimentación: resultados se integran en el Plan de Desarrollo Institucional.
- Socialización: informes presentados ante la comunidad universitaria y DIU.

Ajustes: se incorporan acciones correctivas y oportunidades de mejora detectadas en cada ciclo.

Documentación y trazabilidad.

- Órdenes de trabajo codificadas por tipo de intervención, fecha, activo y responsable.
- Protocolos estandarizados de planificación, ejecución y cierre.
- Sistema CMMS o registro físico (según capacidad tecnológica) que centralice solicitudes, tiempos y resultados.
- Informes semestrales de gestión para seguimiento institucional y rendición de cuentas.

Tabla 42. *Talento humano y formación.*

Rol	Funciones principales	Formación requerida
Profesional de mantenimiento	Coordina la planeación, ejecución y seguimiento de las actividades.	Ingeniería o tecnología afín.
Servicios generales	Ejecuta mantenimientos preventivos básicos y apoyo logístico.	Capacitación en seguridad y protocolos técnicos.
Proveedores externos	Desarrollan mantenimientos especializados (eléctrico, HVAC, cubiertas).	Certificaciones técnicas (RETIE, RAS).
Comité de infraestructura	Evalúa indicadores, aprueba ajustes y prioriza mejoras.	Gestión pública e infraestructura.

Nota - La tabla 42 identifica los roles vinculados a la gestión del mantenimiento, sus funciones y los requisitos formativos necesarios para garantizar una operación eficiente y segura. Esta estructura permite fortalecer las capacidades del equipo y asegurar la idoneidad técnica en las intervenciones realizadas en la sede Cartago.

Mejora continua y retroalimentación.

- Auditoría interna semestral de cumplimiento de indicadores y normativas.
- Informe técnico anual con evaluación económica (LCC) y socialización de resultados.

- Actualización del plan con base en hallazgos, tendencias y retroalimentación institucional.
- Integración con el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional para fortalecer la sostenibilidad operativa y financiera.

El plan de mantenimiento de la Sede Cartago se alinea con los siguientes marcos técnicos:

- UNE-EN 16646:2015: integración del mantenimiento en la gestión de activos.
- UNE-EN 17485:2023: mantenimiento centrado en valor.
- RETIE, NSR-10, RAS y NTC 1500: normativas nacionales sobre instalaciones, seguridad y saneamiento.

Este plan constituye una herramienta estratégica y operativa que permite transformar la gestión del mantenimiento en la Sede Cartago de la Universidad del Valle. Su implementación fortalecerá la sostenibilidad institucional, optimizará los recursos, y garantizará la disponibilidad y confiabilidad de la infraestructura universitaria, cumpliendo los principios de la UNE-EN 16646:2015 y consolidando una cultura de mantenimiento planificado y responsable (AENOR, 2015).

El monitoreo del mantenimiento permite medir los avances, validar la efectividad de las acciones implementadas y garantizar la mejora continua del sistema de gestión de activos. En la Universidad del Valle – Sede Cartago, este proceso adquiere especial relevancia debido a la diversidad de espacios y servicios que dependen del funcionamiento confiable de su infraestructura.

Para el seguimiento se seleccionan equipos e instalaciones críticas, entre ellas el sistema eléctrico principal y el sistema de climatización de las salas de sistemas y laboratorios, los cuales impactan directamente la continuidad académica y administrativa.

A continuación, se presenta una simulación de monitoreo semestral aplicada al sistema eléctrico, con el fin de ejemplificar el funcionamiento del modelo propuesto.

4.5.5 Simulación de monitoreo del sistema eléctrico.

El sistema eléctrico de la sede Cartago se considera un activo de alta criticidad dentro del análisis funcional, ya que abastece las salas de sistemas, laboratorios, oficinas y zonas comunes.

Durante un semestre se realiza la aplicación del plan de mantenimiento preventivo y el seguimiento mediante indicadores de desempeño.

1. Caracterización técnica del activo:

- **Nombre del activo:** Sistema eléctrico principal – Tablero general de distribución.
- **Ubicación:** Cuarto eléctrico central, bloque administrativo.
- **Importancia funcional:** Alta – afecta el suministro a todos los bloques del campus.
- **Tipo de mantenimiento:** Preventivo trimestral y correctivo bajo demanda.
- **Responsable:** Coordinación técnica de mantenimiento.
- **Vida útil estimada:** 15 años.
- **Estado inicial:** Bueno (según inspección visual y pruebas de continuidad).

Figura 9. Mantenimiento sistema eléctrico.



Nota - Las figura 9 registra el proceso de mantenimiento realizado al transformador eléctrico de la Universidad del Valle – Sede Cartago, iniciando con una inspección visual para verificar el estado de las conexiones, la limpieza del área y posibles signos de sobrecalentamiento o deterioro; posteriormente, el personal técnico ejecuta actividades preventivas como el apriete de bornes, la limpieza de superficies conductoras y la revisión de aisladores, con el fin de evitar falsos contactos y mejorar la eficiencia del sistema; finalmente, se realizan pruebas operativas con instrumentos de medición para evaluar continuidad, resistencia de aislamiento y estabilidad térmica, garantizando que el transformador opere de manera segura y dentro de los parámetros técnicos establecidos.

2. Acciones planificadas: Durante el semestre se programan y ejecutan las siguientes actividades:

Tabla 43. Acciones planificadas.

Mes	Actividad preventiva	Observación técnica
Febrero	Limpieza de celdas, apriete de conexiones y verificación de aislamientos	Se detecta leve calentamiento en barra 3, se corrige.
Abril	Pruebas de continuidad, cambio de breakers secundarios y limpieza de polvo	Sin anomalías.
Junio	Inspección de terminales, ajuste de neutros y verificación de fusibles principales	Se detecta desgaste en dos interruptores, se reemplazan.

Nota - Esta tabla 43 registra las actividades preventivas realizadas durante el año, junto con las observaciones técnicas identificadas en cada intervención. Su seguimiento permite anticipar fallas, corregir desviaciones y mantener la operatividad de los sistemas eléctricos de la sede Cartago.

Estas intervenciones permiten mantener el sistema operativo, reducir fallas no programadas y evitar interrupciones del servicio eléctrico general.

3. Indicadores de desempeño aplicados: Durante el semestre se miden los siguientes indicadores básicos:

Tabla 44. Indicadores de desempeño aplicados.

Indicador	Fórmula	Valor inicial	Valor final	Interpretación
Disponibilidad operativa (%)	$(\text{Tiempo total disponible} / \text{Tiempo total del semestre}) \times 100$	93 %	98 %	Mejora significativa por la reducción de fallas no programadas.
Tiempo promedio de reparación (horas)	(Suma de tiempos de reparación / número de intervenciones)	8 h	3 h	Se optimiza la respuesta gracias a una mejor organización técnica.
Mantenimiento preventivo ejecutado (%)	$(\text{Actividades preventivas} / \text{total de mantenimientos}) \times 100$	45 %	72 %	Aumenta la proporción de tareas planificadas frente a correctivas.
Fallas repetitivas (número)	Total de fallas similares reportadas en el periodo	4	1	Disminuyen las fallas recurrentes por seguimiento preventivo.

Nota - Los indicadores presentados en la tabla 44 permiten comparar el estado inicial y final del sistema tras la implementación de las acciones de mantenimiento. La variación en cada métrica evidencia mejoras en disponibilidad operativa, tiempos de intervención, ejecución del mantenimiento preventivo y reducción de fallas repetitivas, demostrando el impacto directo del plan de mantenimiento en la estabilidad y eficiencia de los activos de la sede Cartago.

El análisis de los indicadores muestra una mejoría progresiva en confiabilidad y mantenibilidad, con una mayor disponibilidad del sistema eléctrico y menor tiempo de reparación.

Esto demuestra que el mantenimiento planificado y el registro sistemático de datos técnicos permiten un control efectivo de los activos críticos.

4. Resultados cualitativos y técnicos: El monitoreo revela que la implementación del plan preventivo genera impactos positivos:

- Mayor confiabilidad: el sistema opera sin interrupciones mayores durante el semestre.
- Mejor mantenibilidad: las intervenciones se ejecutan de manera más eficiente, con protocolos definidos.
- Alta disponibilidad: los usuarios perciben continuidad en la prestación del servicio eléctrico.
- Mayor seguridad: la inspección regular evita sobrecalentamientos y posibles cortocircuitos.

Además, la información recopilada permite ajustar la frecuencia de mantenimiento según el comportamiento real del sistema, evitando tareas innecesarias y optimizando recursos.

5. Proyección de aplicación a otros sistemas: La metodología de monitoreo se replica en otros componentes críticos como:

- Sistemas de climatización (salas de sistemas y laboratorios): seguimiento de temperatura, consumo energético y limpieza de filtros.
- Iluminación de zonas comunes y auditorios: control de fallas por luminarias, consumo eléctrico y frecuencia de cambio.
- Red hidráulica y sanitaria: monitoreo de fugas, obstrucciones y tiempos de reparación.

Esta replicabilidad demuestra que el modelo propuesto es flexible, escalable y aplicable a toda la planta física, contribuyendo a una gestión más confiable y sostenible de los activos universitarios (G. S. Garrido, 2003).

6. Conclusiones del monitoreo aplicado: La simulación del sistema eléctrico evidencia cómo la planificación preventiva y el registro técnico sistemático incrementan la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de la infraestructura.

La sede Cartago demuestra que, mediante una estructura organizacional clara y un sistema de control de mantenimiento, es posible reducir fallas, mejorar la calidad del servicio y optimizar los recursos.

Este resultado confirma que el mantenimiento universitario no debe concebirse como una actividad correctiva o reactiva, sino como un proceso estratégico que genera valor institucional, contribuye a la sostenibilidad y fortalece la gestión de activos físicos.

4.5.6 Simulación de monitoreo del sistema de climatización.

El sistema de climatización de la Universidad del Valle – Sede Cartago se considera un activo crítico de apoyo académico, especialmente por su papel en la conservación de las condiciones ambientales de las salas de sistemas y laboratorios. Estos espacios albergan equipos de cómputo y dispositivos electrónicos que requieren temperatura y humedad controladas para funcionar correctamente (García Palencia, 2020).

El monitoreo semestral permite evaluar el impacto de la gestión de mantenimiento en la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de este sistema.

1. Caracterización técnica del activo.

- **Activo evaluado:** Sistema de climatización (equipos tipo minisplit y central en salas de sistemas).
- **Ubicación:** Bloques académico y tecnológico.

- **Importancia funcional:** Alta – el confort térmico afecta directamente las actividades académicas y el funcionamiento de equipos electrónicos.
- **Tipo de mantenimiento:** Preventivo bimestral y correctivo bajo demanda.
- **Responsable:** Coordinación técnica de mantenimiento.
- **Estado inicial:** Regular, con registros de fallas en sensores y acumulación de polvo en filtros.

2. Actividades planificadas durante el semestre.

Las actividades preventivas programadas para el sistema de climatización permiten garantizar un funcionamiento estable, eficiente y acorde con los requerimientos ambientales de las áreas académicas y administrativas. Durante el semestre se desarrollan intervenciones orientadas al control de temperatura, la optimización del consumo energético y la reducción de fallas asociadas a filtros, ventiladores, sensores y niveles de refrigerante. La tabla 45 resume las acciones ejecutadas, junto con las observaciones técnicas derivadas de cada intervención.

Tabla 45. *Actividades planificadas durante el semestre.*

Mes	Actividad preventiva	Observaciones técnicas
Febrero	Limpieza de filtros y revisión de termostatos	Temperatura media de sala: 27°C; ligera sobrecarga en compresor.
Abril	Revisión de niveles de gas refrigerante y ajuste de ventiladores	Se detecta bajo nivel de gas en una unidad; se corrige.
Junio	Limpieza de serpentines y calibración de sensores	Temperatura estabilizada en 23°C; sin anomalías.

Nota - El registro de estas actividades permite evaluar el comportamiento térmico de las unidades de climatización, identificar desviaciones operativas y ajustar oportunamente el plan preventivo para mejorar el desempeño ambiental y la confiabilidad del sistema.

Las actividades preventivas se ejecutan conforme al cronograma establecido, reduciendo la acumulación de polvo y mejorando la eficiencia del enfriamiento.

Figura 10. *Mantenimiento sistema de climatización.*



Nota – La figura 10 registra actividades de mantenimiento preventivo en las unidades de aire acondicionado de la sede Cartago, incluyendo limpieza de filtros, ajuste de componentes y verificación de parámetros de operación para garantizar condiciones térmicas adecuadas y la continuidad del servicio.

3. Indicadores de desempeño del monitoreo.

El proceso de monitoreo permite evaluar el comportamiento operativo de los sistemas intervenidos y medir el impacto de las acciones de mantenimiento implementadas durante el semestre. Para ello, se analizan indicadores clave asociados a disponibilidad, mantenibilidad, cumplimiento del plan preventivo y frecuencia de fallas, lo que facilita identificar mejoras, detectar desviaciones y consolidar un modelo de gestión basado en resultados verificables. La tabla 46 presenta el desempeño comparativo entre el estado inicial y final del sistema, así como su interpretación técnica (Loaiza, 2019).

Tabla 46. *Indicadores de desempeño del monitoreo.*

Indicador	Fórmula	Valor inicial	Valor final	Interpretación
Disponibilidad del sistema (%)	$(\text{Tiempo en funcionamiento} / \text{Tiempo total del semestre}) \times 100$	88 %	97 %	Aumento significativo por disminución de fallas eléctricas y mecánicas.

Tiempo promedio de reparación (horas)	(Horas totales de reparación / Número de intervenciones)	10 h	4 h	Mejor mantenibilidad gracias a inspecciones periódicas.
Cumplimiento de mantenimiento preventivo (%)	(Actividades ejecutadas / Actividades planificadas) × 100	50 %	90 %	Mayor organización y disciplina en la ejecución del plan.
Número de fallas reportadas	Conteo de incidencias técnicas durante el semestre	6	2	Reducción del 67 % en fallas por limpieza y calibración adecuada.

Nota. Los indicadores presentados evidencian mejoras significativas en confiabilidad, tiempos de intervención y cumplimiento preventivo, reflejando el efecto positivo del seguimiento sistemático sobre el desempeño de los sistemas técnicos de la sede Cartago.

Los resultados evidencian una mejora en la eficiencia térmica y la confiabilidad del sistema, así como una disminución notable en los reportes de fallas y en los tiempos de atención.

Esto refleja una relación directa entre el mantenimiento planificado y la mantenibilidad del sistema.

4. Análisis técnico y operativo.

Durante el semestre, se observa que la limpieza periódica de filtros y serpentines mejora la circulación de aire y reduce el consumo energético.

El control de temperatura estable (promedio de $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) evita sobrecargas en los compresores y garantiza un entorno adecuado para los equipos de cómputo y los usuarios.

El mantenimiento documentado permite identificar patrones de desgaste, programar el cambio de repuestos y mantener trazabilidad sobre cada unidad de climatización.

Asimismo, la aplicación disciplinada del plan preventivo eleva la confiabilidad general del sistema, contribuyendo a la disponibilidad continua de los espacios tecnológicos.

5. Conclusiones de la simulación aplicada.

La simulación del sistema de climatización demuestra que el mantenimiento preventivo, complementado con el monitoreo periódico de indicadores, produce mejoras medibles en la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad de los activos.

El análisis técnico evidencia que las fallas recurrentes (como obstrucción de filtros o pérdida de gas refrigerante) disminuyen al aplicarse procedimientos rutinarios y seguimiento de resultados.

En consecuencia:

- La sede reduce los tiempos de indisponibilidad de los espacios académicos.
- Se optimiza el consumo energético en las salas de sistemas.
- Se prolonga la vida útil de los equipos de climatización.
- Se mejora la satisfacción de los usuarios al garantizar confort térmico constante.

Este ejemplo reafirma que el monitoreo continuo y el mantenimiento basado en datos son herramientas esenciales para la toma de decisiones en la gestión de activos universitarios.

El modelo puede replicarse para otros sistemas —como iluminación, redes hidráulicas o cubiertas—, fortaleciendo la madurez técnica y la sostenibilidad del mantenimiento en la sede Cartago (García Palencia, 2020).

El proceso de monitoreo y evaluación aplicado a la planta física de la Universidad del Valle – Sede Cartago demuestra que la implementación de un modelo de mantenimiento planificado y basado en datos genera mejoras sustanciales en la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los activos institucionales.

Las simulaciones realizadas —una en el sistema eléctrico principal y otra en el sistema de climatización de las salas de sistemas y laboratorios— evidencian cómo la planificación preventiva, el registro sistemático de información y la medición periódica de indicadores permiten reducir fallas, optimizar recursos y mejorar la calidad del servicio.

En el caso del sistema eléctrico, el monitoreo semestral muestra un incremento en la disponibilidad del 93% al 98%, acompañado de una reducción del tiempo promedio de reparación de 8 a 3 horas.

De manera similar, en el sistema de climatización se alcanza una disponibilidad del 97%, se reduce en un 67% el número de fallas reportadas y se eleva el cumplimiento del mantenimiento preventivo al 90%.

Estos resultados confirman la relación directa entre la gestión planificada y el desempeño operativo de los activos físicos.

Desde una perspectiva institucional, el modelo de monitoreo fortalece la cultura de mantenimiento preventivo, promueve la trazabilidad de las intervenciones y facilita la toma de decisiones informadas en materia presupuestal y técnica.

Asimismo, contribuye al cumplimiento de los lineamientos establecidos en las normas UNE-EN 16646:2015, UNE-EN 17485:2023 y ISO 55001:2024, al integrar el mantenimiento dentro de la gestión de activos con enfoque de ciclo de vida y mejora continua.

Finalmente, el monitoreo no solo mide resultados técnicos, sino que impulsa un cambio organizacional: el mantenimiento deja de percibirse como un gasto operativo y se consolida como una inversión estratégica.

Este enfoque fortalece la sostenibilidad de la sede Cartago, mejora la experiencia de los usuarios y garantiza que los espacios académicos, administrativos y de bienestar cumplan su función con altos niveles de calidad, seguridad y eficiencia energética.

En síntesis, el sistema de monitoreo y evaluación se convierte en un mecanismo de control y mejora continua, capaz de orientar la gestión del mantenimiento universitario hacia estándares internacionales de desempeño y hacia una administración responsable de los activos físicos.

4.6 Objetivo 6. Conclusiones

Describir todos los resultados de orden técnico, académico y de gestión y mantenimiento, del proyecto realizado en la universidad del Valle Sede Cartago.

El desarrollo de este trabajo aporta un avance significativo al fortalecimiento de la gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago, al integrar análisis técnico, metodológico y organizacional dentro de un modelo alineado con la Norma UNE-EN 16646:2015 sobre el rol del mantenimiento en la gestión de activos. La investigación permitió diagnosticar con precisión el estado del mantenimiento, formular una propuesta metodológica integral y establecer una hoja de ruta sostenible para la planificación, ejecución, monitoreo y evaluación del mantenimiento universitario.

4.6.1 Resultados técnicos.

El diagnóstico técnico, realizado mediante Flash Audit, evidenció que el sistema de mantenimiento alcanzó un nivel de madurez medio del 54,65%, con resultados diferenciados por áreas: 64,81% en ejecución, 62,62% en control y seguimiento, y 52,17% en planeación. Estos

valores muestran que la sede Cartago avanza desde un modelo reactivo hacia uno planificado, con fortalezas operativas, pero con debilidades claras en la organización y la gestión documental.

Entre las fortalezas identificadas se destacan la disponibilidad de recursos materiales (64,81%) y la experiencia técnica del personal (62,62%), factores que han permitido sostener la operación universitaria aun sin un sistema integrado de gestión. Sin embargo, se detectaron debilidades importantes: la disponibilidad de equipos mostró un nivel crítico del 40,30%, la planificación alcanzó apenas un 52,17%, y no existe un CMMS institucional que permita consolidar información, medir desempeño o trazar intervenciones.

Frente a estas brechas, se diseñó un modelo técnico sustentado en el ciclo PHVA y en el enfoque de mantenimiento centrado en valor (UNE-EN 17485:2022). El modelo propone implementar un CMMS, estructurar un Plan Anual de Mantenimiento Preventivo, y adoptar indicadores como MTBF, MTTR, disponibilidad y LCC, lo que permitirá mejorar la trazabilidad y la eficiencia operativa.

Los impactos esperados del modelo incluyen una reducción del 25–30% en correctivos, un incremento del 15% en disponibilidad de activos críticos, y una mejora del MTBF de hasta un 25% en climatización y redes eléctricas.

4.6.2 Resultados académicos.

Desde el ámbito académico, el proyecto permitió consolidar una visión pedagógica del mantenimiento como un componente esencial del proceso educativo. Se logró vincular la gestión técnica con la formación académica, demostrando que el mantenimiento no solo preserva la infraestructura, sino que garantiza la continuidad de la docencia, la investigación y la extensión.

El diseño metodológico, favoreció la transferencia del conocimiento técnico hacia entornos de aprendizaje aplicados, alcanzando los niveles:

- Aplicar (Nivel 3): mediante la implementación práctica de metodologías y modelos de gestión.
- Analizar (Nivel 4): a través del debate y la evaluación de estrategias de mantenimiento.
- Sintetizar (Nivel 5): al integrar indicadores, *dashboards* y hojas de ruta de monitoreo.

Entre los productos académicos generados se destacan fichas técnicas, tableros de control, matrices de jerarquía de activos, protocolos de intervención y hojas de ruta de monitoreo, herramientas replicables en otras sedes o espacios de formación administrativa, fortaleciendo las competencias técnicas del talento humano universitario.

El análisis comparativo entre el modelo institucional del Campus Cali y la realidad operativa de la Sede Cartago permitió identificar brechas tecnológicas, presupuestales y de soporte técnico especializado, evidenciando la necesidad de una política diferenciada de mantenimiento regional, sustentada en equidad, sostenibilidad y descentralización.

4.6.3 Resultados de gestión y mantenimiento.

El estudio identificó Factores Clave de Éxito relacionados con la disponibilidad de insumos, la experiencia técnica y la claridad de funciones del personal. Sin embargo, también detectó variables críticas que limitan el desempeño:

- Ausencia de indicadores estandarizados.
- Débil articulación entre áreas administrativas, académicas y técnicas.

- Documentación insuficiente y falta de trazabilidad.
- Escasa digitalización de los procesos.

Para cerrar estas brechas, se formuló un Plan Institucional de Mantenimiento sustentado en jerarquía de activos, frecuencia de intervención y criticidad. Este plan se apoya en indicadores técnicos, operativos y económicos e incluye una hoja de ruta con cinco fases: planificación, ejecución, seguimiento, evaluación y mejora continua.

La hoja de ruta integra herramientas como LCC (costo del ciclo de vida), análisis de KPIs, tableros de control, auditorías internas y reuniones de retroalimentación, lo cual fortalece la eficiencia administrativa y la sostenibilidad financiera del mantenimiento.

4.6.4 Impacto institucional y relevancia del proyecto.

El proyecto establece una metodología replicable y escalable para las sedes regionales. La sede Cartago obtiene un modelo que redefine el mantenimiento como una inversión estratégica, no como un gasto operativo. Los impactos esperados incluyen:

- Optimización presupuestal mediante análisis costo-beneficio.
- Disponibilidad promedio de activos críticos cercana al 85 %.
- Reducción del MTTR en un 30 %.
- Mejora del MTBF en un 25 %.
- Disminución del gasto correctivo entre 20 y 25 % en los dos primeros años.

El modelo fortalece la madurez institucional en gestión de activos, mejora la toma de decisiones basada en datos y alinea el mantenimiento con el PEDI, los compromisos de sostenibilidad ambiental y los ODS.

En síntesis, el trabajo demuestra que un enfoque integral —técnico, académico y estratégico— convierte el mantenimiento en un pilar central para la continuidad de la docencia, la investigación y la proyección social, consolidando un esquema moderno, trazable y sostenible para la Universidad del Valle.

Descripción de cómo se alcanza el logro de objetivos.

La presente sección expone de manera clara y ordenada el cumplimiento de los objetivos planteados en este trabajo de profundización. Cada objetivo se desarrolló conforme a una secuencia metodológica que permitió avanzar desde el diagnóstico del sistema de mantenimiento hasta la formulación de un modelo integral alineado con la gestión de activos.

El logro de los objetivos evidencia la coherencia entre el enfoque teórico, la metodología aplicada y los resultados obtenidos, y demuestra cómo cada fase aportó elementos esenciales para fortalecer la disponibilidad, la confiabilidad y la sostenibilidad de los activos de la Universidad del Valle – Sede Cartago.

1. Objetivo 1. Diagnóstico.

El primer objetivo se cumplió mediante la realización de un diagnóstico integral del sistema de mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago. La metodología Flash Audit permitió identificar brechas, fortalezas y oportunidades de mejora a partir del análisis de 386 ítems distribuidos en 12 áreas funcionales. Este proceso estableció la línea base del desempeño institucional y evidenció un nivel de madurez medio del 54,65%.

El diagnóstico incorporó una revisión detallada del estado de los activos más relevantes de la sede, priorizados según su impacto en la continuidad académica y en la seguridad operativa. Entre los activos analizados se encuentran los sistemas de climatización, las redes eléctricas, los laboratorios académicos, los equipos de soporte a la operación institucional, la infraestructura general y los activos asociados a los servicios esenciales como iluminación,

ventilación y zonas comunes. Esta priorización permitió determinar el grado de disponibilidad, criticidad, estado funcional y necesidades de intervención de cada grupo de activos.

El análisis también permitió identificar procesos críticos y debilidades estructurales en planificación, documentación, gestión de indicadores, inventarios, capacitación y articulación con las dependencias académicas y administrativas. Asimismo, se estableció la jerarquía de activos y se definió la base técnica que sustenta las fases de valoración, formulación de mejoras, estrategia y monitoreo. Este logro constituye el fundamento analítico del proyecto, ya que proporciona la información necesaria para orientar la toma de decisiones y consolidar un modelo de gestión del mantenimiento alineado con estándares internacionales.

Objetivo 2. Valoración.

El segundo objetivo se alcanzó mediante una valoración estructurada del diagnóstico inicial, a partir de los lineamientos de la ISO 55000:2024, la UNE-EN 16646:2015 y otras normas relacionadas. Esta fase permitió identificar cinco Factores Clave de Éxito (FCE) y tres Dimensiones Críticas que condicionan el desempeño institucional: técnica, organizacional y documental. La valoración aclaró las relaciones internas del sistema de mantenimiento y evidenció que las brechas identificadas generan efectos acumulativos sobre la confiabilidad y la disponibilidad de los activos físicos.

La construcción de la Matriz FCE–Variables Críticas fortaleció este análisis al revelar patrones, interdependencias y prioridades de intervención. Además, el contraste entre el modelo institucional de la DIU (Campus Cali) y la realidad operativa de la sede Cartago permitió identificar brechas estructurales que justifican la necesidad de adaptar la política institucional al

contexto local. Este logro generó un marco interpretativo sólido que orientó las propuestas de mejora, la estrategia y los mecanismos de monitoreo.

Objetivo 3. Mejoras.

El tercer objetivo se cumplió mediante la formulación de un conjunto estructurado de mejoras técnicas, organizacionales y documentales. Estas mejoras se articularon dentro de un modelo de gestión integral sustentado en el ciclo PDCA y en los principios de la UNE-EN 16646:2015. Entre los resultados alcanzados se encuentran la definición del Plan Anual de Mantenimiento, la estandarización de formatos y procedimientos, la definición de roles y responsabilidades del personal y la integración de indicadores técnicos clave como MTBF, MTTR y LCC.

También se construyó una matriz de priorización que facilitó la selección de acciones de mayor impacto y viabilidad. Las mejoras definidas permitieron iniciar la transición hacia un mantenimiento planificado y basado en datos, superando el predominio del enfoque correctivo y fortaleciendo la disponibilidad, la confiabilidad y la sostenibilidad de los activos institucionales.

Objetivo 4. Estrategia.

Mediante la formulación de una estrategia institucional integral y de una táctica operativa orientada a consolidar un mantenimiento con enfoque estratégico. La estrategia incorpora principios de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, sostenibilidad y alineación institucional, sustentados en los lineamientos de la ISO 55000:2024 y la UNE-EN 16646:2015. Se definió un modelo mixto preventivo–predictivo apoyado en la organización de actividades, en

el análisis de información técnica y en la futura implementación de herramientas tecnológicas como un CMMS institucional.

La estrategia también integra elementos tácticos —procedimientos, responsables y tiempos— y elementos estratégicos —mapa estratégico, matriz estrategia–táctica y criterios de sostenibilidad—. Este logro consolidó el mantenimiento como una función estratégica que respalda la misión académica y favorece la evolución hacia un sistema maduro de gestión de activos.

Objetivo 5. Monitoreo.

El quinto objetivo se cumplió mediante el diseño de un sistema robusto de monitoreo y evaluación para asegurar la efectividad y continuidad de la estrategia propuesta. Este sistema integra indicadores técnicos, operativos, financieros, documentales y estratégicos, junto con un tablero de control que permite visualizar y analizar métricas clave. Además, se elaboraron simulaciones de monitoreo para los sistemas eléctricos y de climatización, lo que permitió validar su funcionalidad en escenarios reales.

La hoja de ruta de seguimiento posibilita la medición del impacto económico sobre el ciclo de vida de los activos y facilita la identificación de desviaciones y la toma de decisiones correctivas. Este logro garantiza la sostenibilidad del modelo y la posibilidad de ajustes permanentes basados en evidencia.

Objetivo 6. Conclusiones.

Mediante la integración de los hallazgos técnicos, operativos y estratégicos obtenidos durante el desarrollo del proyecto. Las conclusiones demostraron que la Universidad del Valle –

Sede Cartago posee una estructura operativa funcional, aunque requiere un fortalecimiento de su gestión estratégica, la formalización documental, la integración tecnológica y una mayor articulación con la gestión de activos institucional.

También confirmaron que el modelo propuesto resulta viable, pertinente y replicable en otras sedes regionales debido a su sustentación en normativa internacional, en metodologías reconocidas y en evidencia obtenida mediante el diagnóstico y la valoración. Este logro consolidó el aporte académico del trabajo y confirmó la relevancia del mantenimiento y la gestión de activos como funciones esenciales para la continuidad del servicio educativo, la seguridad y la sostenibilidad institucional.

Con el fin de evidenciar de manera clara, trazable y verificable el cumplimiento de los objetivos propuestos en este trabajo de profundización, la siguiente tabla integra la relación directa entre cada objetivo específico, la metodología aplicada para alcanzarlo, las normas técnicas y estándares internacionales que sustentan su desarrollo —particularmente la familia ISO 55000 en sus versiones actualizadas al 2024, las normas UNE relacionadas y la normativa colombiana vigente—, así como los anexos técnicos elaborados durante el proceso.

Esta síntesis la tabla 47 permite demostrar cómo cada componente del estudio se articula de forma coherente con los lineamientos contemporáneos de la gestión de activos, garantizando rigor metodológico, pertinencia técnica y un marco normativo sólido que respalda la construcción del modelo operativo de mantenimiento propuesto para la sede.

Tabla 47. Resumen del desarrollo de los objetivos.

Objetivo	Actividades ejecutadas	Resultados principales	Normas aplicadas	Evidencias / Figuras del documento	Anexos que lo soportan
1. Diagnóstico del sistema de mantenimiento	- Flash Audit en 12 áreas funcionales. - Entrevistas estructuradas a 12 actores clave. - Revisión documental institucional. - Priorización de activos críticos (HVAC, eléctricos, infraestructura).	- Nivel de madurez: 54,65 %. - Brechas en planificación, documentación e indicadores. - Identificación de procesos críticos y jerarquía de activos. - Línea base técnica y organizacional.	- ISO 55001:2024, contexto organizacional. - ISO 55011:2024, gobernanza institucional. - ISO 55013:2024, calidad de datos. - UNE-EN 16646:2015, integración mantenimiento–activos.	Figuras 7, 8, 9	Anexo 1. Diagnóstico Anexo 3. Dashboard Matriz de criticidad
2. Valoración frente a estándares y brechas normativas	- Análisis de brechas frente a ISO 55001:2024 y UNE-EN 16646. - Identificación de Factores Clave de Éxito (FCE). - Construcción de matriz FCE–Variables Críticas. - Comparación con modelo DIU–Univalle.	5 FCE identificados 3 dimensiones críticas: técnica, organizacional y documental. - Priorización de variables de intervención. - Resulta evidente la desalineación entre sede Cartago y estándares institucionales.	- ISO 55001:2024 – Operación y riesgos. - ISO 55002:2018 – Guía de implementación. - UNE-EN 17007:2018 – informes. - UNE-EN 16646:2015 – mantenimiento estratégico.	Figuras 10, 11, 12	Matriz FCE – Variables críticas Análisis comparativo normativo
3. Diseño del Modelo Operativo del Mantenimiento (PAM, procedimientos y roles)	- Diseño del PAM. - Propuestas técnicas, documentales y organizacionales. - Definición de roles y responsabilidades. - Integración de KPIs técnicos (MTTR, MTBF, LCC). - Construcción de matriz de priorización.	- Propuestas viables y de alto impacto. - Estandarización inicial de procesos. - Base para migrar hacia mantenimiento planificado. - Acciones inmediatas, mediatas y estratégicas.	- ISO 55002:2018 – desarrollo operacional. - ISO 55012:2024 – competencias. - ISO 55013:2024 – datos. - UNE-EN 17007:2018 – informes. - UNE-EN 17485:2023 – ciclo de vida.	Figuras 13, 14	Anexo 5. Instructivo institucional Anexo 6. Matriz de Roles Formatos FI-01, OT-01, OTP-PAM-01

4. Estrategia y decisiones basadas en riesgo y ciclo de vida	• Matriz de riesgo y criticidad. • Identificación de fallas críticas. • Implementación de PC-01, PTS-01. • LCC aplicado a decisiones de reemplazo (ER-01). • Priorización alineada con ISO 55010:2024.	• Decisiones estructuradas por riesgo. • Identificación clara de fallas repetitivas y críticas. • Modelo preventivo–predictivo alineado al ciclo de vida. • Priorización financiera-operativa.	• ISO 55001:2024, gestión del riesgo. • ISO 31000:2018, matriz de riesgo. • ISO 55010:2024, coordinación financiera. • UNE-EN 17485:2023, ciclo de vida.	Figuras 15, 16	ACR-01, ER-01 Matriz de criticidad Plan de contingencia PC-01
5. Monitoreo y evaluación mediante indicadores y dashboard	• Diseño del sistema de indicadores técnicos, operativos y financieros. • Construcción del dashboard con datos reales y simulados. • Simulaciones en sistemas críticos (eléctrico y HVAC). • Diseño de hoja de ruta para seguimiento institucional.	• Sistema completo de monitoreo. • Validación del modelo mediante simulaciones. • Indicadores de confiabilidad, disponibilidad y costos. • Retroalimentación continua para mejora institucional.	• ISO 55013:2024, datos. • ISO 55001:2024, desempeño. • UNE-EN 15341:2008, KPIs. • UNE-EN 17007:2018, informes.	Figuras 17, 18, 19	Anexo 3. Dashboard completo KPI-01 mensual Paneles MTTR, ABC, Criticidad, PAM
6. Conclusiones institucionales y modelo final	• Integración de hallazgos técnicos y organizacionales. • Análisis del impacto institucional del modelo. • Síntesis de aportes académicos y prácticos.	• Modelo replicable para sedes regionales. • Necesidad de estandarización y digitalización institucional. • Confirmación estratégica del mantenimiento para la misión universitaria.	• ISO 55001:2024, mejora continua. • ISO 55011:2024, gobernanza pública. • ISO 55002:2018, alineación estratégica.	—	Conclusiones generales Recomendaciones institucionales Cronograma y hoja de ruta

Nota – La tabla 47 sintetiza la correspondencia entre los objetivos del estudio, los métodos operativos y normativos aplicados, y los anexos técnicos que materializan cada resultado. La estructura permite evidenciar que cada objetivo se desarrolló bajo una línea metodológica respaldada por la familia ISO 55000 (2024), las normas UNE relevantes y las normas técnicas colombianas, garantizando trazabilidad, sustentación documental y coherencia con los principios internacionales de gestión de activos. Asimismo, cada anexo cumple una función específica en el proceso: soporta, evidencia y operacionaliza el logro de los objetivos, integrándose al modelo de gestión propuesto y fortaleciendo su capacidad de implementación.

Recomendaciones Institucionales

En coherencia con los resultados obtenidos, se formulan las siguientes recomendaciones para fortalecer la política universitaria de gestión de activos:

Se sugiere que la Universidad del Valle adopte un sistema unificado de gestión del mantenimiento (CMMS) que permita integrar todas las sedes regionales bajo una misma plataforma digital. Para la Sede Cartago, esta herramienta debe implementarse mediante un inventario técnico inicial, la asignación de responsables de carga y actualización de datos, la capacitación del personal en el registro y análisis de información, la selección de equipos críticos para una fase piloto y la integración progresiva del CMMS con procesos de presupuesto, inventarios e informes institucionales. Esta acción fortalecerá la trazabilidad, la estandarización de procesos y la toma de decisiones basada en evidencia.

Asimismo, se recomienda conformar un Comité Universitario de Gestión de Activos y Mantenimiento encargado de definir lineamientos técnicos, evaluar indicadores de desempeño, coordinar la priorización presupuestal y garantizar la articulación entre la Vicerrectoría de Regionalización, la alta dirección y las dependencias responsables del mantenimiento. En la Sede Cartago, este comité debe contar con representantes técnicos, administrativos y académicos, establecer reuniones periódicas para la revisión de avances y asegurar una comunicación fluida entre los procesos de infraestructura, seguridad y planeación.

Otra recomendación consiste en fortalecer la formación técnica continua del personal de mantenimiento mediante un plan de capacitación formal y permanente en temas como análisis de confiabilidad, mantenimiento basado en condición, inspección técnica, normativas RETIE y NSR-10, eficiencia energética, uso del CMMS y gestión ambiental. Las acciones incluyen

programar ciclos semestrales de formación, gestionar alianzas con programas académicos de ingeniería y con el SENA, y crear un banco de cursos certificados que contribuya a profesionalizar el área de mantenimiento y mejorar la calidad del servicio.

Se recomienda integrar los resultados del mantenimiento institucional en los informes del Plan Estratégico de Desarrollo Institucional (PEDI), incorporando indicadores como disponibilidad, cumplimiento del plan preventivo, MTTR, MTBF, costos de mantenimiento, impactos ambientales y niveles de confiabilidad. Esta integración permitirá posicionar el mantenimiento como un componente estratégico del desarrollo institucional y fortalecer la toma de decisiones basada en resultados verificables.

De igual manera, se plantea replicar el modelo de gestión desarrollado en la Sede Cartago en las demás sedes regionales, con las adaptaciones necesarias según su infraestructura y recursos. Esta replicación debe apoyarse en guías técnicas comunes, plantillas de planificación, estándares para inventarios de activos críticos, protocolos de uso del CMMS y mecanismos de retroalimentación interregional que permitan consolidar una cultura institucional homogénea en gestión de activos y mantenimiento.

En materia de sostenibilidad, se recomienda implementar políticas específicas para la Sede Cartago orientadas a la eficiencia energética, la gestión del agua y la reducción de impactos ambientales. Estas acciones incluyen la realización de diagnósticos energéticos, la sustitución gradual de equipos de alto consumo, la instalación de tecnologías eficientes en iluminación y climatización, el fortalecimiento del mantenimiento preventivo para reducir pérdidas operativas y la articulación con las políticas institucionales de gestión ambiental.

También se recomienda que la universidad reconozca la función del mantenimiento como un eje estratégico transversal a la misión institucional, dado su impacto directo en la continuidad académica, la seguridad de los usuarios, la sostenibilidad económica y la calidad del entorno universitario. Esta perspectiva permitirá consolidar una visión de mantenimiento como un proceso de valor y no solo como una actividad operativa.

Finalmente, el proyecto deja como aporte institucional una propuesta metodológica replicable, rigurosa y alineada con estándares internacionales que integra ingeniería, gestión universitaria y mejora continua. Su implementación permitirá fortalecer la eficiencia operativa, optimizar el uso de recursos, asegurar la sostenibilidad de los activos públicos y posicionar a la Universidad del Valle como un referente nacional en gestión responsable de infraestructura y activos físicos.

Recomendaciones institucionales por fases de Implementación- corto, mediano y largo plazo

Con base en los resultados del diagnóstico, la valoración de los factores clave de éxito y las brechas identificadas en la gestión del mantenimiento de la planta física de la Universidad del Valle – Sede Cartago, se presentan las siguientes recomendaciones institucionales. Estas se estructuran en tres horizontes temporales —corto, mediano y largo plazo— con el fin de facilitar su implementación progresiva, asegurar su coherencia con la normativa UNE-EN 16646:2015 y contribuir al fortalecimiento del sistema de gestión de activos de la sede.

1. Acciones Prioritarias (0–6 meses).

Orientadas a estabilizar la operación, formalizar procesos básicos y cerrar brechas críticas identificadas por el Flash Audit.

A. Implementar un sistema básico de registro y control de mantenimiento:

Establecer un mecanismo único y estandarizado para registrar las órdenes de trabajo, los tipos de intervención, los tiempos de atención, los responsables y los recursos utilizados. En esta etapa puede emplearse una herramienta de fácil acceso como Excel o un formulario institucional, mientras se avanza hacia un sistema especializado.

B. Unificar el canal de solicitudes de mantenimiento: Centralizar la recepción de solicitudes a través del sistema de PQRSD o un formulario institucional destinado a este fin, eliminando solicitudes por vías informales (mensajería instantánea, correos no institucionales o comunicados verbales) para garantizar trazabilidad y priorización.

C. Realizar inspecciones básicas de infraestructura: Ejecutar un levantamiento rápido de la condición de cubiertas, redes eléctricas, iluminación, climatización, instalaciones hidrosanitarias y demás sistemas esenciales, con el propósito de identificar riesgos operativos y establecer prioridades de mantenimiento correctivo inmediato.

D. Formular el Plan Anual de Mantenimiento (PAM) inicial: Consolidar un plan básico que incluya actividades preventivas esenciales para cada edificio y sistema crítico, con una programación trimestral de intervenciones y criterios técnicos de priorización.

E. Fortalecer las competencias del personal técnico: Realizar capacitaciones iniciales sobre diligenciamiento de órdenes de trabajo, inspecciones rutinarias, normativas técnicas (RETIE, RETILAP, NSR-10) y protocolos de seguridad industrial.

F. Conformar un inventario mínimo de repuestos críticos: Identificar y disponer materiales básicos indispensables para la atención oportuna de fallas recurrentes, tales como elementos eléctricos, piezas hidrosanitarias, insumos de climatización y materiales de infraestructura ligera.

2. Acciones de Consolidación (6–12 meses).

Dirigidas a fortalecer el proceso institucional, incorporar herramientas de control y estandarizar los procedimientos operativos.

A. Implementar un sistema digital de gestión del mantenimiento (CMMS/GMAO): Migrar la información del registro básico a un sistema especializado, idealmente articulado con la plataforma de la Dirección de Infraestructura Universitaria (DIU), con el fin de garantizar trazabilidad, programación y control automatizado de las actividades.

B. Establecer indicadores técnicos clave (KPI): Incorporar métricas como MTTR (Mean Time To Repair), MTBF (Mean Time Between Failures), backlog de mantenimiento, porcentaje de actividades preventivas versus correctivas, disponibilidad de activos y costos del ciclo de vida (LCC) para instalaciones críticas.

C. Implementar un programa formal de inspecciones periódicas: Diseñar inspecciones mensuales y trimestrales para los sistemas eléctricos, hidrosanitarios, de

climatización, cubiertas y demás elementos de la planta física, con formatos estandarizados y responsables asignados.

D. Definir roles, responsabilidades y estructura operativa: Formalizar las funciones del personal de mantenimiento, incluyendo perfiles técnicos (electricista, plomero, técnico en refrigeración, auxiliares operativos) y clarificando los niveles de reporte y coordinación.

E. Alinear los procesos de la sede con el modelo institucional de la DIU: Integrar la gestión local de mantenimiento con los procedimientos institucionales, participar en las instancias de priorización y fortalecer la retroalimentación entre sede y campus central.

F. Consolidar el cumplimiento del Plan Anual de Mantenimiento: Evaluar trimestralmente el avance del PAM, ajustar actividades según disponibilidad presupuestal y retroalimentar el plan con base en la información técnica generada por el CMMS.

3. Acciones de Mediano Plazo (1–3 años).

Enfocadas en la madurez del sistema, la sostenibilidad institucional y el fortalecimiento estratégico de la gestión de activos.

A. Desarrollar un modelo mixto preventivo–predictivo: Incorporar herramientas de monitoreo, sensorización y análisis de tendencias para sistemas críticos como climatización, redes eléctricas, bombeo e infraestructura de laboratorios, migrando progresivamente de un mantenimiento reactivo a uno predictivo.

B. Implementar un tablero de control (Dashboard) institucional: Construir un sistema de visualización de KPIs integrado al CMMS, accesible para directivos y áreas

operativas, que permita evaluar desempeño, tendencias, costos, confiabilidad y disponibilidad de la infraestructura.

C. Establecer un programa permanente de formación técnica: Estructurar un plan de capacitación anual que incluya actualizaciones normativas, entrenamiento en equipos especializados, análisis de fallas, seguridad y prácticas avanzadas de mantenimiento.

D. Formalizar contratos marco de mantenimiento especializado: Vincular proveedores expertos en HVAC, redes eléctricas, impermeabilización, ascensores y equipos técnicos, con el fin de garantizar calidad, reducir riesgos y asegurar continuidad operacional.

E. Integrar la sede al Sistema de Gestión de Activos (ISO 55001:2024): Incorporar análisis de criticidad, procesos del ciclo de vida, repositorio documental, evaluación anual de madurez y acciones de mejora continua alineadas con los requisitos de la normativa ISO 55001:2024 y UNE-EN 16646:2015.

F. Constituir un Fondo Multianual de Mantenimiento e Infraestructura: Crear una reserva presupuestal proyectada a cinco años para atender renovaciones mayores, modernización de infraestructura, reemplazo de activos críticos y adecuaciones estructurales priorizadas según LCC y criticidad.

La elaboración de la tabla resumen se fundamentó en un proceso metodológico derivado de los resultados del diagnóstico institucional, la valoración del Flash Audit y el análisis comparativo entre el modelo de gestión de activos propuesto y la realidad operativa de la Universidad del Valle – Sede Cartago. En primer lugar, se identificaron las brechas críticas evidenciadas por los indicadores globales del Flash Audit y las áreas de menor desempeño, lo

que permitió reconocer los aspectos prioritarios a intervenir en el corto plazo. Posteriormente, se clasificaron las acciones según su naturaleza técnica, operativa, estratégica o de sostenibilidad, lo cual facilitó su agrupación coherente en horizontes temporales progresivos (0–6 meses, 6–12 meses y 1–3 años).

Para garantizar una lectura visual y ejecutiva, se incorporó un sistema de semaforización por colores que refleja el nivel de urgencia y la complejidad de implementación de cada recomendación. Cada acción fue descrita en términos de propósito, alcance y resultado esperado, siguiendo un criterio de síntesis que permitiera representar, en un formato compacto, los elementos esenciales identificados en el análisis cualitativo y cuantitativo de la gestión del mantenimiento. De este modo, la tabla integra información derivada de la metodología empleada en el estudio, facilita la priorización institucional y se alinea con los principios de planificación estratégica planteados por la gestión de activos bajo normas internacionales como la UNE-EN 16646:2015 y la ISO 55001:2024.

Resumen Ejecutivo de Recomendaciones Institucionales por Horizonte Temporal

Universidad del Valle – Sede Cartago.

Semaforización:  Corto plazo |  Mediano plazo |  Largo plazo

Horizonte temporal	Color	Acción estratégica	Descripción ejecutiva	Resultado esperado
0–6 meses		Implementación del sistema básico de registro de mantenimiento	Crear y estandarizar una base de datos unificada para todas las actividades de mantenimiento (órdenes de trabajo, tiempos, responsables).	Trazabilidad mínima garantizada y control inicial del mantenimiento.
0–6 meses		Canal único de solicitudes	Centralizar todas las solicitudes en PQRSO o formulario institucional y eliminar canales informales.	Priorización adecuada y reducción de reprocesos.

0–6 meses	●	Inspecciones básicas de infraestructura	Levantamiento rápido de redes eléctricas, hidrosanitarias, climatización, techos y espacios críticos.	Identificación inmediata de riesgos y fallas operativas.
0–6 meses	●	Plan Anual de Mantenimiento inicial	Formular plan preventivo básico trimestral para todos los edificios.	Inicio de transición del mantenimiento reactivo al preventivo.
0–6 meses	●	Capacitación inicial del personal	Entrenamiento en RETIE, RETILAP, NSR-10, protocolos de seguridad y diligenciamiento de formatos.	Mejora de competencias técnicas y operativas.
0–6 meses	●	Inventario mínimo de repuestos críticos	Crear inventario de materiales esenciales para fallas recurrentes.	Aumento en tiempos de respuesta y reducción de interrupciones.
6–12 meses	●	Implementación del CMMS/GMAO	Migrar datos a un sistema digital institucional de gestión de mantenimiento.	Trazabilidad total, programación automática y control avanzado.
6–12 meses	●	Establecimiento de KPIs técnicos	Implementar MTTR, MTBF, backlog, % preventivo/correctivo, disponibilidad y LCC.	Medición real del desempeño y toma de decisiones basada en datos.
6–12 meses	●	Programa formal de inspecciones periódicas	Estructurar inspecciones mensuales y trimestrales por sistemas críticos.	Mayor confiabilidad y detección temprana de fallas.
6–12 meses	●	Definición de roles y responsabilidades	Formalizar perfiles del personal técnico, estructura de reporte y funciones.	Reducción de ambigüedades operativas y mejora en eficiencia.
6–12 meses	●	Alineación con el modelo DIU	Integrar procedimientos locales al sistema central de la universidad.	Homologación de procesos y mejora en gobernanza institucional.
6–12 meses	●	Consolidación del PAM	Evaluaciones trimestrales del cumplimiento del plan de mantenimiento.	Mayor orden y control operativo.
1–3 años	●	Modelo mixto preventivo–predictivo	Integración de sensores, inspecciones especializadas y análisis de tendencias.	Incremento en disponibilidad y reducción significativa de fallas.
1–3 años	●	Dashboard institucional (tablero de control)	Visualización integrada de KPIs en tiempo real para directivos y técnicos.	Transparencia, monitoreo continuo y toma de decisiones estratégica.

1–3 años	●	Programa permanente de formación técnica	Capacitación anual en tecnologías, normativas y equipos avanzados.	Personal actualizado y preparado para gestión moderna de activos.
1–3 años	●	Contratos marco de servicios especializados	Contratar proveedores expertos para redes eléctricas, HVAC, ascensores, impermeabilización.	Calidad técnica garantizada, reducción de riesgos y costos.
1–3 años	●	Integración al Sistema ISO 55001:2024	Implementar ciclo de vida, criticidad, documentación y evaluación anual de madurez.	Madurez institucional en gestión de activos.
1–3 años	●	Fondo multianual de mantenimiento e infraestructura	Definir un fondo a 5 años para renovaciones y reemplazos basados en LCC.	Sostenibilidad financiera y capacidad de inversión a largo plazo.

Nota - La Tabla presenta una síntesis estructurada de las recomendaciones institucionales propuestas para fortalecer la gestión del mantenimiento en la Universidad del Valle – Sede Cartago. Las acciones se organizan de acuerdo con un horizonte temporal progresivo —corto plazo (0–6 meses), mediano plazo (6–12 meses) y largo plazo (1–3 años)— lo que facilita su planificación, priorización e implementación gradual.

La tabla incorpora un sistema de semaforización por colores (●, ● y ●) que permite identificar visualmente el nivel de urgencia y el impacto estratégico de cada recomendación. Asimismo, describe de manera concisa las acciones clave, su propósito ejecutivo y los resultados esperados, garantizando una lectura rápida, comparativa y orientada a la toma de decisiones. Esta síntesis constituye un insumo fundamental para la gestión institucional, pues consolida en un formato operativo las medidas necesarias para avanzar hacia un modelo de mantenimiento preventivo, predictivo y alineado con la gestión de activos bajo estándares internacionales.

Glosario

Activos físicos. Bienes tangibles que permiten la operación institucional, incluyendo edificaciones, redes hidrosanitarias, sistemas eléctricos, equipos de climatización, laboratorios, mobiliario y demás elementos que soportan los procesos académicos y administrativos. Su adecuada gestión garantiza disponibilidad, confiabilidad, seguridad y continuidad del servicio educativo.

CMMS (Computerized Maintenance Management System). Plataforma informática que centraliza la gestión del mantenimiento, permitiendo registrar órdenes de trabajo, controlar inventarios, programar tareas preventivas, generar indicadores y asegurar trazabilidad. Un CMMS aumenta la eficiencia operativa al reducir tiempos muertos, mejorar la planificación y facilitar decisiones basadas en datos.

Confiabilidad (Reliability). Probabilidad de que un activo desempeñe su función prevista sin fallas durante un intervalo de tiempo determinado. Es un pilar de la gestión de activos porque permite anticipar interrupciones, planificar repuestos y definir estrategias de mantenimiento preventivo o predictivo.

Disponibilidad (Availability). Relación entre el tiempo en que un activo está operativo frente al tiempo total del periodo observado. Se ve influenciada por el número de fallas, la duración de las reparaciones y la planificación del mantenimiento. Una alta disponibilidad es esencial para garantizar la continuidad académica en instituciones universitarias.

Flash Audit. Metodología de auditoría rápida que evalúa 12 áreas y 386 ítems del mantenimiento. Proporciona de forma ágil un diagnóstico integral que identifica fortalezas,

brechas, oportunidades de mejora y madurez del sistema. Es ampliamente utilizada por su capacidad para orientar decisiones estratégicas con base en datos estructurados.

Gestión de activos (Asset Management). Conjunto de actividades sistemáticas y coordinadas para obtener el máximo valor de los activos durante su ciclo de vida. Integra decisiones de adquisición, operación, mantenimiento, renovación y disposición, equilibrando costo, riesgo y desempeño. Se rige por estándares como la familia ISO 55000:2024.

Indicadores KPI (Key Performance Indicators). Variables cuantitativas que permiten medir y evaluar el desempeño del mantenimiento en términos técnicos, operativos, financieros, estratégicos y documentales. Facilitan la mejora continua y permiten comparar resultados con estándares internacionales.

LCC (Life Cycle Cost). Costo total asociado a un activo durante todo su ciclo de vida, incluyendo adquisición, instalación, operación, mantenimiento y disposición final. El análisis LCC permite optimizar inversiones y reducir costos de propiedad a largo plazo.

Mantenimiento correctivo. Intervención realizada tras la ocurrencia de una falla. Aunque atiende necesidades inmediatas, aumenta costos y reduce la disponibilidad si se convierte en la modalidad predominante. Debe complementarse con enfoques preventivos y predictivos.

Mantenimiento preventivo. Conjunto de tareas programadas para evitar fallas mediante inspecciones, ajustes o reemplazos planificados. Incrementa la vida útil de los activos, reduce fallas inesperadas y contribuye a la eficiencia operativa.

Mantenimiento predictivo. Intervenciones basadas en la condición real del activo y soportadas en análisis de datos, sensores o herramientas de diagnóstico. Minimiza mantenimiento innecesario y permite intervenir en el momento óptimo.

MTBF (Mean Time Between Failures). Tiempo promedio entre fallas consecutivas de un activo. Es un indicador clave para medir confiabilidad y programar mantenimientos preventivos según el comportamiento histórico del sistema.

MTTR (Mean Time To Repair). Tiempo promedio necesario para reparar un activo y restaurarlo a su funcionamiento normal. Permite evaluar la mantenibilidad del sistema y la eficiencia del equipo técnico.

Norma UNE-EN 16646:2015. Estándar internacional que define la integración del mantenimiento dentro del sistema de gestión de activos, asegurando coherencia entre estrategia institucional, planificación operativa y decisiones de inversión.

UNE-EN 17007:2018. Norma que establece criterios y estructura para informes de mantenimiento, asegurando uniformidad, claridad y precisión en la comunicación técnica y administrativa.

UNE-EN 17485:2023. Norma orientada a la gestión del ciclo de vida de los activos físicos, que guía decisiones estratégicas de renovación, modernización, mantenimiento y sostenibilidad.

Variables críticas. Aspectos del sistema cuyo desempeño influye directamente en la eficiencia, confiabilidad, disponibilidad, trazabilidad o sostenibilidad del mantenimiento. Representan los puntos donde una brecha puede generar impactos significativos.

Referencias Bibliográficas

- AENOR. (2015). UNE-EN 16646:2015. Mantenimiento en la gestión de los activos físicos. Norma Española. Recuperado de: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0055155>
- AENOR. (2023). UNE-EN 17485:2023 Mantenimiento en el marco de la gestión de activos físicos. Marco para mejorar el valor de los activos físicos a lo largo de todo su ciclo de vida.
- Agudelo Pulido, A. I. (2015). Propuesta de modelo de gestión de activos fijos con enfoque en procesos. SIGNOS - Investigación en sistemas de gestión, 5(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2013.0002.03>
- Améndola, L. (2012). Organización y Gestión del mantenimiento: Mantenimiento como negocio, Balanced Scorecard. En Universidad Politécnica de Valencia. PMM Institute for Learning.
- Ardila Marín, J. G., Ardila Marín, M. I., Rodríguez Gaviria, D., Hincapié Zuluaga, D. A. (2016). La Gerencia del mantenimiento: Una Revisión. Dimensión Empresarial, 14(2), 127-142. Recuperado de: <https://doi.org/10.15665/rde.v14i2.480>
- Bayona, J. M. (2015). Aproximación de temáticas estratégicas demandadas en mantenimiento de Educación Superior en Colombia. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/10784/8553>
- Betancourt, D. (2020). Planificación del mantenimiento en las universidades públicas de la Costa Oriental del Lago. Revista Boliviana de Ingeniería, 1(1). Recuperado de: <https://doi.org/10.33996/rebi.v1i1.101>

Campos-López, O., Tolentino-Eslava, G., Toledo-Velázquez, M., y Tolentino-Eslava, R. (2019).

Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos. Científica, 23(1). Recuperado de:

<https://doi.org/10.46842/ipn.cien.v23n1a06>

Castaño Garrido, C. y Quecedo Lecanda, R. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. Revista de Psicodidáctica, 14.

Castillo Alva, R. W (2018). Metodología para elaborar un plan de mantenimiento bajo un enfoque estratégico, para aumentar el valor de los activos según las normas ISO 55001:2024:2014 y UNE-EN 16646:2015. Journal of Chemical Information and Modeling.

Chang Parrales, M. F., Villacrés Parra, S. R., Viscaíno Cuzco, M. A., y Gallegos Londoño, C. M. (2020). Modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos. ConcienciaDigital, 3(1.2). Recuperado de:

<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i1.2.1189>

Chica, C. A., y Soto, M. del P. (2019). Propuesta de un modelo de creación de valor para medir la expansión y el crecimiento en la universidad pública. I+D REVISTA DE

INVESTIGACIONES, 14(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.33304/revinv.v14n2-2019002>

Comité Europeo de Normalización. CEN/TS. (2019). CEN/TS 17385:2019 - Evaluación del Estado de Bienes Inmuebles Construidos.

CONPES. (2009). Iniciativa para la modernización y gestión de activos fijos públicos. 3615.

Depool Malave, T. A., Amendola, L., Castillo, M., Borrell, L., y Sánchez, A. (2016). Impacto de los CAPEX y OPEX en la Gestión de Activos. 20th International Congress on Project Management and Engineering Cartagena, 13-15th July 2016 IMPACT, July.

García Palencia, O. (2012). Gestión moderna del mantenimiento industrial. Ediciones de la U.

García Palencia, O. (2020). Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad. ReliabilityWeb.com.

Garrido, S. G. (2003). Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Ediciones Diaz de Santos.

Godau, R. y McGeoch, F. M. (2016). ISO 55001:2024 Ready—Focus on improving Asset Management Maturity. Change, April.

González Fernández, F. J. (2004). Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión (Fundación Confemetal, Ed.).

González Fernández, F. J. (2010). Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. "Lorenzo y el limpiacristales" (las cinco amenazas del mantenimiento). Fundación Confemetal, (2.^a ed).

González Sosa, J., y Ávila Soler, E. (2023). Análisis de criticidad para el mantenimiento en equipos de soldadura en una Universidad Mexicana. Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias, 8(30). Recuperado de:

<https://doi.org/10.54139/riiant.v8i30.480>

Herfried Kohl. (2020). Standards for Management Systems: A Comprehensive Guide to Content, Implementation Tools, and Certification Schemes. En Springer Nature Switzerland.

Hernández Vásquez, J. D., Rodríguez-Medina, N. J., Fernández-Moreno, A. J., y Pedraza-Yepes, C. A. (2021). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo aplicado a instrumentos no automáticos de pesaje en los laboratorios de la Universidad del Atlántico. Investigación e Innovación en Ingenierías, 9(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.17081/invinno.9.2.3831>

Hiroux, F., y Cuer, G. (2021). Une introduction. La Gazette des archives, 262(2), 5-8.
Recuperado de: <https://doi.org/10.3917/reru.101.0004>

Huamán Leiva, G. (2019). Gestión de mantenimiento y calidad del servicio en la Universidad Nacional del Callao, 2018. Universidad César Vallejo.

ICONTEC. (2024). Certificación ISO 55001:2024 Sistemas de Gestión de Activos. ICONTEC.

Idrus, A., Khamidi, M. F., y Olanrewaju Abdul Lateef, A. (2009). Value –Based Maintenance Management Model for University Buildings in Malaysia-A Critical Review. Journal of Sustainable Development, 2(3). Recuperado de: <https://doi.org/10.5539/jsd.v2n3p127>

Inostroza Zuñiga, P. A., y Muñoz Pincheira, J. L. (2016). Metodología de auditoría de mantenimiento una herramienta relevante para la eficiencia de los procesos de gestión de activos. En Universidad Andrés Bello, 17(1).

International Organization for Standardization. (2024). ISO 55000:2024(es): Gestión de activos — Vocabulario, aspectos generales y principios. ISO.

ISOTools. (2018). ¿En qué consiste el ciclo PHVA de mejora continua? En Plataforma Tecnológica Para La Gestión De La Excelencia. Recuperado de:

<https://www.isotools.us/2015/02/20/en-que-consiste-el-ciclo-phva-de-mejora-continua/>

Lasorella, M., y Cantatore, E. (2023). 3D models CityGML-based combined with technical decision support system for the setting up of digital conservation plans of historic districts. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 48, 911-918. Recuperado de: <https://doi.org/10.5194/isprs-Archives-XLVIII-M-2-2023-911-2023>

León Ganchozo, M. U., Valero Yarlequé, L. J., y Vera Macías, S. D. (2020). Diseño del sistema de gestión de activos físicos según norma ISO 55001:2024:2014. Revista InGenio, 3(1). Recuperado de: <https://doi.org/10.18779/ingenio.v3i1.332>

Loaiza, A. (2019). Gestión de mantenimiento correctivo en las instalaciones universitarias públicas de la Costa Oriental del Lago. Revista Enfoques, 3(9). Recuperado de: <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v3i9.51>

Luna, A. C., Moisés, M. C., Herrera, M., Carlos, M. I. A., Cid De León, V., Salvador, M. C., y González, M. (2017). Aplicación de la metodología actualización (RCMBACKFIT RCM) para maquinaria utilizada en procesos de enseñanza aprendizaje en estudiantes universitarios. Revista de la Ingeniería Industrial, 11(1).

Madroñal Ortiz, M., Galeano Upegui, B., Escobar Mora, N., Cruz Parra, L., y Rios Cuartas, I. (2017). Identifying the needs in the integration of disciplines in the hospital infrastructure

management in Colombia. IFMBE Proceedings, 60. Recuperado de:

https://doi.org/10.1007/978-981-10-4086-3_105

Madroñal-Ortiz, M., Galeano-Upegui, B. J., Escobar-Mora, N. J., Cuartas-Ramírez, D., y Osorio,

M. (2022). Disciplinas de mantenimiento y gestión de activos físicos hospitalarios en

América Latina: resultados de la producción científica en las últimas décadas. Revista

Latinoamericana de Difusión Científica, 4(7). Recuperado de:

<https://doi.org/10.38186/difcie.47.12>

Martillo, A. P. Z., y Mora, M. K. M. (2020). Gestión de activos fijos en Instituciones de

Educación Superior. Estado actual Universidad Técnica de Manabí. Polo del

Conocimiento, 5(3).

Martínez, L. A. (2014). Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional. Universidad Nacional de Colombia.

Martínez-Costa, M., Jimenez-Jimenez, D., y Castro-del-Rosario, Y. del P. (2019). The

performance implications of the UNE 166.000 standardised innovation management

system. European Journal of Innovation Management, 22(2). Recuperado de:

<https://doi.org/10.1108/EJIM-02-2018-0028>

Mora Gutiérrez, A. (2025). Analytics Aplicada a Mantenimiento y Gestión de Activos con Big

Data y Business Intelligence. Alpha Editorial S. A.

Mora Gutiérrez, L. A. (2007). Mantenimiento Estratégico Empresarial: Enfoque Sistémico

Kantiano. Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Mora Gutiérrez, L. A. (2009a). Mantenimiento planeación, ejecución y control. En Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México (Vol. 2).

Mora Gutiérrez, L. A. (2009b). Mantenimiento Industrial Efectivo. Editorial COLDI Limitada.

Mora Gutiérrez, L. A. y Muñoz Díaz, I. de J. (2023). Ingeniería Mantenimiento Vanguardia & Analytics, Generador de competitividad. Interacción estratégica de activos y Mantenimiento como un Cord. Journal of Engineering Research, 3(7). Recuperado de: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/artigo-revista/ingenieria-mantenimiento-vanguardia-analytics-generator-de-competitividad>

Mora Vargas, A. I. (2012). Guía para elaborar una propuesta de investigación. Revista Educación, 29(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.15517/revedu.v29i2.2241>

Morales Muñoz, K. A., y Loncón Sepúlveda, C. I. (2023). Mejora del modelo de gestión por procesos de una institución de educación superior estatal del sur de Chile. Revista Imaginario Social, 6(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.59155/is.v6i2.107>

Morales Ramos, J. G., Rodríguez López, W. O., y Melgarejo Ángeles, W. E. (2019). Programa de gestión ambiental basado en las normas ISO 14001 para la sustentabilidad de las universidades. UCV Hacer, 8(4). Recuperado de: <https://doi.org/10.18050/revucvhacer.v8n4a3>

Navarro Elola, L., Pastor Tejedor, A. C., y Mugaburu Lacabrera, J. M. (1997). Gestión integral de mantenimiento. Marcombo.

Nowakowski, T., Tubis, A., y Werbińska-Wojciechowska, S. (2017). ISO 55001:2024 and difficulties of its implementation in polish enterprises. *Journal of KONBiN*, 42(1).

Recuperado de: <https://doi.org/10.1515/jok-2017-0026>

Parise, C. K., Pinto, F., Aravéquia, J. A., Ribeiro, B. Z., Dutra, L. M. M., Loureiro, R. N. A., Abreu, E. X. de, Silva, M. V. da, Reboita, M. S., Teodoro, T. A., Assunção, V., Fecilcam, D. G., Uem, F., Estadual, U., Silveira, L., y Cruz, A. P. S. (2016). Desarrollo de consultoría para medir la gestión de mantenimiento en Innovapor S.A.S. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(9).

Parra, C. (2020). Técnicas de Auditoría aplicadas en los procesos de Gestión del Mantenimiento y de la Confiabilidad. ResearchGate, July.

Peña, A. C. (2016). Sistemas de gestión de riesgos: Proceso de certificación de la gestión de activos. XVIII Congreso de Confiabilidad.

Peñaloza-Carreón, J. E., Mayorga-Ponce, R. B., y Roldan-Carpio, A. (2022). Correcto uso de la Taxonomía de Bloom para desarrollar objetivos. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 11(21).

Recuperado de: <https://doi.org/10.29057/icsa.v11i21.9779>

Prego Nieto, M. (2020). La gestión del mantenimiento, qué es y cómo optimizarla. Recuperado de: <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-mantenimiento/gestion-del-mantenimiento>

- Ramírez Acevedo, O. A. (2019). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos de la Institución Educativa Técnica Industrial Turmequé. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Salas Carlock, S., Hernández Beltrán, M. P., Villanueva Marcial, Y. M., & Chandomi Castellanos, E. (2024). Evaluación y Mejora de un Modelo de Gestión de Mantenimiento en una Institución de Educación Superior. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1483–1511. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13613
- Sánchez-Rodríguez, Á. (2010). La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento. *Ingeniería Mecánica*, 13(2).
- Sandoval Casilimas, C. (1996). Especialización en teoría, métodos y técnicas de investigación social. En Módulo.
- Santa Fajardo, L. M., Bom-Camargo, Y. I., Fajardo Calderón, C. L., y Macías Ramírez, V. H. (2021). Responsabilidad Social Pública para contribuir a la consolidación de los Objetivos del Desarrollo Sostenible. *JURÍDICAS CUC*, 17(1), 211-252. Recuperado de: <https://doi.org/10.17981/juridcuc.17.1.2021.08>
- Silva, R. F. da, y Souza, G. F. M. de. (2020). Asset management system (ISO 55001:2024) and Total Productive Maintenance (TPM): a discussion of interfaces for maintenance management. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, 15(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.15675/gepros.v15i2.2528>
- Sola, A. y Crespo, A. (2016). Principios y marcos de referencia de la gestión de activos. AENOR Ediciones. Recuperado de: <https://www.marcialpons.es/media/pdf/9788481439243.pdf>

Universidad del Valle. (2024). Sostenibilidad y Mantenimiento. Manual de procedimientos. MP-16-01-02. 2024. Recuperado de:

<https://daruma.univalle.edu.co/app.php/staff/document/viewPublic?index=271>

Velásquez, F., Vergara, J., Carlos, B., y Díaz, G. (2023). Tesis de Maestría - Análisis de la Gestión de Activos Fijos en la Universidad de Antioquia. Recuperado de:

<http://bibliotecadigital.udea.edu.coUniversidaddeAntioquia-www.udea.edu.co>

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., y Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 21(1). Recuperado de: <https://doi.org/10.4067/s0718-33052013000100011>

Waeyenbergh, G., y Pintelon, L. (2002). A framework for maintenance concept development. International Journal of Production Economics, 77(3). Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00156-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00156-6)

Wireman, Terry. (2005). Developing performance indicators for managing maintenance.

Zambrano, E., Prieto, A. T., & Castillo, R. (2015). Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas. Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales, 17(3).
<https://doi.org/10.36390/telos173.08>

Zerpa de Kirby, Y. (2016). Lo Cualitativo, Sus Métodos en las Ciencias Sociales. Sapienza Organizacional, 3(6).

Anexos

Anexo 1. Resultados completos del Flash Audit aplicado a la Sede Cartago.

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Gerentes	Mantenimiento	Producción	Promedio General
1 - Relación entre Mantenimiento y Producción (cliente de Mito.)	1	1	Comunicaciones y Relaciones	¿Hay una línea de comunicación entre usted (Mantenimiento) y el personal de producción?	1,2500	1,7500	2,0000	1,6667
	2	2	Comunicaciones y Relaciones	¿Es fácil la comunicación entre departamentos y entre personas?	1,0000	1,5000	2,2500	1,5833
	3	3	Comunicaciones y Relaciones	¿Las demandas para intervenciones vienen desde Producción?	2,0000	2,2500	2,5000	2,2500
	4	4	Comunicaciones y Relaciones	¿Observa muchas intervenciones de Mantenimiento sin la consulta de Producción?	1,7500	1,7500	2,5000	2,0000
	5	5	Comunicaciones y Relaciones	¿Estas intervenciones se hacen en la forma de Mantenimiento Preventivo?	2,0000	2,0000	2,5000	2,1667
	6	6	Comunicaciones y Relaciones	¿Observa mucho tiempo perdido entre las demandas y las intervenciones?	1,5000	1,7500	2,2500	1,8333
	7	7	Método de Intervención	¿Los operarios de producción también están desempeñando un papel en Mantenimiento?	1,2500	1,7500	1,7500	1,5833
	8	8	Método de Intervención	¿Los operarios son obligados a intervenir en vez de Mantener?	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
	9	9	Método de Intervención	¿Los operarios están registrando los detalles de sus intervenciones?	2,5000	3,0000	2,5000	2,6667
	10	10	Método de Intervención	¿El Mantenimiento registra los contenidos de las intervenciones de los operarios?	2,0000	2,5000	2,5000	2,3333
	11	11	Método de Intervención	¿Hay intervenciones para Mantenimiento sin una forma de ser completadas?	1,2500	1,5000	3,0000	1,9167
	12	12	Método de Intervención	¿Están registradas las demandas para las intervenciones?	1,5000	1,5000	2,7500	1,9167
	13	13	Método de Intervención	¿Usted realiza un control de calidad después de cada intervención?	1,5000	1,7500	2,7500	2,0000
	14	14	Método de Intervención	¿Existe un control formal de la información obtenida de los reportes de cada intervención?	1,5000	2,2500	2,7500	2,1667
	15	15	Método de Intervención	¿El equipo que es técnicamente mantenido es conocido por Mantenimiento?	1,5000	1,7500	2,7500	2,0000
	16	16	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿Es usted directamente responsable del correcto funcionamiento de una o varias máquinas o de equipos?	2,2500	2,0000	2,0000	2,0833

	17	17	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿Existe un programa de Mantenimiento preventivo?	1,7500	1,7500	3,0000		2,1667
	18	18	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿La introducción del mantenimiento preventivo causa problemas?	1,2500	2,0000	2,7500		2,0000
	19	19	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿Usted ajusta (electricistas) o aprieta tuercas (mecánicos), tubos, accesorios, conexiones, etc.?	2,0000	2,5000	2,5000		2,3333
	20	20	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿Lubrica y ajusta regularmente sus máquinas?	2,0000	2,7500	2,0000		2,2500
	21	21	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿Conoce los tipos de lubricantes o los tipos de ajuste necesarios para cada una de sus máquinas?	2,0000	2,2500	1,7500		2,0000
	22	22	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿Visita sistemáticamente sus máquinas o equipos?	1,7500	2,0000	3,0000		2,2500
	23	23	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿Controla el estado de sus máquinas o equipos?	1,7500	3,0000	2,0000		2,2500
	24	24	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿Interviene de acuerdo a un programa regular?	1,7500	2,2500	2,2500		2,0833
	25	25	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿El programa se ha elaborado con la ayuda de la gente de producción?	1,5000	2,0000	2,2500		1,9167
	26	26	Percepción del Mantenimiento Preventivo (Nivel de Mantenimiento)	¿Existe una planeación de todas o unas partes de las operaciones, visitas y controles?	2,2500	1,7500	2,7500		2,2500
	27	27	Percepción de la Función de Mantenimiento por Producción	¿Usted siempre llama Mantenimiento con procedimientos definidos?	1,7500	1,7500	2,5000		2,0000
	28	28	Percepción de la Función de Mantenimiento por Producción	¿Respeta estos procedimientos incluso en caso de averías o en circunstancias imprevistas?	1,5000	1,7500	2,5000		1,9167
	29	29	Percepción de la Función de Mantenimiento por Producción	¿Llama a Mantenimiento en caso de la limpieza de sus máquinas?	2,5000	2,5000	1,5000		2,1667
	30	30	Percepción de la Función de Mantenimiento por Producción	¿Llama a Mantenimiento en caso del control simple de niveles?	2,7500	3,0000	2,0000		2,5833
	31	31	Percepción de la Función de	¿Llama a Mantenimiento en caso de cambiar fusibles?	2,5000	2,7500	2,0000		2,4167

			Mantenimiento por Producción					
	32	32	Percepción de la Función de Mantenimiento por Producción	¿Llama a Mantenimiento en caso de ajustes elementales?	1,0000	1,2500	3,0000	1,7500
	33	33	Percepción de la Función de Mantenimiento por Producción	¿Divulga los detalles de la intervención por la producción al mantenimiento?	2,0000	2,0000	2,5000	2,1667
	34	34	Percepción de la Función de Mantenimiento por Producción	¿Considera al departamento de Mantenimiento tan importante como el de Operación o Producción?	1,0000	1,7500	2,5000	1,7500

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Gerentes	Mantenimiento	Producción	Promedio General
2 - Percepción de las jerarquías superiores de Mto.	35	1	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Existe una Carta o Estructura o Diagrama o Mapa Organizacional en su compañía?	1,0000	1,5000	1,7500	1,4167
	36	2	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Existe un diagrama organizacional específico para mantenimiento?	1,5000	1,5000	2,2500	1,7500
	37	3	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Conoce las personas que conforman la fuerza de trabajo o mano de obra en mantenimiento?	1,5000	1,5000	2,7500	1,9167
	38	4	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿La mano de obra corresponde con el diagrama organizacional?	1,0000	1,2500	2,7500	1,6667
	39	5	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Cada posición jerárquica de la estructura organizacional de mantenimiento corresponde con el trabajo real?	1,2500	1,5000	2,5000	1,7500
	40	6	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Piensa usted que es útil o no, hacer que las tareas de mantenimiento las realice directamente la producción?	2,2500	2,5000	2,0000	2,2500
	41	7	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Piensa que es útil darle mantenimiento el poder de decisión para definir su propia política, así como sus medios de acciones?	1,0000	1,2500	3,0000	1,7500

	42	8	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Puede mantenimiento decidir cuándo reparar o modificar el equipo y la maquinaria estratégica?	1,5000	1,7500	2,7500	2,0000
	43	9	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿El mantenimiento participa en la compra de nuevos equipos?	1,0000	1,7500	3,0000	1,9167
	44	10	Posición de la Mano de Obra del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Aplican los mismos criterios de promoción de personal tanto en producción como en mantenimiento, en sus carreras profesionales?	1,2500	1,5000	3,0000	1,9167
	45	11	Posición de la Mano de Obra del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Son las posibilidades de promoción iguales para el personal de producción y de mantenimiento?	1,2500	1,5000	3,0000	1,9167
	46	12	Posición de la Mano de Obra del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Utiliza la misma estructura de pago para el personal de producción que para el de mantenimiento?	1,2500	1,5000	3,0000	1,9167
	47	13	Posición de la Mano de Obra del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Utiliza la misma estructura de bonos y premios para el personal de producción que para el de mantenimiento?	1,0000	1,5000	3,0000	1,8333
	48	14	Posición de la Mano de Obra del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Tienen en su empresa el mismo trato y oportunidades de mejora el personal de producción y el de mantenimiento?	1,0000	1,5000	3,0000	1,8333
	49	15	Posición de la Mano de Obra del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿En su jubilación, puede una persona del mantenimiento esperar lograr el mismo alto nivel que sus contrapartes de la producción?	1,0000	1,5000	2,7500	1,7500
	50	16	Posición de la Mano de Obra del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿La gerencia del área o de la planta, en su compañía viene de mantenimiento o de operación?	1,5000	2,0000	2,5000	2,0000

	51	17	Opinión de Mantenimiento	¿Conoce los costos globales de Mantenimiento?	1,5000	1,5000	2,7500	1,9167
	52	18	Opinión de Mantenimiento	¿Qué parte del presupuesto de trabajo es consumida por el mantenimiento?	1,5000	2,2500	2,2500	2,0000
	53	19	Opinión de Mantenimiento	¿Piensa que el nivel técnico de los intervenciones ejecutadas Y realizadas por el mantenimiento es provechoso a la compañía?	1,0000	1,5000	2,5000	1,6667
	54	20	Opinión de Mantenimiento	¿Piensa que mantenimiento ayuda a lograr las metas y los objetivos de operación, funcionalidad de equipos y de su empresa?	1,0000	1,2500	2,0000	1,4167
	55	21	Opinión de Mantenimiento	¿Desde este punto de vista, piensa que los costos de mantenimiento están justificados?	1,0000	1,2500	2,0000	1,4167
	56	22	Opinión de Mantenimiento	¿Piensa que el mantenimiento puede ayudarle a mantener una alta disponibilidad en sus equipos?	1,2500	1,0000	1,7500	1,3333
	57	23	Opinión de Mantenimiento	¿Piensa que el mantenimiento puede ayudarle a mejorar la seguridad y el entorno de trabajo?	1,0000	1,2500	1,7500	1,3333
	58	24	Opinión de Mantenimiento	Considerando sus respuestas, ¿en cuales categorías usted ubicaría al mantenimiento?	1,5000	1,7500	2,2500	1,8333
	59	25	Importancia dado el Significado Financiero	¿Conoce el presupuesto para el mantenimiento?	1,7500	1,0000	2,7500	1,8333
	60	26	Importancia dado el Significado Financiero	¿Hay las líneas presupuestarias específicas y detalladas, para las diferentes actividades del mantenimiento?	1,0000	1,2500	3,0000	1,7500
	61	27	Importancia dado el Significado Financiero	¿Son estas líneas presupuestarias específicas suficientes?	1,5000	2,0000	3,0000	2,1667
	62	28	Importancia dado el Significado Financiero	¿Tiene un presupuesto específico para el entrenamiento del	1,7500	1,2500	2,7500	1,9167

				personal del mantenimiento?					
	63	29	Importancia dado el Significado Financiero	¿Piensa que este presupuesto cubre las necesidades de entrenamiento?	2,0000	2,0000	2,7500		2,2500
	64	30	Importancia dado el Significado Financiero	¿Tiene algunos indicadores e índices para ayudarlo a mantenimiento a manejar y mejorar sus costos y presupuesto?	1,2500	1,7500	2,7500		1,9167
	65	31	Importancia dado el Significado Financiero	¿Para mejorar funcionamientos, usted utiliza a menudo estos indicadores?	1,2500	1,7500	2,7500		1,9167

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Gerentes	Mantenimiento	Producción	Promedio General
3 - Percepción del Departamento de Mantenimiento o por Mantenimiento	66	1	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿En caso de que falla o de pérdida de funcionalidad de los equipos, quien reporta el daño?	1,7500	1,7500	2,5000	2,0000
	67	2	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	Después de una intervención o reparación, ¿se anotan los detalles del trabajo realizado?	1,5000	1,7500	2,0000	1,7500
	68	3	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Hay un intercambio permanente de información de los detalles de los trabajos entre producción y mantenimiento?	1,5000	1,2500	3,0000	1,9167
	69	4	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	En la práctica, ¿la organización permite estos intercambios?	1,2500	1,2500	2,0000	1,5000
	70	5	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Dónde archiva la información y los detalles de los trabajos realizados por mantenimiento?	1,5000	1,5000	2,5000	1,8333
	71	6	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Hay preparación de las intervenciones rutinarias de mantenimiento?	1,0000	1,2500	2,5000	1,5833
	72	7	Posición de la Estructura del Mantenimiento dentro de la Compañía	¿Hay preparación de los trabajos e intervenciones especiales (no ocasionales) en las máquinas que afectan la operación?	1,5000	1,5000	2,5000	1,8333
	73	8	Posición de la Estructura del	¿Tiene una oficina técnica que sea parte de mantenimiento?	1,5000	2,0000	3,0000	2,1667

			Mantenimiento dentro de la Compañía						
	74	9	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	Para las operaciones del mantenimiento, ¿se elabora un informe de la ejecución?	1,5000	1,5000	3,0000		2,0000
	75	10	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	¿Se comprueban las horas trabajadas reales?	1,2500	2,2500	3,0000		2,1667
	76	11	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	¿Están descritas y relacionadas de forma detallada, las piezas de repuestos utilizadas y los artículos registrados?	1,5000	2,0000	3,0000		2,1667
	77	12	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	¿Recibe información el departamento de Mantenimiento en caso de que sea Operación quien repare o intervenga las máquinas?	1,2500	1,7500	3,0000		2,0000
	78	13	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	¿Se analiza y se evalúan dichos informes de ejecución de trabajos en las máquinas?	1,7500	1,7500	3,0000		2,1667
	79	14	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	¿Qué se hace con los reportes de tiempo de las intervenciones de trabajos realizados en las máquinas?	1,7500	2,0000	2,5000		2,0833
	80	15	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	¿Qué se hace con los informes de repuestos, de los consumibles o insumos usados en los trabajos de mantenimiento?	1,5000	2,0000	2,0000		1,8333
	81	16	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	¿Existe un análisis serio de los informes sobre los trabajos de mantenimiento, en términos de tiempos y recursos?	1,7500	2,2500	2,5000		2,1667
	82	17	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	¿Hay una actualización permanente de la información?	1,5000	2,2500	2,0000		1,9167
	83	18	Importancia dada a la entrada de datos y al análisis de datos	Al analizar la información de las actividades de mantenimiento, ¿piensa que hay buena retroalimentación al personal técnico?	1,0000	2,0000	2,5000		1,8333
	84	19	Mantenimiento Preventivo	¿Existe un programa de Mantenimiento Preventivo?	1,7500	1,7500	2,0000		1,8333
	85	20	Mantenimiento Preventivo	¿Comprueban permanente y sistemáticamente el estado de funcionalidad de las máquinas y de los equipos?	1,5000	2,0000	1,7500		1,7500

	86	21	Mantenimiento Preventivo	¿Existen Manuales de información técnica y detallada para estas revisiones permanentes de los diferentes equipos?	1,5000	2,0000	1,7500	1,7500
	87	22	Mantenimiento Preventivo	¿Se revisan todas las máquinas permanentemente?	2,2500	2,0000	2,2500	2,1667
	88	23	Mantenimiento Preventivo	¿Es factible reconocer las mejoras referentes a las máquinas que se revisan permanentemente?	2,2500	2,0000	2,2500	2,1667
	89	24	Mantenimiento Preventivo	¿Cómo se miden y cómo se evalúan estas mejoras?	2,2500	2,2500	2,5000	2,3333
	90	25	Mantenimiento Preventivo	¿Las actividades de mantenimiento se reportan completamente en los informes y estudios que se realizan normalmente?	1,5000	1,7500	2,2500	1,8333
	91	26	Mantenimiento Preventivo	¿Existe algún reporte o informe de los trabajos realizados de mantenimiento sobre intervenciones Preventivas o predictivas?	1,7500	2,2500	2,0000	2,0000

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Gerentes	Mantenimiento	Producción	Promedio General
4 - Conocimiento de la Disponibilidad de los equipos	92	1	Importancia dada a la Organización	¿Sabe qué máquinas son estratégicas para la Producción?	1,0000	2,0000	1,5000	1,5000
	93	2	Importancia dada a la Organización	¿Sabe por qué se consideran estratégicas??	1,0000	2,0000	2,0000	1,6667
	94	3	Importancia dada a la Organización	¿Actualiza de forma continua el expediente del historial de estas máquinas?	1,7500	2,2500	2,2500	2,0833
	95	4	Importancia dada a la Organización	¿Está la parte de mediciones y registros de la Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad en los registros históricos?	2,5000	2,7500	2,7500	2,6667
	96	5	Importancia dada a la Organización	En su área, ¿conoce qué máquinas son problemáticas?	1,5000	1,7500	1,5000	1,5833
	97	6	Importancia dada a la Organización	¿Existe un programa de Mantenimiento Preventivo para las máquinas?	2,0000	2,5000	2,7500	2,4167
	98	7	Importancia dada a la Organización	¿Tiene un sistema de gestión para las paradas grandes (overhaul) en su empresa?	1,7500	2,0000	3,0000	2,2500
	99	8	Importancia dada a la Organización	En mantenimiento preventivo y/o predictivo, hay una buena planeación en frecuencias y tiempos de estas paradas planeadas?	2,0000	2,5000	2,5000	2,3333
	100	9	Importancia dada a la Organización	¿Hay una preparación detallada de las intervenciones durante estas paradas previstas?	1,7500	2,2500	2,7500	2,2500
	101	10	Importancia dada a la Organización	¿Hay un registro histórico de todos los trabajos planeados de mantenimiento?	1,7500	1,7500	2,2500	1,9167

	102	11	Importancia dada a la Organización	¿Existe un registro histórico de las Intervenciones correctivas?	2,0000	1,5000	2,7500		2,0833
	103	12	Importancia dada a la Organización	¿Tiene un historial de todas las pérdidas de funcionalidad (disponibilidad) (externa o interna) de sus máquinas y equipos?	1,7500	2,0000	2,2500		2,0000
	104	13	Análisis de los datos y de las informaciones	¿Se registra las paradas imprevistas - Down Time en todas las máquinas y equipos al ocurrir?	1,5000	2,2500	2,5000		2,0833
	105	14	Análisis de los datos y de las informaciones	¿Registra las causas de la parada de las máquinas?	2,0000	2,5000	2,7500		2,4167
	106	15	Análisis de los datos y de las informaciones	¿Se analizan en los valores de disponibilidad de las máquinas los datos por paradas imprevistas, fallas y mantenimientos planeados?	1,7500	2,7500	2,7500		2,4167
	107	16	Análisis de los datos y de las informaciones	¿Se hacen análisis de la relación de Mantenimientos Correctivos (No Planeados) y Preventivos Predictivos (Planeados)?	1,5000	2,7500	2,5000		2,2500
	108	17	Análisis de los datos y de las informaciones	¿Hay un informe global de paradas, horas, mantenimientos, confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de equipos?	2,0000	2,5000	2,0000		2,1667
	109	18	Análisis de los datos y de las informaciones	¿Este informe es conocido para todas las máquinas Estratégicas?	2,0000	2,7500	2,5000		2,4167
	110	19	Análisis de los datos y de las informaciones	¿Tiene índices con rangos de aceptación o no para la relación Mantenimientos Preventivo & predictivo / Mantenimientos Correctivo?	2,5000	3,0000	3,0000		2,8333
	111	20	Análisis de los datos y de las informaciones	¿utiliza este Indicador Preventivo / Correctivo para mejorar el programa de mantenimiento?	1,7500	2,2500	2,5000		2,1667
	112	21	Análisis de los datos y de las informaciones	¿Mide el nivel de satisfacción de trabajos realizados de mantenimiento después de hacerlos, en el personal de Operación?	1,2500	2,2500	3,0000		2,1667
	113	22	Análisis de los datos y de las informaciones	¿A todos los trabajos de mantenimiento se les registra en el programa informático y se les hace un informe?	1,7500	3,0000	3,0000		2,5833

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Gerentes	Mantenimiento	Producción	Promedio General
5 - Conocimiento de los Costos de Mantenimiento.	114	1	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Conoce los costos de Mantenimiento en detalle?	1,2500	2,0000	2,7500	2,0000
	115	2	Datos históricos referentes a	¿Mantenimiento permanentemente registra y actualiza los costes de los	1,0000	2,0000	1,7500	1,5833

			costos de mantenimiento	diferentes trabajos que realiza en los equipos?					
	116	3	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Tiene buenos registros de datos referentes a los costos de mantenimiento?	1,2500	1,7500	1,7500		1,5833
	117	4	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Usted utiliza un formato especial para asentar datos de costos cada intervención de mantenimiento?	1,5000	1,5000	2,2500		1,7500
	118	5	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Hay un informe formal de costos de la ejecución de todos los trabajos de mantenimiento?	1,0000	1,2500	2,2500		1,5000
	119	6	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Existen planillas de registro de los tiempos de ejecución de los trabajos de mantenimiento?	1,7500	2,2500	3,0000		2,3333
	120	7	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Registra en dicho informe los repuestos, los consumibles y los insumos utilizados en cada trabajo?	1,7500	2,5000	2,5000		2,2500
	121	8	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Hay algún análisis técnico de los recursos humanos, materiales, tiempos y repuestos usados en cada trabajo de mantenimiento?	1,7500	2,7500	2,5000		2,3333
	122	9	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Se revisan periódicamente los costes de la ejecución de Mantenimientos Planeados (Preventivos o predictivos)?	1,5000	2,5000	3,0000		2,3333
	123	10	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿¿Se revisan periódicamente los costes de la ejecución de Mantenimientos No Planeados (Correctivos / Modificativos)?	1,0000	2,0000	3,0000		2,0000
	124	11	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Se realizan acciones de mejora a partir del análisis de costos de trabajos realizados en mantenimiento?	1,0000	2,0000	2,2500		1,7500
	125	12	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Se utiliza algún Indicador de la relación Costos Preventivos-Predictivos /Correctivos para cada máquina?	1,5000	2,7500	2,5000		2,2500
	126	13	Datos históricos referentes a costos de mantenimiento	¿Se utiliza el informe general de costos para hacer evaluaciones y mejoras al programa Mantenimiento Preventivo predictivo?	1,2500	2,2500	3,0000		2,1667
	127	15	Análisis del sistema actual	¿Siempre utiliza índices de costos?	1,2500	1,7500	2,5000		1,8333
	128	16	Análisis del sistema actual	¿Hay siempre un tratamiento técnico para los costos?	1,0000	2,0000	2,2500		1,7500
	129	17	Análisis del sistema actual	¿Tiene un proceso de análisis específico para los Costos Preventivos predictivos?	1,2500	2,0000	3,0000		2,0833
	130	18	Análisis del sistema actual	¿Se realiza un análisis serio de la contabilidad de costos de mantenimiento periódicamente?	1,0000	1,5000	2,5000		1,6667
	131	19	Análisis del sistema actual	¿Tiene una estructura técnica seria para llevar a cabo el análisis de la contabilidad de costos de mantenimiento?	1,2500	1,7500	2,5000		1,8333
132	20	Análisis del sistema actual	¿Utiliza el análisis permanente de su contabilidad de costos de mantenimiento para manejar sus servicios de mantenimiento?	1,2500	1,5000	3,0000		1,9167	
133	21	Análisis del sistema actual	¿Es el informe de los costes de mantenimiento	1,0000	2,0000	2,0000		1,6667	

				Preventivo/Correctivo conocido y seguido siempre?					
--	--	--	--	---	--	--	--	--	--

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Géneros	Mantenimiento	Producción	Promedio General
6 - Métodos y preparación de trabajos de Mantenimiento.	134	1	Preparación del Trabajo	¿Para los trabajos planeados, usted prepara los Recursos Humanos necesarios?	1,0000	1,2500	2,0000	1,4167
	135	2	Preparación del Trabajo	¿Para los trabajos planeados y previstos, usted prepara el equipo?	1,7500	1,7500	2,5000	2,0000
	136	3	Preparación del Trabajo	¿Para los trabajos previstos, usted prepara las herramientas necesarias, principalmente herramientas específicas?	2,0000	2,2500	2,0000	2,0833
	137	4	Preparación del Trabajo	¿Para los trabajos previstos, usted prepara la documentación técnica necesaria?	2,0000	2,2500	2,7500	2,3333
	138	5	Preparación del Trabajo	¿Para los trabajos planeados de mantenimiento, usted prepara antes el equipo necesario de medición?	2,2500	2,0000	1,7500	2,0000
	139	6	Preparación del Trabajo	¿En general, hace una valoración general previa para los trabajos planeados de mantenimiento?	1,2500	2,0000	1,2500	1,5000
	140	7	Preparación del Trabajo	¿Se respeta los tiempos, días y fechas de los trabajos planeados de mantenimiento?	1,7500	2,2500	1,7500	1,9167
	141	8	Preparación del Trabajo	¿Antes de preparar ciertos trabajos, realiza una inspección preliminar?	1,2500	2,0000	1,5000	1,5833
	142	9	Preparación del Trabajo	¿Para qué tipos de trabajos de mantenimiento, se hace un análisis previo de la situación?	1,7500	1,7500	2,0000	1,8333
	143	10	Preparación del Trabajo	¿Para qué tipos de intervención usted revisa previamente la documentación técnica?	2,0000	2,2500	2,5000	2,2500
	144	11	Preparación del Trabajo	¿Cuándo se realizan trabajos complejos de mantenimiento, preparan de forma previa a los diferentes especialistas?	1,7500	1,7500	2,0000	1,8333
	145	12	Preparación del Trabajo	¿Cuándo se planea un trabajo de mantenimiento, en qué momento se hace la planeación del mismo?	1,5000	1,7500	1,7500	1,6667
	146	13	Historia cronológica de los trabajos	¿Utiliza una metodología formal para planear y programar los trabajos previstos de mantenimiento?	1,2500	1,7500	2,5000	1,8333
	147	14	Historia cronológica de los trabajos	¿Existe un informe de ejecución formal para las actividades del mantenimiento?	1,2500	1,5000	2,5000	1,7500
	148	15	Historia cronológica de los trabajos	¿La ejecución del trabajo para el Mantenimiento Preventivo, está basado en procedimientos estándares de operación?	1,7500	2,2500	2,0000	2,0000
	149	16	Historia cronológica de los trabajos	¿Con ayuda de quienes han sido elaboradas estas formas o procedimientos?	1,7500	2,2500	2,5000	2,1667
	150	17	Historia cronológica de los trabajos	¿Hay un tratamiento técnico formal de las solicitudes, de las órdenes y del informe de horas de los trabajos de mantenimiento?	1,2500	2,2500	2,0000	1,8333

151	18	Historia cronológica de los trabajos	¿Existen trabajos de Mantenimiento sin una solicitud o una orden formal?	2,0000	2,2500	2,7500	2,3333
152	19	Historia cronológica de los trabajos	¿Hay un análisis entre lo planeado y lo gastado realmente en horas, repuestos, costos, etcétera de los trabajos planeados?	1,2500	2,5000	2,5000	2,0833
153	20	Análisis de los sistemas actuales	¿Hay estadísticas históricas sobre la naturaleza de las solicitudes de trabajos de mantenimiento exigidas?	1,2500	2,5000	2,7500	2,1667
154	21	Análisis de los sistemas actuales	¿Se revisan permanente las solicitudes de trabajos de mantenimiento?	1,0000	1,5000	2,0000	1,5000
155	22	Análisis de los sistemas actuales	¿Calcula los costos de ejecución para el Mantenimiento Preventivo?	1,7500	2,2500	2,5000	2,1667
156	23	Análisis de los sistemas actuales	¿Calcula el tiempo de ejecución para el Mantenimiento Preventivo?	1,7500	1,7500	2,5000	2,0000
157	24	Análisis de los sistemas actuales	¿Calcula los costos de ejecución para el Mantenimiento Correctivo?	1,0000	1,7500	2,5000	1,7500
158	25	Análisis de los sistemas actuales	¿Calcula los tiempos de ejecución para el Mantenimiento Correctivo?	1,2500	2,0000	1,7500	1,6667
159	26	Análisis de los sistemas actuales	¿Utiliza índices para comparar los costes de mantenimiento Preventivo y Correctivo?	1,7500	2,2500	3,0000	2,3333
160	27	Análisis de los sistemas actuales	¿Utiliza índices para comparar los tiempos de ejecución del Mantenimiento Preventivo y Correctivo?	1,7500	2,5000	3,0000	2,4167
161	28	Análisis de los sistemas actuales	¿Utiliza estos índices para mejorar el programa de Mantenimiento Preventivo?	2,0000	2,0000	2,5000	2,1667
162	29	Análisis de los sistemas actuales	¿Cómo se siguen los datos y los índices?	1,7500	2,0000	2,0000	1,9167
163	30	Trabajos de mejoras	¿Ha hecho mejoras a sus equipos o máquinas?	1,7500	1,5000	2,2500	1,8333
164	31	Trabajos de mejoras	¿Ha participado en grupos de trabajo para el análisis de mejoras sugeridas a sus equipos o máquinas?	1,5000	1,5000	2,2500	1,7500
165	32	Trabajos de mejoras	¿Hace estudios de beneficios antes de comenzar la implementación de mejoras en los equipos o máquinas?	1,2500	1,5000	3,0000	1,9167
166	33	Trabajos de mejoras	¿Utiliza los mismos procedimientos para mejorar las infraestructuras y los edificios?	1,2500	1,2500	2,0000	1,5000
167	34	Trabajos de mejoras	¿Tiene personal especializado o un departamento analice los estudios de rediseños o mejoras?	1,7500	2,0000	2,0000	1,9167
168	35	Trabajos de mejoras	¿Quién puede proponer los estudios de la mejora con respecto a las máquinas o equipos?	1,5000	1,5000	2,0000	1,6667
169	36	Trabajos de mejoras	¿Quién puede proponer los estudios de la mejora con respecto a la infraestructura?	1,5000	1,2500	2,0000	1,5833
170	37	Mantenimiento Preventivo	¿Existe un programa para Mantenimiento Preventivo?	2,0000	1,2500	2,2500	1,8333
171	38	Mantenimiento Preventivo	¿Quién elabora la planeación para la lubricación y las inspecciones preventivas y predictivas?	1,5000	1,2500	2,5000	1,7500
172	39	Mantenimiento Preventivo	¿Conoce los tipos de lubricantes y los tipos de aceites necesarios para todas sus máquinas?	2,2500	2,0000	1,7500	2,0000
173	40	Mantenimiento Preventivo	¿Quién define los procedimientos de operación para la lubricación y el engrase?	1,0000	1,0000	2,0000	1,3333
174	41	Mantenimiento Preventivo	¿Utiliza un sistema de registro y control para todas las visitas programadas de lubricación y tribología?	1,2500	1,7500	2,5000	1,8333

175	42	Mantenimiento Preventivo	¿Quiénes realizan el control y los registros de las rutas de lubricación y engrase?	1,7500	1,5000	2,0000	1,7500
176	43	Mantenimiento Preventivo	¿Se analizan los volúmenes de solicitudes de trabajos de mantenimiento, los departamentos y las personas que las hacen?	1,5000	1,5000	2,5000	1,8333
177	44	Mantenimiento Preventivo	¿Calcula la estadística de acuerdo a la proporción de costos de Mantenimiento Preventivo y de Mantenimiento Correctivo?	1,2500	2,7500	2,5000	2,1667
178	45	Mantenimiento Preventivo	¿Calcula la estadística de la proporción de horas registradas de Mantenimiento Preventivo y de Mantenimiento Correctivo?	1,5000	2,5000	3,0000	2,3333
179	46	Piezas de Repuesto	¿Define las piezas de repuesto necesarias para cada intervención planeada?	2,5000	2,0000	2,5000	2,3333
180	47	Piezas de Repuesto	¿Qué sección o que persona define estas necesidades?	1,0000	1,7500	2,5000	1,7500
181	48	Piezas de Repuesto	¿Qué papel desempeña el departamento de mantenimiento en el sistema de inventarios de repuestos?	1,7500	1,5000	2,5000	1,9167
182	49	Piezas de Repuesto	¿Analiza la información sobre las piezas de repuesto obtenidas de los informes de la intervención?	2,0000	1,7500	2,0000	1,9167
183	50	Piezas de Repuesto	¿Comprueba la conformidad y las referencias de las piezas de repuesto recibidas?	2,2500	1,7500	2,0000	2,0000
184	51	Piezas de Repuesto	¿Es usted responsable de actualizar regularmente el catálogo de piezas de repuesto?	2,5000	2,7500	3,0000	2,7500
185	52	Piezas de Repuesto	¿Usted asigna los costos de las piezas de repuesto?	2,2500	2,5000	2,5000	2,4167
186	53	Piezas de Repuesto	¿Utiliza indicadores para revisar, controlar y administrar los costos de los repuestos?	3,0000	2,0000	2,7500	2,5833
187	54	Piezas de Repuesto	¿Participa en la elaboración de criterios para la adquisición y reabastecimiento de los repuestos e insumos de mantenimiento?	1,7500	1,2500	2,2500	1,7500
188	55	Piezas de Repuesto	¿Participa en las decisiones referentes la subcontratación de ciertas tareas del mantenimiento?	1,5000	1,2500	2,5000	1,7500
189	56	Documentación Técnica	¿Utiliza la documentación técnica durante la preparación de los trabajos de mantenimiento?	1,2500	2,2500	3,0000	2,1667
190	57	Documentación Técnica	¿Es fácil el acceso a la documentación técnica?	1,2500	2,5000	3,0000	2,2500
191	58	Documentación Técnica	Si usted necesita la documentación, ¿dónde puede usted encontrarla?	1,2500	2,0000	3,0000	2,0833
192	59	Documentación Técnica	Cuándo consulta un documento, ¿está seguro de su confiabilidad?	1,0000	2,0000	3,0000	2,0000
193	60	Documentación Técnica	¿Encuentra fácilmente los temas referentes a su trabajo?	1,0000	2,0000	3,0000	2,0000
194	61	Documentación Técnica	¿Está satisfecho con el sistema de codificación y actualización de la documentación técnica?	1,5000	2,5000	3,0000	2,3333
195	62	Documentación Técnica	¿El sistema permite que encuentre la información eficientemente?	1,7500	2,7500	2,5000	2,3333
196	63	Documentación Técnica	¿Existe un sistema informático para los archivos de la máquina, los archivos de los estándares y otros archivos técnicos?	2,0000	2,5000	3,0000	2,5000
197	64	Documentación Técnica	¿Estos documentos se consultan con frecuencia?	1,7500	1,7500	3,0000	2,1667
198	65	Documentación Técnica	¿Estos archivos son actualizados regularmente?	1,7500	2,0000	2,5000	2,0833

	199	66	Documentación Técnica	¿Las modificaciones en el equipo se basan siempre en la Documentación Técnica?	1,7500	2,0000	3,0000	2,2500
--	-----	----	-----------------------	--	--------	--------	--------	--------

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Géneros	Mantenimiento	Producción	Promedio General
7 - Planeación de actividades y trabajos de mantenimiento.	200	1	Programación del Trabajo	¿Utiliza una forma específica para exigir una intervención a otro servicio?	1,2500	1,7500	1,7500	1,5833
	201	2	Programación del Trabajo	¿Utiliza una forma similar para las intervenciones no programadas (reparaciones)?	1,5000	2,2500	2,2500	2,0000
	202	3	Programación del Trabajo	¿Existe un circuito administrativo bien definido para estas formas?	1,0000	1,5000	2,2500	1,5833
	203	4	Programación del Trabajo	¿Estas formas se registran en cada paso del circuito?	1,2500	1,7500	2,5000	1,8333
	204	5	Programación del Trabajo	¿Hay un informe de ejecución sobre el mismo documento?	1,5000	2,2500	2,0000	1,9167
	205	6	Programación del Trabajo	En caso de intervención prevista, ¿quién lleva a cabo la preparación del trabajo?	1,2500	2,0000	2,5000	1,9167
	206	7	Programación del Trabajo	¿En caso de parada necesaria de las máquinas estratégicas, lo obtuvo fácilmente desde producción?	1,7500	2,2500	2,5000	2,1667
	207	8	Programación del Trabajo	¿Hace generalmente una estimación del tiempo necesario para las intervenciones planeadas?	1,5000	1,5000	2,5000	1,8333
	208	9	Programación del Trabajo	¿Se respetan los horarios de tiempo?	1,5000	2,2500	2,2500	2,0000
	209	10	Programación del Trabajo	¿Conoce la proporción de las intervenciones imprevistas en relación a las intervenciones previstas?	1,7500	2,2500	2,5000	2,1667
	210	11	Programación del Trabajo	¿Para cual equipo tiene manuales de reparaciones de mantenimiento?	1,5000	2,2500	2,2500	2,0000
	211	12	Programación del Trabajo	¿Hay una clasificación central para todos los manuales?	1,5000	2,2500	3,0000	2,2500
	212	13	Programación del Trabajo	¿Estos manuales se traducen a español para sus técnicos?	1,5000	2,7500	3,0000	2,4167
	213	14	Programación de Trabajo y ejecución	¿Tiene un sistema para definir prioridades de intervenciones previstos?	1,0000	1,2500	2,5000	1,5833
	214	15	Programación de Trabajo y ejecución	Si no, ¿Cómo decide las prioridades de las intervenciones previstas?	1,5000	2,0000	2,5000	2,0000
	215	16	Programación de Trabajo y ejecución	¿Sobre cuál base usted acepta el trabajo suplementario?	1,7500	2,0000	2,5000	2,0833
	216	17	Programación de Trabajo y ejecución	¿Calcula regularmente su carga de trabajo?	1,2500	1,7500	2,2500	1,7500
	217	18	Programación de Trabajo y ejecución	¿Cómo calcula su carga de trabajo?	1,5000	2,2500	2,5000	2,0833
	218	19	Programación de Trabajo y ejecución	¿Actualiza regularmente este cálculo?	1,2500	2,2500	3,0000	2,1667
	219	20	Programación de Trabajo y ejecución	¿Cómo asigna el tiempo y el número del personal requerido?	1,2500	2,2500	2,7500	2,0833
	220	21	Programación de Trabajo y ejecución	¿Cómo define las herramientas necesarias?	1,5000	2,0000	2,5000	2,0000
	221	22	Programación de Trabajo y ejecución	¿Cómo califica Usted el manejo que se le da a las herramientas y	1,5000	1,5000	2,0000	1,6667

				accesorios de mantenimiento en la empresa?				
	222	23	Programación de Trabajo y ejecución	¿Cómo es el proceso adicional de cambiar o reemplazar una pieza por un repuesto nuevo?	1,5000	1,7500	2,5000	1,9167

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Géneros	Mantenimiento	Producción	Promedio General
8 - Manejo de inventarios.	223	1	Catálogo de Repuestos - Maestro	¿Para cuántas de sus máquinas tiene usted un catálogo de repuestos?	2,0000	2,5000	2,5000	2,3333
	224	2	Catálogo de Repuestos - Maestro	¿Tiene usted muchas copias de cada catálogo?	1,5000	2,5000	2,0000	2,0000
	225	3	Catálogo de Repuestos - Maestro	¿Cuál es la razón de la no existencia de catálogos o del Maestro?	1,5000	2,7500	2,7500	2,3333
	226	4	Catálogo de Repuestos - Maestro	¿Tiene usted la clasificación centralizada para catálogos?	1,5000	3,0000	2,7500	2,4167
	227	5	Catálogo de Repuestos - Maestro	¿Para ciertos artículos generales, (artículos estándar) usa usted sólo la referencia de proveedor?	2,0000	2,0000	1,7500	1,9167
	228	6	Catálogo de Repuestos - Maestro	¿Son puestos al día los catálogos de repuestos con regularidad?	1,7500	2,5000	2,7500	2,3333
	229	7	Catálogo de Repuestos - Maestro	¿Son la mayor parte de sus catálogos en su propia lengua?	1,7500	3,0000	2,7500	2,5000
	230	8	Registro de retiro y destinación de los repuestos	¿Es registrado cada repuesto saliente?	1,5000	2,0000	2,2500	1,9167
	231	9	Registro de retiro y destinación de los repuestos	¿A través de qué documento o proceso se reciben las solicitudes de repuestos o piezas de recambio?	1,0000	1,5000	1,7500	1,4167
	232	10	Registro de retiro y destinación de los repuestos	¿Controla usted la conformidad, la calidad y las referencias de los repuestos recibidos?	1,2500	2,0000	2,5000	1,9167
	233	11	Registro de retiro y destinación de los repuestos	¿Hay un control de la destinación final de repuestos costosos?	1,0000	1,5000	1,7500	1,4167
	234	12	Registro de retiro y destinación de los repuestos	¿Si usted nota una anomalía (procesos sospechosos) en el manejo de repuestos, qué hace Usted?	1,0000	1,2500	2,2500	1,5000
	235	13	Registro de retiro y destinación de los repuestos	¿Tiene usted un sistema eficaz para asignar materiales, repuestos e insumos a las órdenes de trabajo?	1,5000	2,0000	2,2500	1,9167
	236	14	Registro de retiro y destinación de los repuestos	¿Se le hace un buen seguimiento a este sistema de asignación y uso de repuestos?	1,5000	1,7500	1,7500	1,6667
	237	15	Registro de retiro y destinación de los repuestos	¿Hay un control final acerca de los pasos del proceso del uso de repuestos?	1,2500	2,2500	2,2500	1,9167
	238	16	Registro de retiro y destinación de los repuestos	¿Se hace un análisis permanente de la cantidad de los repuestos solicitados y los usados realmente?	1,2500	1,7500	2,2500	1,7500
	239	17	Registro de retiro y destinación de los repuestos	¿Analizan permanentemente los valores de los repuestos que se compran y/o se usan?	1,5000	1,2500	2,0000	1,5833
	240	18	Listas de repuestos	¿Usa usted un sistema de control al inventario sobre la disponibilidad de repuestos?	1,0000	2,2500	2,0000	1,7500
	241	19	Listas de repuestos	¿Con que frecuencia pone al día la empresa el estado del inventario (cantidades disponibles) de repuestos?	2,5000	2,5000	2,7500	2,5833

242	20	Listas de repuestos	¿Verifica usted la disponibilidad sólo basada en el listado o también controlando físicamente en almacén?	1,0000	1,7500	2,0000	1,5833
243	21	Listas de repuestos	¿Con frecuencia nota usted diferencias entre las cantidades catalogadas y las cantidades físicas?	1,5000	1,2500	1,7500	1,5000
244	22	Listas de repuestos	¿Con que frecuencia se hacen inventarios físicos reales en los almacenes de repuestos?	1,7500	1,7500	2,0000	1,8333
245	23	Listas de repuestos	¿Qué porcentaje de artículos de reserva para emergencias (stock)?	2,0000	1,5000	2,0000	1,8333
246	24	Listas de repuestos	¿Usa Usted frecuentemente el maestro y los catálogos de repuestos?	1,7500	2,0000	2,2500	2,0000
247	25	Listas de repuestos	¿En la catalogación de repuestos usan ustedes sistemas internacionales de homologación e identificación de repuestos?	2,0000	2,0000	2,7500	2,2500
248	26	Listas de repuestos	¿Usa usted la referencia de proveedor?	1,5000	1,5000	2,2500	1,7500
249	27	Listas de repuestos	¿Usted usa el código de ubicación física?	1,5000	2,7500	2,7500	2,3333
250	28	Listas de repuestos	¿Usted usa una cantidad de reserva en los diferentes repuestos?	1,7500	2,0000	2,2500	2,0000
251	29	Listas de repuestos	¿Usted usa registro y fechas?	1,5000	2,0000	1,7500	1,7500
252	30	Listas de repuestos	¿Usted usa cuestionarios y fechas?	1,7500	2,7500	2,5000	2,3333
253	31	Listas de repuestos	¿Usa usted la reserva máxima? MÁXIMOS	2,0000	2,2500	2,2500	2,1667
254	32	Listas de repuestos	¿Usa usted la reserva mínima? MÍNIMOS	1,7500	2,2500	2,2500	2,0833
255	33	Listas de repuestos	¿Usa Usted la cantidad ordenada EOQ Pedido Óptimo o definida por un software o algún funcionario pertinente?	2,0000	3,0000	2,5000	2,5000
256	34	Listas de repuestos	¿Usan en su empresa solicitudes u órdenes de pedido para retiro de repuestos de almacén?	1,0000	1,0000	1,5000	1,1667
257	35	Listas de repuestos	¿En el manejo de inventarios es importante para su empresa los precios de los repuestos por parte de sus proveedores?	1,2500	1,0000	1,5000	1,2500
258	36	Dirección de repuestos	¿Se controla de que siempre existan los MÍNIMOS definidos en los repuestos?	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
259	37	Dirección de repuestos	¿Se hace seguimiento a los procesos de compras de repuestos en inventarios en su empresa?	1,0000	1,5000	2,0000	1,5000
260	38	Dirección de repuestos	¿Se controla de que siempre NO exista más stock que el MÁXIMO definido en los niveles de repuestos?	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
261	39	Dirección de repuestos	¿Es automatizado el control de máximos y mínimos en inventarios en su compañía?	1,7500	2,2500	2,0000	2,0000
262	40	Dirección de repuestos	¿Existe planeación de la demanda por métodos serios de pronósticos re repuestos?	1,2500	2,5000	2,5000	2,0833
263	41	Dirección de repuestos	¿Practica su empresa la metodología de Inventarios Push MTS Pull MTO Frozen MTF?	1,5000	2,5000	2,5000	2,1667
264	42	Dirección de repuestos	¿Tiene usted una o varios almacenes o bodegas para abastecer sus repuestos?	2,0000	2,0000	1,5000	1,8333
265	43	Dirección de repuestos	¿Existen un Grupo Primario de Personas que definen políticas de inventarios y reabastecimientos de repuestos?	1,2500	2,2500	1,5000	1,6667
266	44	Dirección de repuestos	¿Están codificada la ubicación de las partes incluidas en su sistema de dirección?	1,5000	2,2500	1,5000	1,7500

	267	45	Dirección de repuestos	¿Sabe (conoce) Usted cuáles repuestos que tienen un alto volumen de uso y rotación?	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000
	268	46	Dirección de repuestos	¿Usan en su empresa sistemas de código de barras computarizado para la administración de repuestos en almacenes?	1,5000	3,0000	2,5000	2,3333
	269	47	Dirección de repuestos	¿Hay procesos de control para que no existen agotados, excesos y obsoletos en los repuestos de inventarios?	1,2500	2,5000	2,2500	2,0000
	270	48	Compras y Suministro de reserva	¿Nota usted tardanzas importantes del suministro de ciertos repuestos?	1,7500	2,2500	2,2500	2,0833
	271	49	Compras y Suministro de reserva	¿Analizan las causas de las tardanzas?	1,7500	1,5000	1,5000	1,5833
	272	50	Compras y Suministro de reserva	¿Hay un buen procedimiento en los procesos de compras de repuestos y reabastecimiento periódico de almacén?	1,0000	2,0000	1,5000	1,5000
	273	51	Compras y Suministro de reserva	¿Qué papel juega la Oficina Técnica de Mantenimiento en el sistema de nuevo pedidos de repuestos?	1,5000	1,5000	2,5000	1,8333
	274	52	Compras y Suministro de reserva	¿Recibe usted solicitudes de compra de repuestos de varios departamentos de la Empresa?	1,2500	1,5000	1,7500	1,5000
	275	53	Compras y Suministro de reserva	¿Se hace seguimiento eficaz a los pedidos y compras de repuestos críticos e importantes?	1,0000	2,0000	2,2500	1,7500
	276	54	Compras y Suministro de reserva	¿Se revisa con análisis estadístico las referencias de repuestos que no tienen rotación, se hacen ajustes para evitarlo a futuro?	1,2500	2,7500	2,2500	2,0833
	277	55	Compras y Suministro de reserva	¿Para cubrir sus necesidades para el año y principalmente cubrir el imprevisto, se siente usted obligado a pedir más de lo necesario en ciertos repuestos?	2,2500	2,2500	2,7500	2,4167
	278	56	Compras y Suministro de reserva	¿Si ésta es la situación, cómo evita Usted que no hayan agotados en repuestos en su empresa?	2,0000	2,5000	2,7500	2,4167

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Gerentes	Mantenimiento	Producción	Promedio General
9 - Qué es lo que cada quién hace..... en mantenimiento ?	279	1	Mantenimiento	¿Quiénes hacen la preparación de las actividades planeadas de mantenimiento?	1,2500	1,7500	2,0000	1,6667
	280	2	Mantenimiento	¿Quién planea, programa y genera la logística de las tareas predictivas, preventivas o planeadas de mantenimiento?	1,5000	2,0000	2,2500	1,9167
	281	3	Mantenimiento	¿Quién define los repuestos, consumibles y accesorios a usar en las intervenciones planeadas de mantenimiento?	1,7500	2,2500	2,2500	2,0833
	282	4	Mantenimiento	¿Quién está a cargo y es responsable de la documentación técnica y de su actualización?	1,5000	1,5000	2,7500	1,9167

	283	5	Mantenimiento	¿Quién es el responsable de la codificación de información en el software y/o ERP, de los contenidos técnicos de los trabajos?	2,2500	2,7500	3,0000	2,6667
	284	6	Mantenimiento	¿Quién actualiza la información técnica?	1,0000	1,7500	2,0000	1,5833
	285	7	Mantenimiento	¿Quiénes controlan las mediciones de variables en los equipos, que inciden en mantenimiento?	1,5000	2,0000	2,0000	1,8333
	286	8	Mantenimiento	¿Quiénes revisan los equipos y analizan su caso, antes y de forma previa a las intervenciones de mantenimiento?	1,0000	2,2500	2,5000	1,9167
	287	9	Mantenimiento	¿Quién decide los tiempos que se asignan al personal de mantenimiento, para hacer las intervenciones y tareas en equipos?	1,2500	1,7500	2,5000	1,8333
	288	10	Mantenimiento	¿Quién define las prioridades de los trabajos de mantenimiento?	1,0000	1,2500	1,5000	1,2500
	289	11	Mantenimiento	¿Quién procesa y analiza la información y datos derivados de los trabajos de mantenimiento?	1,0000	1,5000	2,2500	1,5833
	290	12	Mantenimiento	¿Quiénes reciben los análisis de los datos y resultados de los trabajos realizados en mantenimiento?	1,7500	1,5000	1,7500	1,6667
	291	13	Mantenimiento	¿Quién lleva a cabo análisis estadísticos, de los tiempos, repuestos, recursos que se derivan de los diferentes trabajos?	1,7500	1,7500	2,2500	1,9167
	292	14	Mantenimiento	¿Quiénes estiman las cargas laborales de personas en mantenimiento?	1,2500	1,5000	1,7500	1,5000
	293	15	Mantenimiento	¿Quiénes hacen un análisis global y específico de los costos de mantenimiento?	1,5000	2,0000	2,2500	1,9167
	294	16	Mantenimiento	¿Quiénes analizan los costos de los mantenimientos planeados: predictivos y/o preventivos?	1,5000	2,0000	2,2500	1,9167
	295	17	Mantenimiento	¿Quiénes pronostican o estiman las cantidades de repuestos, sus frecuencias y cantidades de reabastecimiento?	1,7500	2,5000	3,0000	2,4167
	296	18	Mantenimiento	¿Quiénes autorizan y lanzan las órdenes de compra de repuestos?	1,5000	2,2500	2,2500	2,0000
	297	19	Mantenimiento	¿Quién revisa la conformidad en calidad y criterios técnicos de los repuestos que se compran?	1,5000	1,7500	2,2500	1,8333
	298	20	Mantenimiento	¿Quién chequea los niveles de invenTAríos?	1,5000	1,7500	2,2500	1,8333
	299	21	Mantenimiento	¿Quiénes establecen los parámetros financieros y técnicos de las compras de repuestos y proveedores?	1,5000	2,0000	2,2500	1,9167

	300	22	Seguridad	¿Quién está a cargo de la aprobación de los trabajos de ingeniería y mantenimiento?	1,7500	1,5000	2,2500		1,8333
	301	23	Seguridad	¿Quién es el responsable de la seguridad de las personas, equipos e instalaciones?	1,0000	1,5000	1,7500		1,4167
	302	24	Seguridad	¿Quién está a cargo de la seguridad en el departamento de mantenimiento?	1,5000	2,0000	2,2500		1,9167
	303	25	Seguridad	¿Quién analiza estadísticamente los riesgos y accidentes laborales de mantenimiento?	1,0000	1,2500	1,7500		1,3333
	304	26	Seguridad	¿Quién analiza los reportes de los accidentes?	1,2500	1,2500	1,7500		1,4167
	305	27	Seguridad	¿Quién se encarga de valorar y predecir riesgos, definir las precauciones y evitar riesgos?	1,0000	1,5000	1,7500		1,4167
	306	28	Seguridad	¿Quién se encarga de proteger los equipos y evitar accidentes con ellos?	1,2500	1,5000	1,7500		1,5000
	307	29	Seguridad	¿Quién es el responsable en capacitar al personal en accidentes, riesgos y precauciones laborales?	1,2500	1,2500	1,7500		1,4167

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Géneros	Mantenimiento	Producción	Promedio General
10 - Recursos Humanos de Mantenimiento.	308	1	Indicadores y proporciones de Mano de Obra	¿Usan Indicadores para la administración del recurso humano?	1,5000	2,5000	3,0000	2,3333
	309	2	Indicadores y proporciones de Mano de Obra	¿Usa Usted índices o criterios técnicos para decidir si aumentar o disminuir la mano de obra?	1,7500	2,7500	2,5000	2,3333
	310	3	Indicadores y proporciones de Mano de Obra	¿Evalúan en su empresa la productividad laboral del personal de mantenimiento?	1,2500	2,0000	2,0000	1,7500
	311	4	Indicadores y proporciones de Mano de Obra	¿Entre el personal de mantenimiento especializado, es conocido por ellos su desempeño, productividad y resultados?	1,5000	1,7500	2,0000	1,7500
	312	5	Indicadores y proporciones de Mano de Obra	¿Entre el personal de mantenimiento no especializado, es conocido por ellos su desempeño, productividad y resultados?	1,2500	2,0000	2,0000	1,7500
	313	6	Indicadores y proporciones de Mano de Obra	¿Conoce usted el número del personal de mantenimiento?	1,0000	1,0000	2,0000	1,3333
	314	7	Indicadores y proporciones de Mano de Obra	¿Conoce usted el número de personal de ejecución en el mantenimiento?	1,2500	1,2500	1,5000	1,3333
	315	8	Indicadores y proporciones de Mano de Obra	¿La proporción de personal de ejecución frente a cantidad de personal especializado le permite trabajar de manera eficiente?	1,2500	1,5000	2,2500	1,6667
	316	9	Indicadores y proporciones de Mano de Obra	¿Le parece útil tener indicadores de control entre el personal de producción / personal de mantenimiento?	1,5000	1,7500	1,7500	1,6667

	317	10	Indicadores y proporciones de Mano de Obra	¿Considera usted que es útil seguir la proporción entre el personal de mantenimiento / mano de obra total?	1,0000	1,0000	1,7500		1,2500
	318	11	Mano de obra de Mantenimiento	¿Conoce usted la mano de obra de Mantenimiento?	1,0000	1,2500	1,5000		1,2500
	319	12	Mano de obra de Mantenimiento	¿Conoce usted el número del personal de dirección de Mantenimiento?	1,0000	1,0000	1,7500		1,2500
	320	13	Mano de obra de Mantenimiento	¿Hay diferencias relevantes entre el personal real y el personal descrito en el organigrama de mantenimiento?	1,2500	1,5000	1,2500		1,3333
	321	14	Mano de obra de Mantenimiento	¿Conoce usted el número de personas dedicadas a la ejecución de trabajos de mantenimiento?	1,0000	1,0000	1,7500		1,2500
	322	15	Mano de obra de Mantenimiento	¿Hay diferencias significativas entre el número de trabajadores de ejecución real y el planeado en el organigrama?	1,2500	1,2500	2,2500		1,5833
	323	16	Mano de obra de Mantenimiento	¿Tiene usted la posibilidad de aumentar o disminuir su personal?	1,2500	2,5000	3,0000		2,2500
	324	17	Mano de obra de Mantenimiento	¿Hay escasez de trabajo calificado en Mantenimiento en la región geográfica de su empresa?	1,0000	1,2500	2,0000		1,4167
	325	18	Mano de obra de Mantenimiento	¿Se queja usted de procedimientos lentos administrativos en el reclutamiento de nuevo personal?	1,7500	2,2500	3,0000		2,3333
	326	19	Mano de obra de Mantenimiento	¿La mano de obra física de mantenimiento le permite finalizar completamente la cantidad de trabajo y en la programación de tiempo prevista?	1,2500	1,7500	2,5000		1,8333
	327	20	Proporción programada de trabajo / mano de obra mantenimiento	¿Planifica Usted trabajos preventivos predictivos de mantenimiento?	2,2500	1,7500	2,2500		2,0833
	328	21	Proporción programada de trabajo / mano de obra mantenimiento	¿Tiene usted una programación acerca de la carga de trabajo del personal de ejecución?	1,7500	2,2500	2,0000		2,0000
	329	22	Proporción programada de trabajo / mano de obra mantenimiento	¿El equipo preventivo es permanente?	2,5000	2,2500	2,2500		2,3333
	330	23	Proporción programada de trabajo / mano de obra mantenimiento	¿En qué momento se prepara la asignación de recursos humanos en caso de tareas de Mantenimiento?	1,2500	1,5000	1,5000		1,4167
	331	24	Motivación y productividad del personal	¿Estima usted el tiempo necesario para un trabajo planeado de mantenimiento?	1,5000	1,7500	2,2500		1,8333
	332	25	Motivación y productividad del personal	¿Es respetado el tiempo de la tarea de mantenimiento?	1,7500	1,7500	2,0000		1,8333
	333	26	Motivación y productividad del personal	¿Controla usted la proporción de ausentismo del personal de Mantenimiento?	1,7500	1,2500	1,5000		1,5000
	334	27	Motivación y productividad del personal	¿Qué piensa usted en la proporción de ausentismo?	1,0000	1,0000	2,0000		1,3333
	335	28	Motivación y productividad del personal	¿Cuándo usted y analiza las causas de ausencia de motivación, concluye usted que esto es debido a un entrenamiento inadecuado?	2,0000	1,2500	2,2500		1,8333
	336	29	Motivación y productividad del personal	¿Cuándo usted analiza las causas de falta de motivación, concluye usted que esto es debido a la falta de una indumentaria adecuada?	1,5000	1,5000	2,0000		1,6667
	337	30	Motivación y productividad del personal	¿Cuándo usted analiza las causas de ausencia de motivación, concluye	1,7500	2,5000	3,0000		2,4167

				usted que esto es debido a la documentación técnica inadecuada?					
338	31	Motivación y productividad del personal	¿Cuándo usted analiza las causas de ausencia de motivación, concluye usted que esto es debido a la falta de planos e información técnica actualizada?	1,5000	2,0000	2,2500		1,9167	
339	32	Motivación y productividad del personal	¿Cuándo usted analiza las causas de falta de motivación, concluye usted que esto es debido a problemas creados por la falta de preparación de trabajos?	2,0000	2,0000	2,5000		2,1667	
340	33	Motivación y productividad del personal	¿La persona responsable de planeación de los trabajos de mantenimiento tiene la información necesaria para hacer un trabajo eficaz?	1,0000	1,5000	2,0000		1,5000	
341	34	Motivación y productividad del personal	¿Hay un problema de sincronización y de información entre las personas encargadas de realizar los trabajos de mantenimiento?	1,7500	2,0000	2,0000		1,9167	

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Gérentes	Mantenimiento	Producción	Promedio General
11 - Recursos Materiales de Mantenimiento.	342	1	Documentación Técnica	¿Tiene usted un inventario detallado y puesto al día de su equipo?	1,7500	2,2500	1,5000	1,8333
	343	2	Documentación Técnica	¿Tiene usted planos y dibujos para su equipo?	1,5000	1,7500	1,7500	1,6667
	344	3	Documentación Técnica	¿Para cuántos de sus equipos tiene usted el plan de mantenimiento y manuales para reparar?	1,5000	2,0000	2,0000	1,8333
	345	4	Documentación Técnica	¿Para cuales intervenciones usa usted la documentación técnica?	1,7500	1,7500	2,5000	2,0000
	346	5	Documentación Técnica	¿Dónde consulta usted dibujos, diagramas y manuales?	1,2500	2,0000	2,0000	1,7500
	347	6	Documentación Técnica	¿Existe un sistema de documentación para archivos de máquina, archivos estándar y otros archivos técnicos?	1,5000	1,7500	1,7500	1,6667
	348	7	Documentación Técnica	¿Posee usted varias copias idénticas de la documentación?	1,7500	1,7500	2,0000	1,8333
	349	8	Documentación Técnica	¿Son traducidos los manuales a un lenguaje entendible por sus técnicos?	1,7500	2,7500	2,0000	2,1667
	350	9	Documentación Técnica	¿Quién puede pedir la renovación de documentación técnica?	1,2500	1,0000	1,7500	1,3333
	351	10	Documentación Técnica	¿Quién puede pedir la nueva documentación técnica?	1,2500	1,0000	1,7500	1,3333
	352	11	Instrumentos y Equipos	¿Tiene cada trabajador sus propios instrumentos?	1,0000	1,0000	1,5000	1,1667
	353	12	Instrumentos y Equipos	¿Existen instrumentos generales para el uso común?	1,0000	1,0000	1,5000	1,1667
	354	13	Instrumentos y Equipos	¿Estos instrumentos generales son suficientes para sus intervenciones?	1,0000	1,2500	1,5000	1,2500
	355	14	Instrumentos y Equipos	¿Son almacenados estos instrumentos generales en un lugar específico?	1,2500	1,7500	1,5000	1,5000
	356	15	Instrumentos y Equipos	¿También tiene usted instrumentos especiales especificados por los fabricantes de equipo?	2,2500	2,2500	2,0000	2,1667
	357	16	Instrumentos y Equipos	¿Los instrumentos especiales son suficientes para todas sus intervenciones?	1,5000	2,0000	2,0000	1,8333
	358	17	Instrumentos y Equipos	¿Son renovados los instrumentos especiales con regularidad?	2,0000	2,2500	2,5000	2,2500

	359	18	Instrumentos y Equipos	¿Con regularidad hace usted un inventario de instrumentos generales y especiales?	2,2500	2,2500	1,7500		2,0833
	360	19	Instrumentos y Equipos	¿Subcontrata usted debido a una carencia de recursos humanos o instrumentos?	2,0000	2,0000	2,2500		2,0833
	361	20	Instrumentos y Equipos	¿Quién puede pedir la compra de aparatos nuevos para renovar instrumentos existentes viejos o desactualizados?	1,0000	1,0000	1,7500		1,2500
	362	21	Instrumentos y Equipos	¿Quién puede pedir la compra de instrumentos nuevos o especiales?	1,0000	1,0000	1,2500		1,0833
	363	22	Infraestructura	¿Hay en el espacio físico de su empresa sitios especiales destinados solo para hacer reparaciones?	1,5000	2,5000	2,2500		2,0833
	364	23	Infraestructura	¿Dichas ubicaciones son convenientes para usted?	1,0000	2,0000	1,7500		1,5833
	365	24	Infraestructura	¿Tiene usted una ubicación o talleres para la producción de partes o repuestos para reparaciones de emergencia?	1,2500	2,5000	2,0000		1,9167
	366	25	Infraestructura	¿Tiene usted un lugar designado para almacenar sus instrumentos?	1,2500	1,5000	1,0000		1,2500
	367	26	Infraestructura	¿Tiene usted una ubicación especial para la oficina técnica?	1,7500	2,5000	1,5000		1,9167
	368	27	Infraestructura	¿Tiene usted un espacio físico especial para ensamblar piezas, subconjuntos, repuestos o partes de máquinas; que se usan en mantenimientos posteriores?	1,7500	2,5000	1,7500		2,0000

Área de Medición - Tópico de Mantenimiento	Ordinal	Número de Tópico	Categoría de las variables	Variable a medir	Géneros	Mantenimiento	Producción	Promedio General
12 - Entrenamiento - Capacitación - Seminarios	369	1	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Tiene usted un presupuesto específico para entrenar el personal de mantenimiento?	1,7500	2,0000	2,5000	2,0833
	370	2	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Sabe usted si el presupuesto que se asigna al entrenamiento para mantenimiento siempre es utilizado?	1,7500	1,7500	2,2500	1,9167
	371	3	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Estima usted que su presupuesto cubre las necesidades de entrenamiento?	2,0000	2,0000	2,7500	2,2500
	372	4	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Recibe el personal recién vinculado un entrenamiento básico de su empresa?	1,2500	1,0000	2,0000	1,4167
	373	5	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Más tarde siguen ellos entrenamientos adicionales especiales y profundos para su crecimiento y mejoramiento de su productividad?	1,5000	1,2500	2,5000	1,7500
	374	6	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Con que frecuencia es enviado el personal a un entrenamiento?	1,2500	1,5000	2,5000	1,7500
	375	7	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Si usted ha estado en el entrenamiento, está de acuerdo con esto en su trabajo?	1,0000	1,2500	2,7500	1,6667
	376	8	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Si su personal ha sido entrenado, corresponde esto a la ocupación y al puesto de trabajo que desempeña?	1,0000	1,5000	2,7500	1,7500
	377	9	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿En su empresa se usa el conocimiento adquirido en el entrenamiento y capacitación para mejorar sus condiciones de trabajo?	1,2500	1,2500	2,5000	1,6667

	378	10	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Como una persona responsable, con regularidad participa usted en cursos de capacitación por iniciativa propia?	1,0000	1,5000	2,2500		1,5833
	379	11	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Quién decide cual personal debe ser enviado a entrenamiento?	1,7500	2,0000	2,2500		2,0000
	380	12	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Antes ser enviado a entrenamiento, hay allí una discusión previa sobre las necesidades de capacitación de su departamento?	1,2500	2,0000	2,2500		1,8333
	381	13	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Se hacen presentación al resto del personal, el conocimiento recién adquirido por los que asisten a entrenamientos o a cursos?	1,7500	2,2500	2,7500		2,2500
	382	14	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Son organizados los cursos de capacitación por la empresa?	1,5000	1,5000	2,5000		1,8333
	383	15	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Son organizados cursos específicos de capacitación en la empresa o en otra parte?	1,5000	1,5000	2,5000		1,8333
	384	16	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Cuántas semanas de entrenamiento ha recibido usted durante los doce meses pasados?	1,2500	1,7500	2,5000		1,8333
	385	17	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Fueron tenidas en cuenta sus ideas y observaciones durante este entrenamiento?	1,0000	1,5000	2,7500		1,7500
	386	18	Importancia del entrenamiento y la capacitación	¿Tienen ustedes un método para medir la eficacia de los entrenamientos y seminarios?	1,0000	2,0000	2,5000		1,8333

Anexo 2. Cronograma de implementación de mejoras.**Horizonte total:** 0–36 meses (3 años)

Acciones organizadas por fase, prioridad, duración y periodo de ejecución.

Código	Actividad / Mejora	Responsable	Duración estimada	0–6 meses	6–12 meses	1–2 años	2–3 años
A1	Implementación del registro básico de mantenimiento	Profesional de mantenimiento	2 meses	■■■■■■			
A2	Canal único de solicitudes (PQRSD / formulario)	Dirección de Sede	1 mes	■■■			
A3	Inspecciones básicas de infraestructura	Equipo técnico	3 meses	■■■■■■			
A4	Formulación del Plan Anual de Mantenimiento inicial	Profesional de mantenimiento	2 meses	■■■■■■			
A5	Capacitación inicial en normas (RETIE, RETILAP, NSR-10)	DIU / SST	3 meses	■■■■■■			
A6	Creación del inventario de repuestos críticos	Área de compras / Mantenimiento	2 meses	■■■■■■			
B1	Implementación del CMMS / GMAO	DIU – Sistemas	6 meses		■■■■■■■■		
B2	Implementación de KPIs técnicos (MTTR, MTBF, LCC)	Profesional de mantenimiento	4 meses		■■■■■■		
B3	Programa de inspecciones periódicas	Equipo técnico	12 meses		■■■■■■■■■■■■	■■■■■■	
B4	Definición de roles y responsabilidades	Dirección de Sede	4 meses		■■■■■■		
B5	Alineación con el modelo DIU	Dirección de Sede – DIU	6 meses		■■■■■■■■	■■	
B6	Consolidación del PAM	Profesional de mantenimiento	12 meses continuos		■■■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■■■	
C1	Modelo preventivo–predictivo	Mantenimiento + proveedores externos	18 meses			■■■■■■■■■■■■■■■■■■	■■■
C2	Tablero de control (Dashboard) institucional	DIU – Sistemas	12 meses			■■■■■■■■■■	
C3	Programa permanente de formación técnica	DIU + SST	Continuo		■■■■■■	■■■■■■■■■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■■■■■■■■■
C4	Contratos marco de servicios especializados	Compras + Sede + DIU	18 meses			■■■■■■■■■■■■■■■■■■	■■■

Código	Actividad / Mejora	Responsable	Duración estimada	0–6 meses	6–12 meses	1–2 años	2–3 años
C5	Integración a ISO 55001:2024 (madurez y ciclo de vida)	Dirección de Sede – DIU	24 meses				
C6	Fondo multianual de mantenimiento	Planeación – Sede	12 meses				

Anexo 3. Capturas del Dashboard de Monitoreo.

El presente anexo reúne las capturas del Dashboard de Monitoreo del Sistema de Gestión del Mantenimiento Institucional, elaborado con base en los indicadores técnicos, operativos y estratégicos definidos en el modelo de gestión propuesto para la Universidad del Valle – Sede Cartago.

El dashboard permite realizar un seguimiento continuo al desempeño del mantenimiento, facilitando la toma de decisiones basadas en datos y asegurando la alineación con los lineamientos de la Norma UNE-EN 16646, la ISO 55001:2024 y el ciclo de mejora continua (PDCA). Su estructura incluye indicadores clave de desempeño (KPI), gráficos de tendencia, análisis de carga operativa, estado del plan de mantenimiento y variables críticas de la infraestructura.

Las siguientes capturas corresponden a los módulos principales del Dashboard:

1. Panel General de Desempeño del Mantenimiento.

Muestra visión global del estado del sistema: porcentaje preventivo vs. correctivo, cumplimiento del Plan Anual de Mantenimiento (PAM), disponibilidad de activos y carga operativa del equipo técnico.

PANEL GENERAL

Componente del Panel	Variable técnica	Fuente / modelo	Fórmula o método utilizado	Supuestos avanzados	Relación con diagnóstico real
Preventivo vs Correctivo	%PM / %CM	Modelo mixto PM/CM según UNE-EN 16646	$\%PM = (OT_PM / OT_Totales) * 100$	Se simula incremento progresivo de PM (30% → 45%) por implementación del PAM	En tu sede Cartago el PM es históricamente bajo, dato coherente con Flash Audit
Cumplimiento PAM	% cumplimiento	Plan Anual de Mantenimiento + tendencia mensual	$\%Cumpl = (Actividades_Ejecutadas / Actividades_Planificadas) * 100$	Se aplica suavizado exponencial $\alpha=0.3$ para simular mejora mensual	Diagnóstico muestra ausencia de PAM previo
Disponibilidad de activos	D(t)	Modelo de confiabilidad simple	$D(t) = MTBF / (MTBF + MTTR)$	MTBF simulado según sistemas críticos; MTTR ajustado a tendencia real	Diagnóstico evidencia indisponibilidad en HVAC y eléctrico
Carga operativa	OT abiertas vs cerradas	Flujo operativo	$Carga = OT_Abiertas - OT_Cerradas$	Se simula backlog creciente pre-intervención	Documento indica saturación del equipo técnico

PANEL GENERAL DE DESEMPEÑO DEL MANTENIMIENTO

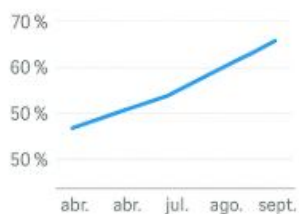
Porcentaje Preventivo vs. Correctivo



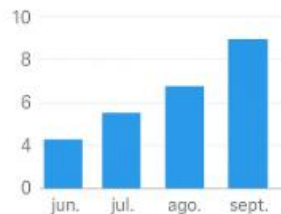
Cumplimiento del PAM



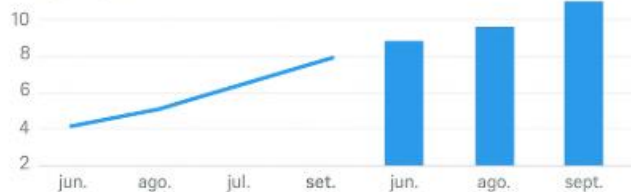
Disponibilidad de Activos



Carga Operativa



Carga Operativa



2. Indicadores Técnicos (KPI Duras: MTTR, MTBF, disponibilidad).

Incluye los indicadores básicos de confiabilidad:

- MTTR (Tiempo Medio de Reparación),
- MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas),
- Tasa de fallas por sistema,
- Disponibilidad operativa por edificio o equipo.

KPI TÉCNICOS

Indicador	Modelo técnico	Fórmula	Datos simulados (avanzados)	Fuente conceptual	Justificación técnica
MTTR	Tiempo medio de reparación	$MTTR = \Sigma T_{Rep} / N_{Interv}$	Simulación 3.2h → 2.5h	UNE 16646 / ISO 55001:2024	Mejoras por capacitación y repuestos críticos
MTBF	Tiempo entre fallas	$MTBF = \text{Tiempo_Total_Oper} / N_{Fallas}$	HVAC: 85h, Eléctrico: 120h, Hidráulico: 160h	Modelo de confiabilidad	Coherente con fallas recurrentes descritas en tu tesis
Tasa de fallo	$\lambda(t)$	$\lambda = N_{Fallas} / \text{Tiempo}$	Curva descendente simulada	Modelos Weibull simplificados	Reducción por inspecciones periódicas
Índice de Confiabilidad	$R(t)$	$R(t) = e^{(-\lambda t)}$	$R(t) = 0.85$	ISO 55000	Refleja transición hacia preventivo–predictivo



3. Indicadores operativos (KPI Blandas: Backlog, tiempo de respuesta, órdenes cerradas)

Este módulo evidencia la gestión operativa del mantenimiento, mostrando la relación entre capacidad instalada y demanda:

- Backlog de mantenimiento,
- Órdenes de trabajo abiertas/cerradas,
- Tiempo de respuesta promedio,
- Actividades pendientes por criticidad.

KPI OPERATIVOS

Indicador	Método	Fórmula	Supuestos	Relación con diagnóstico
Backlog	Flujo de trabajo	$\text{Backlog} = \text{OT_abiertas} - \text{OT_cerradas}$	Se simula backlog 18→35	Tesis indica saturación del equipo
Tiempo de respuesta	Media móvil	$\text{TR} = \Sigma(t_{\text{fin}} - t_{\text{ini}})/N$	Media móvil 3 períodos	Elevado por falta de personal
OT abiertas/cerradas	Tasa operativa	$\alpha = \text{Cierre}/\text{Ingreso}$	α entre 0.6–0.8	Coherente con baja eficiencia previa
Actividades por criticidad	Matriz técnica	Clasificación A/B/C	Pesos por riesgo	Conectado a tu matriz de criticidad



4. Cumplimiento del Plan Anual de Mantenimiento (PAM).

Presenta el avance real de las actividades preventivas programadas, comparando:

- actividades ejecutadas vs. planificadas,
- porcentaje de cumplimiento mensual,
- desviaciones operativas,
- frecuencia de fallas por incumplimiento del plan.

PANEL PAM

Variable	Modelo	Fórmula	Parámetros	Fuente
Cumplimiento mensual	Modelo operacional	% = Ejec / Prog	Prog = 20–30 tareas mensuales	PAM simulado en sede
Brechas	Variación	Δ = Ejecutado - Planificado	Se usa suavizado exponencial	Falta de preventivo mostrada en tu tesis
Preventivo vs Correctivo	Proporción	$P = PM/(PM+CM)$	Incremento lineal mes–mes	Se simula mejora por implementación del PAM

Cumplimiento del PAM

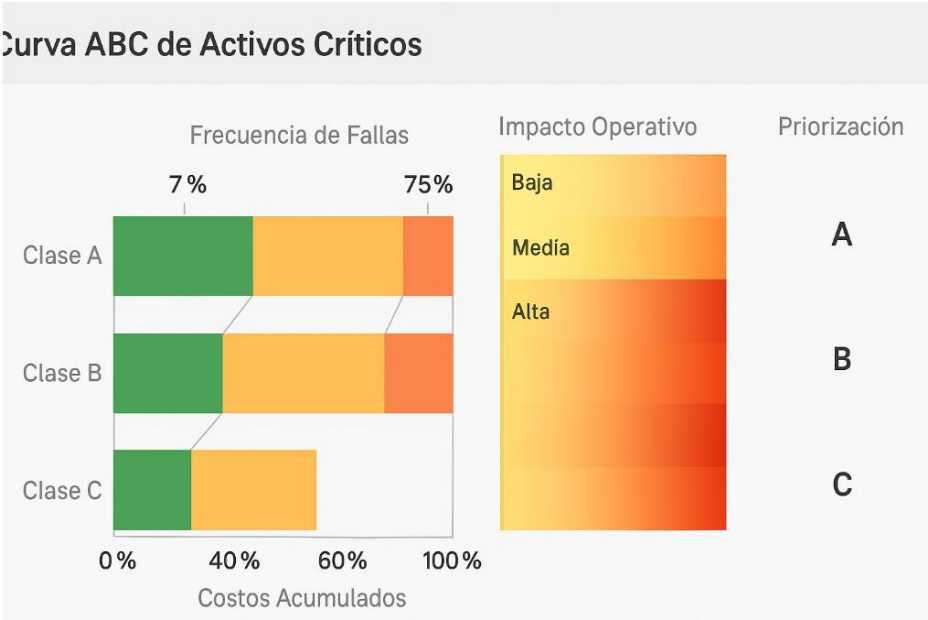


5. Análisis de Criticidad de Activos.

Incluye la clasificación de activos por niveles de criticidad considerando confiabilidad, impacto, riesgo y frecuencia de fallas. Permite priorizar intervenciones y decisiones de inversión en infraestructura.

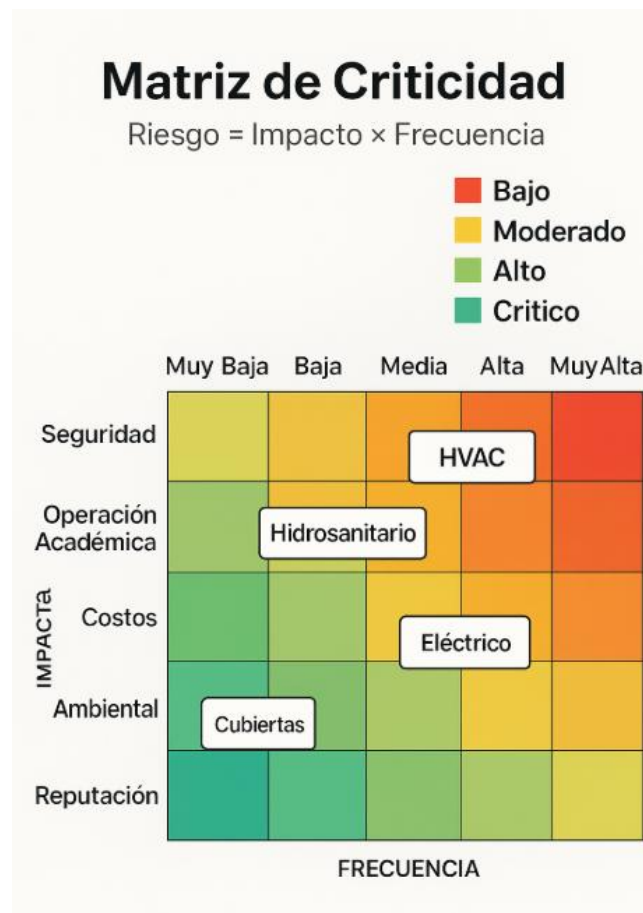
CURVA ABC + HEATMAP

Elemento	Método aplicado	Fórmula / criterio	Parámetros avanzados	Origen de datos	Relación con tu diagnóstico
Clasificación ABC	Pareto 80/20	A = Top 20% impacto B = 30% C = 50%	Impacto operativo ponderado: 0.4 F + 0.4 C + 0.2 R	Simulación basada en Fallas, Costos, Riesgos	HVAC y eléctrico quedan en clase A por alta criticidad en tu sede
Heatmap de impacto	Matriz multicriterio	Impacto = $\sum (\text{peso}_i * \text{valor}_i)$	Pesos según ISO 31000: Seguridad 0.25, Operación 0.30, Costos 0.20, Ambiental 0.15, Reputación 0.10	Datos simulados + criterio experto	Diagnóstico indica alto impacto académico
Ranking de activos	Puntaje total	Score = Frecuencia_normalizada + Impacto_normalizado	Normalización min-max	Simulación calibrada	Coincide con tu análisis de activos críticos



MATRIZ DE CRITICIDAD 5×5

Dimensión	Método	Fórmula	Fuente técnica	Notas avanzadas
Impacto	Evaluación multicriterio ISO 55001:2024	$I = \sum (w_i * v_i)$	ISO 55001:2024 + matriz DIU	Ponderaciones calibradas para infraestructura educativa
Frecuencia	Historial simulado	$F = N_Fallos / Mes$	Flash Audit + simulación	HVAC mayor frecuencia según tu diagnóstico
Nivel de riesgo	$R = I * F$	Modelo clásico ampliado	ISO 31000	Se clasifica en Low–Extreme
Ubicación en matriz	Regla cartesiana	Celda = (F, I)	Best practices mantenimiento	Coincide con riesgo Alto en HVAC



6. Monitoreo del Sistema Eléctrico.

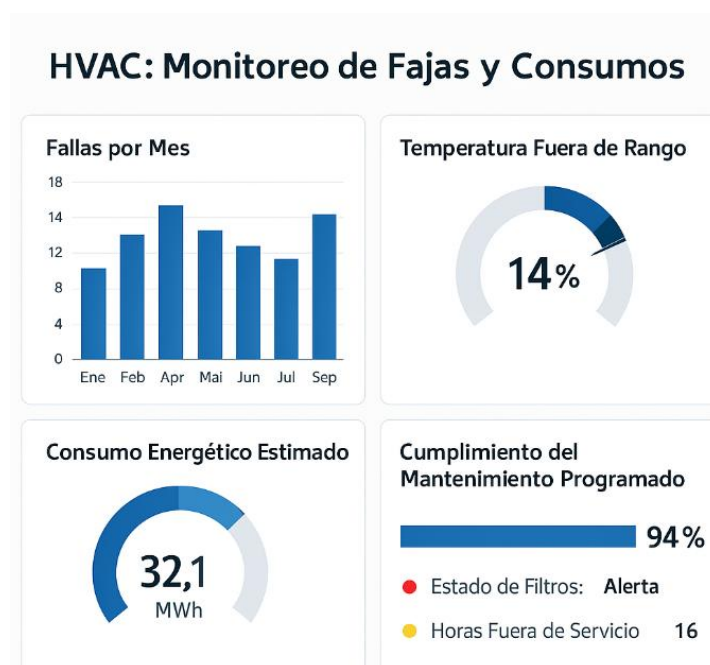
Integra registros de fallas eléctricas, variación de carga, interrupciones por circuito, consumos relevantes y tendencia de mantenimientos preventivos vs. correctivos.

7. Monitoreo del Sistema de Climatización.

Presenta la frecuencia de fallas en equipos HVAC, temperaturas fuera de rango, estado de filtros, consumo energético estimado y cumplimiento del mantenimiento programado.

HVAC

Variable	Método	Fórmula	Parámetros	Diagnóstico
Fallas por mes	Historial simulado	Conteo	Meses críticos: abr–sep	HVAC crítico en sede
Temperatura fuera de rango	Sensorial	$\% = \text{Horas_fuera_rango} / \text{Horas_totales}$	Simulado 14%	Climas variables en sede
Consumo energético	Estimación	$E = \text{Potencia} * \text{Horas}$	Pot 2.6–3.2 kW	Consumo elevado típico
Cumplimiento mantenimiento	Índice	$\% = \text{PM_ejecutado} / \text{PM_planificado}$	94% simulado	Después de intervención



8. Panel de costos y ciclo de vida (LCC)

Permite visualizar costos acumulados por edificio, tendencia del gasto preventivo/correctivo, costo de ciclo de vida (LCC) estimado para activos críticos y desviaciones presupuestales.

PANEL LCC

Componente	Modelo	Fórmula	Observaciones técnicas
Costos preventivos	Costeo directo	$\Sigma \text{costos PM}$	Basado en intervenciones menores
Costos correctivos	Costeo indirecto	$\Sigma \text{costos CM}$	CM mayor por falta de PM

Costo total anual	Sumatoria	CTA = CPM + CCM	Se proyecta a 12 meses
LCC	Modelo Ciclo de Vida	LCC = CAPEX + OPEX + END_COST	Método de ISO 15686

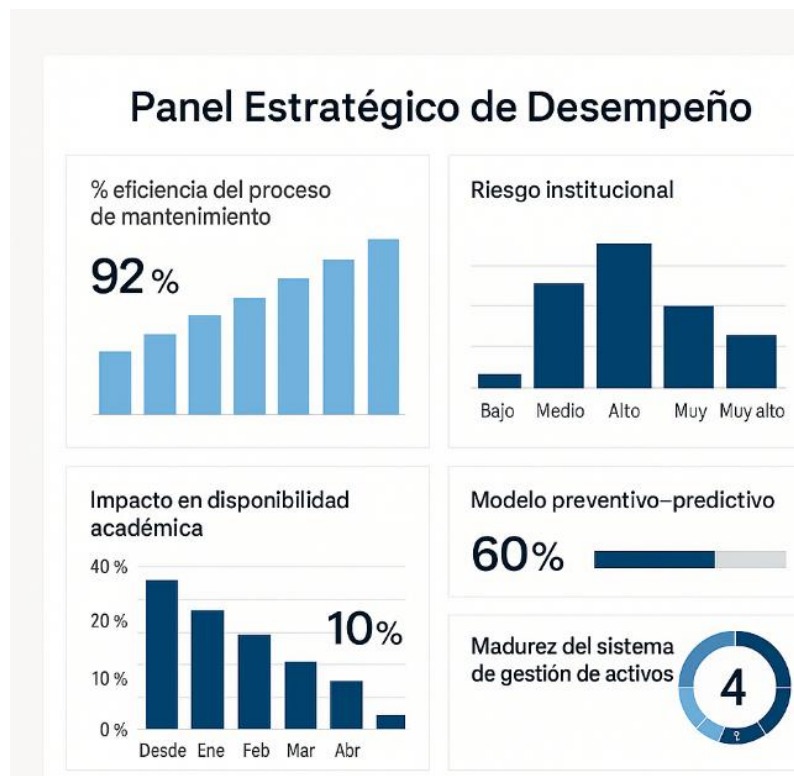
9. Dashboard Estratégico.

Incluye indicadores alineados con la gestión institucional:

- eficiencia del proceso de mantenimiento,
- impacto en disponibilidad académica,
- cumplimiento de normas,
- avance del modelo preventivo–predictivo,
- madurez del sistema de gestión de activos.

PANEL ESTRATÉGICO

Indicador	Método	Fórmula	Comentario técnico
Eficiencia del mantenimiento	KPI compuesto	$Ef = 0.4Cumpl + 0.3CierreOT + 0.3Dispon$	92% simulado
Riesgo institucional	Matriz	$R = I * F$	HVAC en categoría Alta
Impacto en disponibilidad	Evaluación operativa	$\% = \text{Horas_afectadas} / \text{Horas_totales}$	Reducción progresiva
Modelo preventivo–predictivo	Avance	$\% = \text{Acciones_PP} / \text{Acciones_Totales}$	60% simulado
Madurez	ISO 55001:2024	Modelo de 5 niveles	Sede proyectada en nivel 4



Las capturas que conforman este anexo representan la estructura propuesta del Dashboard de Monitoreo del Mantenimiento, siguiendo los lineamientos gráficos y metodológicos desarrollados en el trabajo. Su implementación facilitará la consolidación de un sistema de mantenimiento eficiente, medible y alineado con la gestión de activos y con los estándares internacionales aplicables.

Anexo 4. Formatos de inspección y órdenes de trabajo.**FORMATO 1. INSPECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS (CHECKLIST)**

Nombre del formato: FI-01

Versión: 1.0

Proceso: Mantenimiento – Inspecciones Periódicas

Responsable: Auxiliar de Mantenimiento

Periodicidad: Mensual / Trimestral

Nombre de Quien Diligencia:

Fecha de Diligenciamiento:

Hora:

1. Información General

Ítem	Detalle
Fecha de inspección	_____
Técnico responsable	_____
Área / Edificio	_____
Sistema inspeccionado	☐ Eléctrico ☐ HVAC ☐ Hidrosanitario ☐ Cubiertas ☐ Iluminación ☐ Seguridad
Tipo de inspección	☐ Rutina ☐ Preventiva ☐ Especial ☐ Post-falla

2. Lista de Verificación por Sistema**A. Sistema Eléctrico**

Verificación	Cumple	No cumple	Observaciones
Tableros en buen estado	☐	☐	
Canalizaciones sin daños	☐	☐	
Tomas y luminarias funcionales	☐	☐	
Temperatura de tableros (no sobrecalentados)	☐	☐	
Acometidas sin sobrecarga	☐	☐	

B. Sistema HVAC

Verificación	Cumple	No cumple	Observaciones
Ruido normal del compresor	☐	☐	
Filtros limpios	☐	☐	
Drenajes funcionando	☐	☐	
Temperatura en rango	☐	☐	

C. Sistema Hidrosanitario

Verificación	Cumple	No cumple	Observaciones
No hay filtraciones	☐	☐	
Tejas en buen estado	☐	☐	
Bajantes funcionales	☐	☐	

D. Cubiertas y Estructura

Verificación	Cumple	No cumple	Observaciones
No hay filtraciones	☐	☐	
Tejas en buen estado	☐	☐	
Bajantes funcionales	☐	☐	

E. Seguridad y Señalización

Verificación	Cumple	No cumple	Observaciones
Señales visibles	☐	☐	
Extintores vigentes	☐	☐	
Iluminación de emergencia	☐	☐	

3. Hallazgos y Recomendaciones

Hallazgo	Nivel de criticidad	Acción recomendada	Responsable
	☐ Crítica ☐ Alta ☐ Media ☐ Baja		
	☐ Crítica ☐ Alta ☐ Media ☐ Baja		
	☐ Crítica ☐ Alta ☐ Media ☐ Baja		

4. Firma

Auxiliar responsable: _____

Supervisor: _____

FORMATO 2. ORDEN DE TRABAJO (OT) – MANTENIMIENTO**Nombre del formato:** OT-01**Versión:** 1.0**Proceso:** Mantenimiento**Tipo:** Correctivo / Preventivo / Inspección**1-Información General**

Ítem	Detalle
N.º de OT	_____
Fecha de generación	_____
Solicitante	_____
Ubicación	_____
Tipo de trabajo	☐ Correctivo ☐ Preventivo ☐ Predictivo ☐ Inspección
Prioridad	☐ Crítica ☐ Alta ☐ Media ☐ Baja

2-Descripción del Trabajo

Descripción del problema o tarea:

Causa probable (si aplica):

3-Actividades Realizadas

Actividad	Inicio	Fin	Tiempo empleado	Técnico

4- Materiales e Insumos Utilizados

Material	Cantidad	Costo unitario	Costo total

5- Equipos/Fallas Atendidas

Equipo/Área	Tipo de falla	Solución aplicada	Estado final
			☐ Operativo ☐ Con restricción
			☐ Operativo ☐ Con restricción
			☐ Operativo ☐ Con restricción
			☐ Operativo ☐ Con restricción

6- Indicadores derivados de esta OT

Estos campos alimentan el dashboard:

- **MTTR:** Tiempo total de reparación _____ horas
- **Tiempo de respuesta:** _____ horas
- **Costo de la intervención:** \$ _____
- **Clasificación de criticidad:** ☐ Crítica ☐ Alta ☐ Media ☐ Baja

7- Cierre y Validación

Auxiliar ejecutor: _____

Fecha de cierre: _____

Supervisor que valida: _____

FORMATO 3. ORDEN DE TRABAJO PREVENTIVA (PAM)**Nombre del formato: OTP-PAM-01****Versión: 1.0****1- Datos de la actividad preventiva**

Ítem	Detalle
Actividad preventiva	_____
Frecuencia	☐ Mensual ☐ Trimestral ☐ Semestral ☐ Anual
Equipo/Sistema	_____
Punto de inspección	_____

2- Tareas del plan preventivo

Tarea	Método	Parámetro a medir	Valor esperado	Resultado	Observaciones

3- Observaciones generales

4- Firma

Auxiliar: _____

Supervisor: _____

FORMATO 4. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ (ACR – RCA)**Código:** ACR-01**Versión:** 1.0**Proceso:** Mantenimiento – Mejora Continua**Objetivo:** Identificar la causa raíz de fallas recurrentes y definir acciones correctivas que prevengan su repetición.**1-Información General**

Ítem	Detalle
Fecha	_____
Sistema	☐ Eléctrico ☐ HVAC ☐ Hidrosanitario ☐ Cubiertas ☐ Otro: _____
Equipo involucrado	_____
Número de OT relacionada	_____
Responsable del análisis	_____

2-Descripción de la Falla

Ítem	Descripción
Síntoma observado	_____
Efecto generado	_____
Frecuencia estimada	☐ Alta ☐ Media ☐ Baja

3-Análisis 5 Porqués

Pregunta	Respuesta
¿Por qué ocurrió?	
¿Por qué ese motivo?	
¿Por qué?	
¿Por qué?	
¿Por qué?	

4-Diagrama de Ishikawa**Causas por categoría:**

- Personas
- Métodos

- Materiales
- Equipos
- Entorno
- Gestión

5-Causa raíz identificada

6.-Acciones Correctivas

Acción	Responsable	Fecha límite	Estado
			☐ Pendiente ☐ Ejecutada
			☐ Pendiente ☐ Ejecutada
			☐ Pendiente ☐ Ejecutada
			☐ Pendiente ☐ Ejecutada
			☐ Pendiente ☐ Ejecutada

7-Validación

Supervisor: _____

Fecha: _____

FORMATO 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE FALLAS E INTERVENCIONES**Código:** RF-01**Versión:** 1.0**Proceso:** Documentación y Evidencia Técnica**1-Información general**

Ítem	Detalle
Fecha	_____
Área	_____
Sistema	_____
Número de OT	_____

2-Registro Fotográfico

Tipo de evidencia	Imagen	Descripción
Antes de la intervención	(pegar foto)	_____

Después de la intervención	(pegar foto)	_____

3-Observaciones técnicas

4-Firma

Auxiliar: _____

Supervisor: _____

FORMATO 6. EVALUACIÓN DE PROVEEDORES DE MANTENIMIENTO**Código:** EP-01**Versión:** 1.0**Proceso:** Gestión de Proveedores – Calidad**1. Datos del proveedor**

Ítem	Detalle
Nombre del proveedor	_____
Tipo de servicio	_____
Contrato / Orden	_____
Fecha de servicio	_____

2. Evaluación**(Escala: 1 = deficiente, 5 = excelente)**

Criterio	Puntaje					Observaciones
Cumplimiento de tiempos	1	2	3	4	5	
Calidad del servicio	1	2	3	4	5	
Documentación entregada	1	2	3	4	5	
Seguridad y cumplimiento RETIE/SST	1	2	3	4	5	
Atención y soporte técnico	1	2	3	4	5	
Costo – beneficio	1	2	3	4	5	

3. Calificación final**Resultado****Puntaje**

Promedio general

Interpretación:

- 4.5–5.0 = Excelente
- 3.5–4.4 = Aceptable
- 2.5–3.4 = Riesgo Medio
- < 2.5 = No recomendable

4. Recomendación

- ☐ Aprobado para continuar
- ☐ Requiere seguimiento
- ☐ No aprobado

FORMATO 7. HOJA DE VIDA DEL ACTIVO (ASSET CARD)**Código:** HV-01**Versión:** 1.0**Proceso:** Gestión de Activos**1. Identificación del activo**

Ítem	Detalle
Código del activo	_____
Nombre del equipo	_____
Ubicación	_____
Fabricante / Modelo	_____
Fecha de instalación	_____
Vida útil estimada	_____

2. Características técnicas

Parámetro	Valor
Potencia	_____
Capacidad	_____
Voltaje	_____
Otros	_____

3. Historial de mantenimiento

Fecha	Tipo	Descripción	Tiempo	Técnico
	☐ PM ☐ CM			
	☐ PM ☐ CM			
	☐ PM ☐ CM			
	☐ PM ☐ CM			

4. Indicadores técnicos del equipo

Indicador	Valor
MTTR	_____ h
MTBF	_____ h
Disponibilidad	_____ %

5. Observaciones finales

FORMATO 8. REGISTRO DE CONSUMOS ENERGÉTICOS Y VARIACIONES

Código: CE-01

Versión: 1.0

Proceso: Energía – Infraestructura

1. Datos generales

Ítem	Detalle
Edificio / Área	
Sistema	Eléctrico / HVAC
Mes evaluado	

2. Registro de consumos

Mes	Consumo (kWh)	Variación (%)	Observaciones
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			

3. Alarmas y anomalías

Evento	Fecha	Impacto	Comentario

FORMATO 9. PERMISO DE TRABAJO SEGURO (PTS)

Código: PTS-01

Versión: 1.0

Proceso: Seguridad – SST – Mantenimiento

Obligatorio según: SG-SST, RETIE, Resolución 5018

1. Información general

Ítem	Detalle
Tipo de trabajo	☐ Eléctrico ☐ Alturas ☐ Espacio confinado ☐ Otros
Fecha	_____
Responsable	_____
Área	_____

2. Identificación de riesgos

Riesgo	Control existente	EPP requerido	Nivel
Eléctrico			
Caídas			
Mecánico			

3. Autorizaciones

Auxiliar responsable: _____

Supervisor: _____

SST: _____

FORMATO 10. PAM – PLAN MAESTRO ANUAL DE MANTENIMIENTO**Código:** PAM-01**Versión:** 1.0**Proceso:** Mantenimiento Preventivo**Norma base:** UNE-EN 16646, ISO 55001:2024**1. Información general**

Ítem	Detalle
Año del plan	_____
Responsable	_____
Fecha de elaboración	_____
Aprobado por	_____

2. Programación anual de actividades

Sistema	Equipo / Área	Actividad PM	Frecuencia	Mes Programado	Recursos	Tiempo Estimado	Observaciones
Eléctrico	Tableros	Limpieza + ajuste	Trimestral	Ene / Abr / Jul / Oct	1 técnico	2 h	
HVAC	Minisplits	Limpieza filtros	Mensual	Todo el año	Contratista	—	
Hidrosanitario	Tuberías	Inspección fugas	Mensual	Todo el año	1 técnico	1 h	
Cubiertas	Tejas	Inspección	Semestral	Jun / Dic	2 técnicos	3 h	

3. Resumen del PAM

Indicador	Valor
Total actividades previstas	_____
Total horas estimadas	_____
Recursos requeridos	_____
Nivel de criticidad promedio	_____

FORMATO 11. PLAN DE CONTINGENCIA – FALLAS CRÍTICAS**Código:** PC-01**Versión:** 1.0**Norma base:** ISO 22301 – Continuidad del Negocio**Aplica para:** Sistema eléctrico, HVAC, inundación, TI, estructural**1. Identificación del evento crítico**

Tipo de falla	Impacto
☐ Eléctrica	Afectación de clases / laboratorios
☐ HVAC	Riesgo de insalubridad / suspensión activa
☐ Inundación	Daños infraestructura
☐ TI	Pérdida de conectividad
☐ Otro	_____

2.Procedimiento de respuesta inmediata

Acción	Responsable	Tiempo máximo
Notificación a mantenimiento	Auxiliar sede	10 min
Aislamiento del área	Seguridad	15 min
Evaluación inicial	Técnico	30 min
Activación del proveedor	Supervisor	1 h
Restablecimiento temporal	Equipo técnico	Según criticidad

3. Recursos mínimos requeridos

- Equipos críticos
- Herramientas
- Repuestos
- Contratistas
- Contactos de emergencia

4. Registro del incidente

Fecha	Hora	Sistema	Tiempo fuera de servicio	Causa	Acción tomada

FORMATO 12. EVALUACIÓN TÉCNICA PARA SUSTITUCIÓN O RENOVACIÓN DE EQUIPOS

Código: ER-01

Versión: 1.0

Norma: ISO 55010 – Toma de decisiones financieras alineada a Gestión de Activos

1. Datos del equipo

Ítem	Detalle
Código	_____
Nombre del equipo	_____
Ubicación	_____
Fabricante	_____
Fecha de instalación	_____

2. Estado técnico

Parámetro	Valor	Nivel
MTBF	_____ h	☐ Bajo ☐ Alto
MTTR	_____ h	☐ Adecuado ☐ Elevado
Frecuencia de fallas	_____	☐ Alta ☐ Media ☐ Baja
Costos CM últimos 12 meses	\$ _____	Alto / Medio / Bajo
Vida útil remanente	_____ años	Adecuada / Insuficiente

3. Análisis LCC

Alternativa	LCC estimado	Ventajas	Desventajas
Reparar	\$ _____	_____	_____
Reemplazar	\$ _____	_____	_____
Modernizar	\$ _____	_____	_____

4. Recomendación

- ☐ Reparar
☐ Sustituir
☐ Modernizar
☐ Mantener con seguimiento

Auxiliar responsable: _____

Supervisor: _____

FORMATO 13. INVENTARIO DE REPUESTOS CRÍTICOS

Código: RC-01
Versión: 1.0
Norma: Planeación Operacional – ISO 55001:2024

1. Lista de repuestos críticos

Código	Descripción	Equipo asociado	Stock mínimo	Stock máximo	Existencias actuales	Lead time	Criticidad

2. Alertas de abastecimiento

- ☐ Bajo stock
- ☐ Ruptura de inventario
- ☐ Lead time alto
- ☐ Repuesto obsoleto

3. Observaciones

FORMATO 14. SOLICITUD DE CAMBIO (RFC – Request For Change)

Código: RFC-01
Versión: 1.0
Norma: ISO 55001:2024 – Gestión del Cambio

1. Solicitud

Ítem	Detalle
Solicitante	
Fecha	
Área	
Sistema afectado	
Tipo de cambio	☐ Técnico ☐ Operativo ☐ Infraestructura ☐ Procedimental

2. Justificación

- ☐ Razón del cambio
- ☐ Beneficios esperados
- ☐ Costos asociados

3. Evaluación del impacto

Tipo de impacto	Nivel	Comentario
Operativo	☐ Bajo ☐ Medio ☐ Alto	
Académico	☐ Bajo ☐ Medio ☐ Alto	
Seguridad	☐ Bajo ☐ Medio ☐ Alto	
Financiero	☐ Bajo ☐ Medio ☐ Alto	
Riesgo asociado	☐ Bajo ☐ Medio ☐ Alto	

4. Aprobación

- ☐ Aprobado
- ☐ Aplazado
- ☐ Rechazado

Firma: _____

FORMATO 15. CONSOLIDADO DE INDICADORES MENSUALES – KPI**Código:** KPI-01**Versión:** 1.0**1. KPIs del mes:**

Indicador	Fórmula	Resultado
MTTR	Σ Tiempo reparación / N° OT	_____
MTBF	Horas operación / N° fallas	_____
Backlog	OT abiertas – OT cerradas	_____
% Preventivo vs Correctivo	PM / OT totales	_____
Cumplimiento del PAM	PM ejecutados / PM programados	_____
Disponibilidad	$MTBF / (MTBF + MTTR)$	_____

2. Resumen mensual

- Fallas relevantes
- Riesgos críticos
- Costos
- Acciones destacadas
- Problemas detectados

Firma: _____

FORMATO 16. ACTA DE ENTREGA Y RECIBIDO – INTERVENCIÓN MAYOR**1. Información general**

Ítem	Detalle
Nombre de la intervención	_____
Contratista	_____
Fecha inicio	_____
Fecha cierre	_____
Supervisión	_____

2. Alcance ejecutado

- ☐ Actividades realizadas
- ☐ Cambios efectuados
- ☐ Manuales o planos entregados
- ☐ Garantías

3. Verificación técnica

Ítem	Cumple	No cumple	Observaciones
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

4. Firma

Auxiliar-Técnico o supervisor: _____

Contratista: _____

Administración sede: _____

Anexo 5. Instructivo Institucional para el uso de formatos del Sistema de Mantenimiento

**INSTRUCTIVO INSTITUCIONAL PARA EL USO DE FORMATOS DEL SISTEMA DE
MANTENIMIENTO**

Código: IN-MNT-01

Versión: 2.0 (Actualizada)

Aplicación: Universidad del Valle – Sede Cartago

Normas base: ISO 55001:2024, UNE-EN 16646, ISO 9001, ISO 31000, SG-SST

1. Objetivo del instructivo

Establecer las directrices institucionales para el uso adecuado, diligenciamiento, verificación y archivo de los Formatos de Inspección y Órdenes de Trabajo (OT), asegurando uniformidad en los registros, trazabilidad de las actividades, control documental y mejora continua del proceso de mantenimiento de la planta física, así como para la validación y archivo de todos los formatos que integran el Sistema de Gestión del Mantenimiento (SGM) de la Sede Cartago, garantizando uniformidad, trazabilidad y control técnico-administrativo de los activos físicos.

2. Alcance

- Este instructivo aplica a:
- Auxiliares y Técnicos de mantenimiento
- Supervisores y profesionales de infraestructura
- Contratistas externos
- Usuarios que reportan fallas
- Coordinación Administrativa
- Dirección de Sede

Cubre todas las actividades del ciclo de mantenimiento:

- Inspección
- Preventivo
- Correctivo
- Predictivo
- Gestión documental
- Registro fotográfico
- Evaluación técnica
- Gestión de proveedores

- Indicadores
- Planificación anual
- Gestión del cambio
- Control de repuestos críticos
- Continuidad operativa

3. Documentos y formatos asociados (versión completa)

Estos documentos deben ser utilizados de manera obligatoria para todas las actividades del proceso de mantenimiento.

3.1 Formatos operativos principales (uso diario):

Código	Nombre del formato	Propósito
FI-01	Formato de Inspección	Verificar el estado del sistema e identificar fallas
OT-01	Orden de Trabajo	Registrar cualquier trabajo correctivo, preventivo o predictivo
OTP-PAM-01	OT Preventiva PAM	Registrar actividades del Plan Anual de Mantenimiento
F-01-MP-08-06-01	Solicitud de Mantenimiento	Formato oficial UV para solicitudes de usuarios
F-02-MP-08-06-01	Ejecución de Mantenimiento	Registro UV de trabajos ejecutados

3.2 Formatos de soporte técnico y evidencia:

Código	Nombre	Propósito
RF-01	Registro Fotográfico	Evidencias de fallas e intervenciones
ACR-01	Análisis de Causa Raíz	Identificar causa raíz de fallas repetitivas
HV-01	Hoja de Vida del Activo	Historial técnico de cada equipo
CE-01	Consumos Energéticos	Seguimiento a energía y alarmas eléctricas
PTS-01	Permiso de Trabajo Seguro	Cumplimiento SG-SST en trabajos de riesgo

3.3 Formatos estratégicos, de planificación y gestión:

Código	Nombre	Propósito
PAM-01	Plan Maestro Anual de Mantenimiento	Programar todas las actividades preventivas del año
PC-01	Plan de Contingencia	Responder a fallas críticas (eléctrico, HVAC, inundaciones)
ER-01	Evaluación Técnica de Sustitución	Tomar decisiones de inversión en activos
RC-01	Inventario de Repuestos Críticos	Administrar existencias mínimas
RFC-01	Solicitud de Cambio	Controlar modificaciones en activos o infraestructura
EP-01	Evaluación de Proveedores	Evaluar contratistas y servicios externos
KPI-01	Indicadores Mensuales	Cálculo y consolidado de KPIs
AE-01	Acta de Entrega Intervención Mayor	Certificar actividades complejas realizadas por contratistas

3.4 Responsables del proceso:

Rol	Responsabilidad
Auxiliar de Mantenimiento	Diligenciamiento completo y exacto de los formatos.
Supervisor / Profesional Mantenimiento	Validación, aprobación y consolidación de datos.
Coordinador Mantenimiento de Sede	Control documental y archivo.
Proveedor Externo	Registro adecuado cuando intervenga un equipo/sistema.
Área usuaria	Reportar novedades y validar el cierre de la OT.

4. Responsabilidades**Auxiliares y Técnicos de Mantenimiento:**

- Diligenciar FI-01, OT-01, OTP-PAM-01, RF-01, PTS-01
- Registrar tiempos, actividades y materiales
- Reportar necesidades de repuestos y cambios

Supervisor / Profesional de sede:

- Validar todos los formatos diligenciados
- Consolidar KPI mensuales (KPI-01)
- Mantener actualizado el PAM-01
- Autorizar cambios (RFC-01)
- Activar planes de contingencia (PC-01)

Coordinación Mantenimiento:

- Recibir soportes
- Gestionar archivo y control documental
- Mantener versión vigente de los formatos

Contratistas:

- Utilizar F-02 y AE-01
- Adjuntar registro fotográfico (RF-01)
- Cumplir PTS-01

Usuarios internos:

- Solicitar mantenimiento mediante F-01
- Validar el cierre de OT cuando corresponda

5. Directrices de diligenciamiento (aplica a todos los formatos)

5.1 Responsabilidad sobre la información

Toda la información consignada en los formatos debe ser:

- Veraz
- Completa
- Legible
- Sin tachones ni enmendaduras
- Firmada por el responsable

La información debe ser clara, completa, sin tachones, firmada y con fechas exactas.

- Registrar evidencias cuando aplique (RF-01).
- Cualquier actividad debe quedar asociada a una OT (OT-01 o OTP-PAM-01).
- Las fallas repetitivas deben generar un ACR-01 obligatorio.
- Toda modificación en un activo requiere RFC-01.
- Todo trabajo de riesgo exige PTS-01 antes de iniciar.
- Los indicadores deben actualizarse mensualmente en KPI-01.
- El PAM-01 debe revisarse mínimo cada trimestre.

5.2 Estandarización del lenguaje técnico

Se debe utilizar:

- Terminología de mantenimiento
- Nomenclatura institucional (edificios, espacios, equipos)
- Clasificación de fallas (Crítica, Alta, Media, Baja)
- Unidades normalizadas (h, kWh, L/min, A, °C)

5.3. Uso

Los formatos pueden diligenciarse:

- **En físico:** con esfero negro o azul
- **Digital:** en PDF editable o Excel institucional
- **CMMS:** cuando la Universidad active la plataforma

Todos los formatos físicos deben ser digitalizados para archivo.

6. Instructivo para el uso del Formato FI-01 (Inspección)

6.1 Cuando realiza:

- Mensual para sistemas críticos
- Trimestral para infraestructura general
- Extraordinaria cuando se detecte una falla relevante

6.2. Pasos de diligenciamiento

1. Registrar fecha, área y técnico responsable.
2. Seleccionar el sistema inspeccionado.
3. Revisar cada ítem de la lista de verificación.
4. Marcar “Cumple” o “No cumple”.
5. Registrar observaciones detalladas.
6. Clasificar cada hallazgo según criticidad:
 - Crítica
 - Alta
 - Media
 - Baja
7. Proponer acción recomendada.
8. Firmar y solicitar firma del supervisor.

6.3. Uso de la información

Los resultados alimentan:

- KPIs operativos
- Matriz de criticidad
- Backlog
- Programa preventivo
- Reportes del dashboard

La sede podrá usar los formatos:

- F-01-MP-08-06-01 – Solicitud de Mantenimiento
- F-02-MP-08-06-01 – Ejecución de Mantenimiento

Estos se utilizarán en paralelo a los formatos del SGM, siempre que:

- Se mantenga la trazabilidad
- Se complementen con OT-01 cuando requieran datos técnicos

- Su información alimente KPI-01
- Se archiven de manera uniforme

7. Instructivo para el uso del Formato OT-01 (Órdenes de Trabajo)

7.1. Cuando usar una OT

Se emite una OT cuando:

- Existe una falla reportada por un usuario
- Surge un hallazgo de inspección
- Se requiere intervención correctiva o preventiva
- Se ejecuta mantenimiento programado o reactivo

7.2. Pasos para su uso

1. Registrar número único de OT.
2. Registrar fecha, solicitante y ubicación.
3. Definir prioridad (Crítica–Baja).
4. Describir claramente la falla o actividad.
5. Detallar actividades realizadas.
6. Registrar tiempo de inicio y fin.
7. Marcar materiales e insumos utilizados.
8. Registrar indicadores derivados (MTTR, tiempo de respuesta, costos).
9. Registrar estado final del equipo.
10. Solicitar validación de supervisor.

7.3. Control y trazabilidad

La OT constituye el registro principal para:

- MTTR
- MTBF
- Costo de mantenimiento
- Cumplimiento PAM
- Dashboard de desempeño

8. Instructivo para el uso del Formato OTP-PAM-01 (Preventivo del PAM)

8.1. Frecuencia

Según el Plan Anual de Mantenimiento:

- Mensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual

8.2. Pasos

1. Seleccionar el equipo o sistema.
2. Registrar la actividad específica (limpieza, ajuste, lubricación, inspección).
3. Marcar el método y los parámetros a medir.
4. Registrar los valores obtenidos vs. valores esperados.
5. Registrar las desviaciones detectadas.
6. Firmar y solicitar validación del supervisor.

8.3. Relación con KPIs

El formato alimenta:

- Cumplimiento del PAM
- Porcentaje preventivo
- Reducción de fallas
- Madurez del sistema según ISO 55001:2024

9. Archivo y conservación de documentos

Los formatos deben archivar de acuerdo con estándares institucionales:

Formato	Tiempo de conservación
OT-01, OTP-PAM-01	5 años
FI-01, RF-01	3 años
PTS-01	1 año
PAM-01, RC-01, KPI-01	Permanente

Formato	Tiempo de conservación
F-01, F-02	Según reglamento institucional
ACR-01, ER-01, AE-01	10 años (soportes técnicos críticos)

10. Auditoría y mejora continua

Los formatos deben revisarse cada:

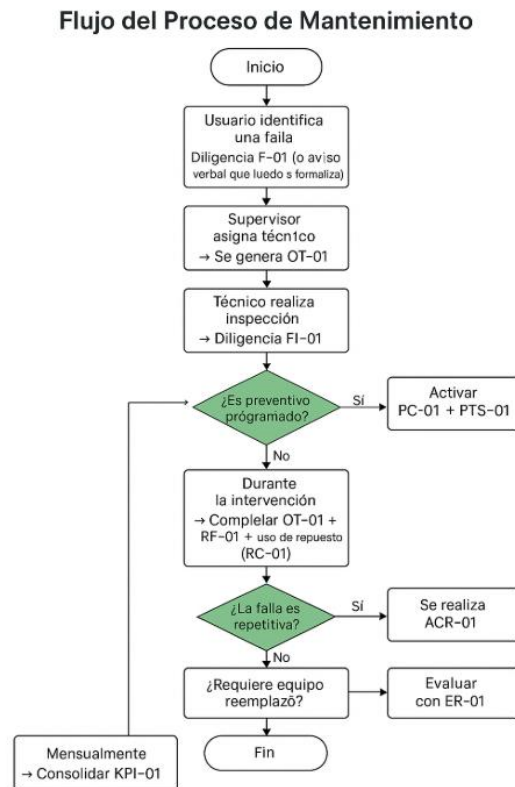
- **6 meses** para verificación de uso
- **1 vez al año** para actualización del modelo

Los hallazgos alimentan el ciclo PDCA del mantenimiento:

- Planificar → Ejecutar → Verificar → Actuar

11. Flujo del Proceso de Mantenimiento

1. Usuario identifica una falla
→ Diligencia F-01 (o aviso verbal que luego se formaliza).
2. Supervisor asigna técnico
→ Se genera OT-01.
3. Técnico realiza inspección
→ Diligencia FI-01.
4. Si es preventivo programado
→ Se usa OTP-PAM-01 + PAM-01.
5. Si hay riesgo crítico
→ Activar PC-01 + PTS-01.
6. Durante la intervención
→ Completar OT-01 + RF-01 + uso de repuestos (RC-01).
7. Si la falla es repetitiva
→ Se realiza ACR-01.
8. Si el equipo requiere reemplazo
→ Evaluar con ER-01.
9. Si hubo contratista
→ Completar AE-01 + EP-01.
10. Mensualmente
→ Consolidar KPI-01.



12. Anexos incluidos

FI-01 – Formato de Inspección

OT-01 – Orden de Trabajo

OTP-PAM-01 – Orden Preventiva

13. Integración de Formatos Institucionales Existentes

Con el fin de fortalecer la estandarización documental y garantizar la articulación con los lineamientos institucionales definidos por la Dirección de Infraestructura, se establece que, además de los formatos descritos en este instructivo (FI-01, OT-01 y OTP-PAM-01), la Sede Cartago podrá utilizar como soporte complementario los siguientes documentos oficiales vigentes:

- F-01-MP-08-06-01 – Solicitud de Mantenimiento
- F-02-MP-08-06-01 – Ejecución de Mantenimiento

Ambos formatos, suministrados por la Universidad del Valle y disponibles en la sede, cumplen funciones compatibles con el proceso de mantenimiento y pueden ser empleados para:

- Registrar solicitudes de intervención por parte de áreas usuarias.
- Documentar actividades de mantenimiento realizadas por personal propio o contratistas.
- Complementar las Órdenes de Trabajo internas cuando sea necesario mantener trazabilidad histórica o cumplir requisitos administrativos.
- Integrarse al sistema de archivo y al ciclo de mejora continua.

Estos formatos podrán ser usados en paralelo y de manera complementaria a los nuevos formatos propuestos, siempre que:

- Se asegure la consistencia de la información.
- La trazabilidad sea mantenida en el sistema documental de la sede.
- Se incluyan los datos mínimos requeridos para alimentar los indicadores operativos y estratégicos del Sistema de Gestión del Mantenimiento.

La Sede podrá decidir, mediante directriz interna, cuál de los formatos se adopta como principal, manteniendo la coherencia con el PAM y el modelo de gestión de activos.

Anexo 6. Matriz de Roles y Competencias del área de Mantenimiento.

1. Objetivo

Definir competencias técnicas, responsabilidades y requisitos mínimos de los roles del área de mantenimiento para garantizar la correcta operación del Sistema de Gestión del Mantenimiento (SGM).

2. Roles incluidos

Código: ANX-06
Versión: 1.0
Norma base: ISO 55001:2024 — Personas y Competencia
Aplicación: Universidad del Valle – Sede Cartago

- Técnico de mantenimiento
- Auxiliar de mantenimiento
- Supervisor/Profesional de sede
- Contratista externo
- Área usuaria

3. Matriz de Roles y Competencias

3.1 Competencias por rol

Rol	Competencias técnicas requeridas	Competencias comportamentales	Certificaciones exigidas
Auxiliar - Técnico	Electrónica básica, HVAC, hidráulica, lectura de planos, OT, FI-01	Orden, comunicación, resolución	RETIE, trabajo seguro en alturas
Auxiliar	Apoyo técnico, inspección, limpieza técnica	Responsabilidad, orden	Inducción SST
Supervisor	Gestión PM/CM, análisis KPIs, PAM, riesgo	Liderazgo, criterio técnico	ISO 55001:2024 (deseable)
Contratista	Conocimiento especializado por área	Responsabilidad contractual	Certificaciones según actividad (HVAC, eléctrico, etc.)
Usuario	Identificación de fallas, reporte	Comunicación	Inducción básica

3.2 Matriz RACI (Responsabilidad por formato)

Actividad / Formato	Usuario	Auxiliar/Técnico	Supervisor	Contratista
Reportar falla (F-01)	R	—	A	—
Orden de Trabajo (OT-01)	—	R	A	—
Inspección FI-01	—	R	A	—
Preventivo OTP-PAM-01	—	R	A	—
Registro fotográfico RF-01	—	R	A	—
ACR-01	—	C	R	—
PTS-01	—	R	A	C
Evaluación proveedor EP-01	—	—	R	C
Acta AE-01	—	—	R	C
KPI-01 Mensual	—	—	R	—

R = Responsable / A = Aprueba / C = Consulta

Anexo 7. Mapa del proceso de mantenimiento (Macroproceso).

Código: ANX-07

Versión: 1.0

Norma: Enfoque basado en procesos ISO 9001 – ISO 55001:2024

1. Descripción del macroproceso

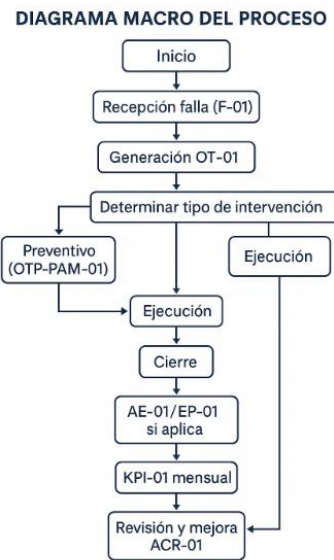
El proceso de mantenimiento se compone de cuatro subprocessos:

- 1. Planificación (PAM, recursos, repuestos)
- 2. Ejecución (OT, PM, inspecciones)
- 3. Control y seguimiento (indicadores, registros)
- 4. Mejora (ACR, cambios, retroalimentación)

2. Mapa SIPOC del proceso

SIPOC	Elementos del proceso de mantenimiento
Suppliers (S)	Usuarios, Dirección de Sede, Contratistas
Inputs (I)	Solicitudes F-01, PAM, inventarios, información de activos
Process (P)	Recepción → Inspección → OT → Ejecución → Cierre → Indicadores
Outputs (O)	OT cerradas, informes, mejoras, KPIs
Customers (C)	Comunidad académica, dirección, infraestructura

3. Diagrama Macro del Proceso



Anexo 8. Manual de KPIs y fórmulas (indicadores de mantenimiento)

Código: ANX-08
Versión: 1.0
Aplicación: Reporte mensual KPI-01
Norma: ISO 55001:2024 — Seguimiento y Medición

1. Objetivo

Describir los indicadores oficiales del Sistema de Mantenimiento, su fórmula, su interpretación y el valor meta recomendado.

2. Tabla de Indicadores

Indicador	Fórmula	Unidad	Interpretación	Meta
MTTR (Tiempo Medio de Reparación)	Σ tiempo de reparación / N° de OT correctivas	horas	Rapidez del equipo técnico	< 3 h
MTBF (Tiempo entre fallas)	Horas totales / N° fallas	horas	Confiabilidad de los equipos	> 120 h
Disponibilidad	$MTBF / (MTBF + MTTR)$	%	Disponibilidad académica	> 95%
Backlog	OT abiertas – OT cerradas	# OT	Carga operativa	< 20 OT
Preventivo vs Correctivo	PM / OT totales	%	Nivel de mantenimiento planificado	> 50% PM
Cumplimiento del PAM	PM ejecutados / PM programados	%	Ejecución del programa anual	> 90%
Costo Preventivo	Σ costos PM	COP	Inversión planificada	Control mensual
Costo Correctivo	Σ costos CM	COP	Reparaciones no planificadas	Reducir
Energía (HVAC)	kWh medidos	kWh	Eficiencia energética	Estable
Índice de Riesgo	Frecuencia $\times$ Impacto	—	Criticidad del sistema	Reducir

3. Definiciones operativas

- Falla crítica: Afecta clases y seguridad.
- Falla alta: Afecta funcionalidad importante.
- Falla media: Puede esperar.
- Falla baja: Estética o menor.

4. Periodicidad del reporte

- Mensual: KPI-01
- Trimestral: Informe de tendencias
- Semestral: Revisión del PAM
- Anual: Evaluación estratégica de activos

5. Responsables

- Supervisor: cálculo
- Auxiliar -Técnico: suministro de datos
- Dirección de sede: revisión de metas