

Diseño e implementación de un plan de mantenimiento para los equipos del laboratorio de máquinas térmicas alternativas (L.M.T.A.) de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander

Iván Fernando Ruiz Amarillo

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Jorge Luis Chacón Velazco

PhD. Ingeniería de termo fluidos aplicada a motores térmicos

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería Mecánica
Bucaramanga
2025

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Dios y a mi familia. Sin su apoyo incondicional, esta etapa de mi vida no habría sido posible culminarla con éxito. Representa un hito significativo que marcará un antes y un después tanto en mi carrera profesional como en mi integridad personal.

A mi madre Tirza, mis hermanos Wilson Andrés y Roció Eugenia, mi Tío Hipólito. Su apoyo moral, emocional y financiero me han impulsado a superar obstáculos y desafíos, y me han brindado la fortaleza necesaria para alcanzar mis objetivos académicos.

A lo largo de estos años de arduo trabajo, hemos experimentado un aprendizaje constante y enriquecedor. Este logro no solo es el resultado de mi esfuerzo y perseverancia, sino también del amor, comprensión y respaldo incondicional que he recibido de mi familia.

Además, mi agradecimiento a mi director de proyecto, Jorge Luis Chacón Velasco quien desempeño un papel esencial en mi trayectoria académica. Su orientación experta, su apoyo constante y su dedicación a nuestro éxito fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este proyecto. Su guía nos permitió sortear obstáculos y alcanzar nuestros objetivos de manera efectiva.

Iván F. Ruiz Amarillo

Tabla de Contenido

1.	Planteamiento del problema.....	13
2.	Justificación	16
3.	Objetivos.....	17
3.1	Objetivo general.....	17
3.2	Objetivos Específicos.....	17
4.	Marco Teórico.....	18
4.1	Antecedentes	18
4.1.1	Antecedentes Internacionales.....	18
4.1.2	Antecedentes Nacionales	19
4.1.3	Antecedentes Locales.....	20
4.2	Referentes Teóricos	21
4.2.1	Máquinas Térmicas Alternativas	21
4.2.1.1	Compresores	21
4.2.1.2	Motor de dos tiempos	21
4.2.1.3	Motor de cuatro tiempos.....	22
4.2.1.4	Motor Diesel	22
4.2.1.5	Motor de ignición por chispa.....	22
4.2.2	Información de los bancos del laboratorio de M.T.A.....	23
4.2.2.1	Banco de encendido electrónico	24
4.2.2.2	Banco de inyección a gasolina.....	25
4.2.2.3	Banco de metrología	26
4.2.2.4	Grupo electrógeno Powermate Coleman 7000.....	26
4.2.2.5	Tractor Pequeño.....	27
4.2.2.6	Motor en corte Renault 4.....	28
4.2.2.7	Motor Cummins a Diesel en corte.....	30
4.2.2.8	Banco de Motor Diesel KIA.....	31
4.2.2.9	Cuatrimoto Yamaha.....	32

4.2.2.10	Banco Motor Renault 4.....	33
4.2.3	Bases de datos en MySQL	34
4.2.3.1	¿Qué es un sistema de gestor de bases de datos (SGBD)?	34
4.2.3.2	Características de un Sistema Gestor de Bases de Datos	34
4.2.3.3	Ejemplos de Sistemas Gestores de Bases de Datos	35
4.2.3.4	¿Cuáles son los objetivos de un Sistema Gestor de Bases de Datos?.....	35
4.2.3.5	Sistemas de Gestor de Bases de Datos más Populares	36
4.2.4	Gestión del mantenimiento	37
4.2.4.1	Mantenimiento.....	37
4.2.4.2	Gestión del mantenimiento correctivo.....	37
4.2.4.3	Mantenimiento correctivo no programado	37
4.2.4.4	Mantenimiento Correctivo Programado	38
4.2.4.5	Gestión del mantenimiento preventivo.....	38
4.2.4.6	Norma ISO 14224-2016	39
4.2.4.7	Modelo de análisis de criticidad semicuantitativo (Criticidad total por riesgo)	39
4.2.4.8	Fichas técnicas.....	42
5.	Metodología para el desarrollo del proyecto	42
5.1	Tipo de investigación.....	42
5.2	Materiales y herramientas utilizados para la implemantacion del plan de mantenimiento.....	43
5.3	Desarrollo de los objetivos específicos.....	43
5.3.1	Implementación de la base de datos en MySQL basada en la información de los bancos, equipos e instrumentación del laboratorio de M.T.A	44
5.3.1.1	Sistema de codificación aplicado	45
5.3.1.2	Listado de máquinas y equipos.....	49
5.3.1.3	Desglose de máquinas en equipos, componentes y elementos.....	49
5.3.1.4	Acopio de manuales técnicos disponibles	50
5.3.1.5	Formato de fichas técnicas	50

5.3.2	Análisis de criticidad de los bancos, equipos e instrumentación del laboratorio de M.T.A, Usando el modelo de criticidad semicuantitativo “CTR” (Criticidad Total por Riesgo).....	55
5.3.2.1	Análisis de criticidad de los equipos y bancos del laboratorio de M.T.A	55
5.3.2.2	Análisis y representación de la criticidad de equipos.....	57
5.3.3	Creación e implementación de la base de datos en MySQL.....	60
5.3.3.1	Configuración de un entorno de desarrollo en Python	60
5.3.3.2	Creación de la base de datos en phpMyAdmin, utilizando XAMPP.....	60
5.3.3.3	Codigo en Python para el sistema de gestión de inventario.	61
5.3.3.4	Interfaz Gráfica.....	61
5.3.3.4.1	Logotipos en el menú superior	62
5.3.3.4.2	Botones de documentos externos con funcionalidad	63
5.3.3.4.3	Botones y funciones del sistema de gestión de inventario de la base de datos.....	64
5.3.3.5	Crear la base de datos en phpMyAdmin utilizando XAMPP	67
5.3.3.5.1	Crear una base de datos en phpMyAdmin	67
5.3.3.5.2	Importar el archivo inventario.sql a la base de datos	67
5.3.3.5.3	Verificar la importación de la base de datos	68
5.3.4	Diseñar e implementar un sistema de información de mantenimiento preventivo para los bancos, equipos e instrumentación del laboratorio de M.T.A. Utilizando macros de Excel. 69	
5.3.4.1	Recolección y levantamiento de información	69
5.3.4.2	Análisis de requerimientos y diseño del sistema	70
5.3.4.3	Definición de Objetivos del plan de mantenimiento para el laboratorio	70
5.3.4.4	Desarrollo del sistema de mantenimiento preventivo y programación de macros.....	71
5.3.4.4.1	Primera hoja de la plantilla “Equipos” : identificación y frecuencia de mantenimiento.....	71
5.3.4.4.2	Segunda hoja “Programa” Control de mantenimiento preventivo de los equipos.....	72
5.3.4.4.3	Tercera hoja de la plantilla “informe” indicadores por equipo y semanal. .	73
5.3.4.4.4	Funcionalidades y automatización	75

- 5.3.4.4.5 Ventajas del enfoque 75
- 5.3.5 Realizar las pruebas y ajustes al sistema de información; Así como, los respectivos manuales de instalación, usuario y mantenimiento del sistema de información. 75
- 6. Conclusiones 77
- 7. Recomendaciones y trabajos Futuros..... 78
- 8. Cronograma de actividades..... 79
- 9. Presupuesto 80
- Referencias Bibliográficas 81

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Entrada al laboratorio de máquinas térmicas alternativas</i>	23
Figura 2. <i>Laboratorio de máquinas térmicas alternativas</i>	23
Figura 3. <i>Motor Toyota F110 y Banco de Encendido electrónico</i>	24
Figura 4. <i>Vista Lateral Motor Toyota F110 y Banco de Encendido electrónico</i>	25
Figura 5. <i>Banco de inyección electrónica a gasolina</i>	25
Figura 6. <i>Banco de metrología</i>	26
Figura 7. <i>Grupo Electrónico Powermate Coleman 7000</i>	27
Figura 8. <i>Vista lateral Grupo Electrónico Powermate Coleman 7000</i>	27
Figura 9. <i>Tractor pequeño</i>	28
Figura 10. <i>Motor en corte Renault 4</i>	28
Figura 11. <i>Vista Lateral de Motor en corte Renault 4</i>	29
Figura 12. <i>Motor Cummins Diesel en corte</i>	30
Figura 13. <i>Vista lateral Motor Cummins Diesel en corte</i>	30
Figura 14. <i>Banco Motor Diesel KIA</i>	31
Figura 15. <i>Vista Lateral Banco Motor Diesel KIA</i>	32
Figura 16. <i>Cuatrimoto Yamaha</i>	32
Figura 17. <i>Banco Motor Renault 4</i>	33
Figura 18. <i>Vista lateral Banco Motor Renault 4</i>	33
Figura 19. <i>Matriz de criticidad</i>	40
Figura 20. <i>Niveles de estructuración</i>	46
Figura 21. <i>Niveles de aplicación</i>	47
Figura 22. <i>Modelo de codificación</i>	47
Figura 23. <i>Formato de ficha técnica página 1</i>	52
Figura 24. <i>Formato de ficha técnica página 2</i>	54
Figura 25. <i>Tabla de factores ponderados</i>	56

Figura 26. <i>Nomenclatura de matriz de criticidad.....</i>	58
Figura 27. <i>Resultado de análisis de criticidad para el banco de encendido convencional motor Toyota.....</i>	58
Figura 28. <i>Inventario actualizado de elementos del laboratorio de MTA. Primera página, se agregaron las columnas de observaciones, lugar de ubicación, condición del equipo</i>	61
Figura 29. <i>Logotipo de la escuela de ingeniería mecánica.....</i>	62
Figura 30. <i>Imagen de representación del laboratorio de M.T.A</i>	62
Figura 31. <i>Logotipo de la Universidad Industrial de Santander.....</i>	62
Figura 32. <i>Botón de plan de mantenimiento preventivo de los equipos del laboratorio.....</i>	63
Figura 33. <i>Botón de normas generales del laboratorio.....</i>	63
Figura 34. <i>Botón de manual de usuario de la base de datos.....</i>	64
Figura 35. <i>Botón de buscar.....</i>	65
Figura 36. <i>Botón de agregar/actualizar articulo.....</i>	65
Figura 37. <i>Botón limpiar todo.....</i>	65
Figura 38. <i>Botón Eliminar articulo.....</i>	66
Figura 39. <i>Botón Salir de la aplicación.....</i>	66
Figura 40. <i>Botón Insertar Hoja de Vida de equipo.....</i>	66
Figura 41. <i>Interfaz de la base de datos del laboratorio de MTA.....</i>	68
Figura 42. <i>Interfaz de la base de datos del laboratorio de MTA segunda sección.....</i>	68
Figura 43. <i>Hoja de “Equipos” Datos de equipos del laboratorio de M.T.A y frecuencia de mantenimiento.....</i>	71
Figura 44. <i>Hoja de “Programa” Control de mantenimiento preventivo de equipos del laboratorio de MTA.....</i>	73
Figura 45. <i>Hoja de “Informe” Informe de indicadores por equipo y semanal</i>	74

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Numeración de equipos</i>	49
Tabla 2 <i>Datos específicos del equipo</i>	51
Tabla 3 <i>Objetivos del laboratorio de M.T.A y objetivos del mantenimiento</i>	70
Tabla 4 <i>Presupuesto del proyecto, tabla de valor VIE</i>	80

Lista de Apéndices

Los apéndices están disponibles en el Repositorio Institucional.

Apéndice A. Configuración de un entorno de desarrollo en Python

Apéndice B. Código en Python

Apéndice C. Ampliación de manual de Python (mejoras en Base de Datos)

Apéndice D. Manual de instalación XAMPP

Apéndice E. Manual de instalación MySQL y MySQL Workbench

Apéndice F. Guía rápida Instalación MySQL Community Server con MySQL Workbench

Apéndice G. Manual de usuario base de datos del Laboratorio de MTA

Apéndice H. Manual de Usuario control de mantenimiento de laboratorio de MTA

Apéndice I. Análisis de criticidad de equipos de Laboratorio de MTA

Apéndice J. Fichas técnicas equipos del laboratorio de MTA

Apéndice K. Valores de criticidad adaptados al laboratorio MTA

Apéndice L. Norma Iso-14224 de 2016 en español

Apéndice M. Control de Mantenimiento preventivo de equipos del laboratorio de MTA

Resumen

Título: Diseño e implementación de un plan de mantenimiento para los equipos del laboratorio de máquinas térmicas alternativas (L.M.T.A.) de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander

Autor: Iván Fernando Ruiz Amarillo.

Palabras Clave: Base de datos, MySQL, Mantenimiento Preventivo, Criticidad, Equipo, Máquinas Térmicas.

Descripción: El proyecto de grado está orientado al desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento preventivo aplicable a los equipos del laboratorio de máquinas térmicas alternativas (MTA) de la escuela de ingeniería mecánica, en la Universidad Industrial de Santander. Actualmente, el laboratorio evidencia una notable falta de procedimientos sistematizados para la gestión del mantenimiento, lo que conlleva diversas limitaciones y riesgos significativos: se incrementan las posibilidades de fallos inesperados, se disminuye la vida útil de la maquinaria y se impacta negativamente la calidad de la enseñanza práctica ofrecida en este espacio académico. Además, se pone en riesgo la seguridad tanto de los usuarios del laboratorio como del personal encargado del mantenimiento.

Para abordar estos desafíos, el proyecto adopta una metodología que combina enfoques de investigación tanto cualitativos como cuantitativos. Este enfoque permite un diagnóstico preciso de la situación actual, identificando puntos críticos y áreas de mejora. Entre las estrategias propuestas, destaca el desarrollo de una base de datos relacional empleando MySQL, la cual establece buenas prácticas para la recolección, organización y análisis de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos. Esto asegura que la información recabada sea homogénea, confiable y útil para la toma de decisiones estratégicas sobre el mantenimiento.

Asimismo, se prevé la creación de herramientas digitales mediante hojas de cálculo avanzadas en Excel, enfocadas en la gestión de actividades de mantenimiento, control de insumos, seguimiento de tareas asignadas y registro del historial de intervenciones. Estas herramientas facilitan la trazabilidad y la transparencia operativa, permitiendo identificar tendencias y optimizar recursos en tiempo real.

Los objetivos específicos del proyecto incluyen: la actualización del inventario de equipos, la evaluación de la criticidad de los diferentes componentes mediante matrices cualitativas (priorizando aquellos más susceptibles a fallos), y la implementación de un sistema de información robusto para registrar y consultar el historial de mantenimiento. El proyecto de grado está orientado al desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento preventivo y proactivo, optimizando el rendimiento y la disponibilidad de los equipos del laboratorio, minimizando riesgos, y elevando la calidad de los procesos de aprendizaje y experimentación académica.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ingeniería Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica Director: Jorge Luis Chacón Velazco Doctor en ingeniería de termofluidos aplicada a motores térmicos.

Asbtract

Title: Design and Implementation of a Maintenance Plan for the Equipment of the Reciprocating Heat Engine Laboratory (RHE) at the School of Mechanical Engineering, Industrial University of Santander.

Author: Iván Fernando Ruiz Amarillo.

Keywords: Database, MySQL, Preventive Maintenance, Criticality, Equipment, Thermal Engines.

This thesis focuses on the development and implementation of a preventive maintenance plan applicable to the equipment of the Reciprocating Heat Engine Laboratory (RHE) at the School of Mechanical Engineering, Industrial University of Santander. Currently, the laboratory exhibits a significant lack of systematized maintenance management procedures, which entails several limitations and significant risks: the possibility of unexpected failures increases, the useful life of the machinery decreases, and the quality of practical teaching offered in this academic space is negatively impacted. Furthermore, the safety of both laboratory users and maintenance personnel is jeopardized. To address these challenges, the project adopts a methodology that combines both qualitative and quantitative research approaches. This approach allows for an accurate diagnosis of the current situation, identifying critical points and areas for improvement. Among the proposed strategies, the development of a relational database using MySQL establishes best practices for the collection, organization, and analysis of equipment reliability and maintenance data. This ensures that the information collected is consistent, reliable, and useful for strategic maintenance decision-making.

Likewise, the creation of digital tools using advanced Excel spreadsheets is planned, focused on the management of maintenance activities, control of inputs, tracking assigned tasks, and recording intervention history. These tools facilitate traceability and operational transparency, allowing for the identification of trends and optimization of resources in real time.

The specific objectives of the project include updating the equipment inventory, assessing the criticality of the different components using qualitative matrices (prioritizing those most susceptible to failure), and implementing a robust information system to record and consult maintenance history. This comprehensive strategy seeks to transform the current reactive paradigm into a preventive and proactive one, optimizing the performance and availability of laboratory equipment, minimizing risks, and improving the quality of learning processes and academic experimentation.

*Degree Project

**Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering Director:

Jorge Luis Chacón Velazco. PhD in Thermofluid Engineering Applied to Thermal Enginee.

1. Planteamiento del problema

El mantenimiento preventivo es una estrategia fundamental en la gestión de equipos y maquinarias, ya que sigue un enfoque sistemático basado en la recopilación y análisis de datos sobre su funcionamiento y estado. A partir de esta información, se quiere desarrollar un programa de mantenimiento estructurado, cuyo propósito es optimizar la disponibilidad, el rendimiento y la confiabilidad de cada componente dentro de un sistema de producción. Esto se logra mediante la ejecución de actividades programadas de acuerdo con un plan previamente establecido, minimizando así fallas inesperadas y garantizando la operatividad de los equipos en el tiempo.

En el caso específico del laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (L.M.T.A.) de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander (UIS), se ha identificado la ausencia de un plan de mantenimiento adecuado para los bancos de ensayo y demás equipos utilizados en las prácticas académicas. Tanto el conocimiento del docente como mi propia observación han permitido evidenciar que esta falta de mantenimiento representa un aspecto crítico que afecta directamente la calidad del laboratorio. La precisión en los experimentos, la disponibilidad de los equipos y la seguridad de los estudiantes dependen en gran medida de la correcta conservación y funcionamiento de estos elementos.

Ante esta situación, he decidido llevar a cabo esta investigación con el objetivo de diseñar e implementar un proyecto de mantenimiento preventivo para los bancos del laboratorio. La finalidad principal de este proyecto es prolongar la vida útil de los equipos, reducir el riesgo de fallas y evitar que estos dispositivos lleguen a un estado de deterioro que pueda comprometer la seguridad de los estudiantes. Además, el plan de mantenimiento propuesto servirá como una herramienta de comunicación efectiva entre docentes y alumnos, facilitando el seguimiento y la gestión de las tareas de mantenimiento.

A través de este proyecto, se pretende establecer un programa de mantenimiento estructurado que garantice el correcto funcionamiento del laboratorio, permitiendo que los equipos se encuentren siempre en condiciones óptimas para su uso. De esta manera, se busca no solo mejorar la calidad de las prácticas académicas, sino también fomentar una cultura de prevención y conservación dentro de la comunidad universitaria, asegurando que las futuras generaciones de estudiantes cuenten con un laboratorio seguro, eficiente y en óptimas condiciones operativas.

Durante el desarrollo de las clases de laboratorio de la asignatura de Máquinas Térmicas Alternativas, se ha observado que no existe un plan de mantenimiento formal para los equipos utilizados en las prácticas. Actualmente, el laboratorio solo dispone de algunas normas de seguridad y procedimientos básicos para el encendido y apagado de los equipos, pero carece de un sistema estructurado que garantice su adecuado funcionamiento a lo largo del tiempo.

Esta situación ha generado la necesidad de diseñar e implementar un plan de mantenimiento específico para los instrumentos del laboratorio, con el propósito de asegurar su disponibilidad y correcto desempeño. La ausencia de un mantenimiento planificado no solo aumenta el riesgo de fallas en los equipos, sino que también puede afectar directamente la calidad del aprendizaje de los estudiantes. Un laboratorio con equipos en óptimas condiciones permite la realización de experimentos más precisos y confiables, lo que incide de manera significativa en la formación académica y práctica del futuro ingeniero mecánico.

Por ello, es fundamental establecer un programa de mantenimiento que contemple inspecciones periódicas, revisiones preventivas y acciones correctivas oportunas, de manera que se reduzcan al mínimo las interrupciones en las actividades académicas. Con la implementación de este plan, no solo se prolongará la vida útil de los equipos, sino que también se contribuirá a la seguridad de los estudiantes y docentes, garantizando un ambiente de aprendizaje más eficiente y

seguro.

En conclusión, contar con un plan de mantenimiento estructurado en el laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas es una necesidad, ya que impacta directamente en la calidad de la enseñanza y en la preparación de los estudiantes para enfrentar los desafíos de la ingeniería mecánica en su ejercicio profesional.

2. Justificación

El laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (L.M.T.A.) de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander es fundamental para la formación práctica de los estudiantes. Sin embargo, actualmente carece de un plan estructurado de mantenimiento para sus equipos, lo que ocasiona fallas imprevistas, disminución en la vida útil de la maquinaria y afecta la calidad educativa.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo se vuelve necesaria para optimizar la disponibilidad y funcionamiento de los equipos, garantizando un entorno seguro y adecuado para la enseñanza. Este plan busca prolongar la vida útil de los equipos, minimizar interrupciones en las prácticas y asegurar la operatividad continua para estudiantes y grupos de investigación. Además, fomentará una cultura de prevención y conservación dentro de la comunidad universitaria.

El proyecto propone el desarrollo de una base de datos en MySQL y un sistema gestionado con macros de Excel para controlar tareas de mantenimiento, insumos y reportes, permitiendo una gestión más eficiente y transparente. Se aplicarán normas internacionales, como la ISO 14224:2016 para la recolección y manejo adecuado de datos de confiabilidad y mantenimiento, y se realizará un análisis de criticidad para priorizar los componentes más vulnerables.

En conclusión, el diseño y ejecución de este plan contribuye significativamente a mejorar la confiabilidad operativa del laboratorio, la calidad de la enseñanza práctica y la seguridad, además de sentar las bases para la replicabilidad de esta gestión en otros laboratorios. Así, se asegura que la infraestructura educativa esté alineada con las mejores prácticas, beneficiando a las futuras generaciones de ingenieros mecánicos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos del Laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (LM.T.A.) de la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

3.2 Objetivos Específicos

Implementar una base de datos basada en la información de los bancos, equipos e instrumentación del laboratorio de M.T.A, Utilizando el lenguaje de consulta estructurada SQL y motor MySQL, que además tenga en cuenta los siguientes elementos:

- Actualizar y diagnosticar el inventario de los equipos y bancos del laboratorio. Se seguirán las pautas planteadas por la norma ISO14224:2016, “Industrias de petróleo y gas natural-Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos”.
- Diligenciar los respectivos formatos y hojas de vida de los equipos.
- Realizar un análisis de criticidad de los de los bancos, equipos e instrumentación del laboratorio de M.T.A. Usando el método de criticidad cualitativo matriz de consecuencia-complejidad.

Diseñar e implementar un sistema de información de mantenimiento preventivo para los bancos, equipos e instrumentación del laboratorio de M.T.A. Utilizando macros de Excel. El software de mantenimiento permitirá: introducir la información de cada banco, equipo e instrumentos, creando fichas técnicas y asignando tareas de mantenimiento preventivo a nivel de los equipos del laboratorio, esto permitirá la gestión de insumos, repuestos y herramientas en cada semestre.

Realizar las pruebas y ajustes al sistema de información; Así como, los respectivos manuales de instalación, usuario y mantenimiento del sistema de información.

4. Marco Teórico

El marco teórico de este proyecto se sustenta en información recopilada de estudios previos y fundamentos teóricos, y se organiza en dos partes. En la primera sección se presentan antecedentes e investigaciones relacionadas con el tema, abarcando estudios realizados a nivel internacional y nacional. La segunda parte se dedica a explorar los fundamentos teóricos, con el propósito de establecer una base sólida que respalde los conceptos clave utilizados en la formulación del problema y en la definición de los objetivos.

4.1 Antecedentes

Basándose en la bibliografía revisada, se analizaron trabajos de grado que tratan el desarrollo de sistemas de información de mantenimiento para laboratorios de diferentes universidades. A partir de este análisis se expone el objetivo principal y el diseño metodológico empleado en cada estudio, detallando los resultados obtenidos y las contribuciones que estos aportan a la propuesta actual de investigación, considerando su aplicación en contextos internacionales, nacionales y locales.

4.1.1 *Antecedentes Internacionales*

En la Universidad de Callao Lima, Perú, se desarrolló la tesis “Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos y máquinas del laboratorio de mecánica de fluidos y máquinas térmicas de la fime-unac 2018.” (Gutiérrez Hervías & Tena Jacinto, 2019). El cual tenía como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento para los equipos y máquinas del laboratorio de Mecánica de Fluidos y Máquinas Térmicas de la FIME-UNAC con el objetivo de mejorar su disponibilidad y garantizar su óptimo funcionamiento. Esto se logrará a través del análisis del historial y diagnóstico de los equipos, la evaluación de su operatividad y el estudio de su criticidad.

En los resultados del presente trabajo fue que se planeó, programó e inspeccionó el plan de

mantenimiento establecido, con el fin de evitar reparaciones costosas. Además, se inculcó que la gestión del mantenimiento debe ser una responsabilidad compartida por todos los docentes del laboratorio, quienes deben seguir procedimientos estandarizados y trabajar continuamente en la mejora de los procesos. Es importante tener en cuenta que la capacidad para realizar un buen mantenimiento influye directamente en la disponibilidad de los equipos. Se obtuvo una mejora en la disponibilidad de los equipos, de un 68,75 % a un 86,75%.

4.1.2 Antecedentes Nacionales

El proyecto “Diseño del laboratorio de bases de datos para el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Católica de Colombia” tuvo como objetivo principal fortalecer el área curricular de administración de la información mediante el diseño de un laboratorio especializado. La propuesta se fundamentó en analizar las necesidades actuales de los laboratorios existentes y en identificar los requisitos fundamentales para la instalación de nuevos servicios e infraestructuras, con un énfasis en la enseñanza y aplicación práctica de bases de datos relacionales.

En la ejecución del proyecto, MySQL fue seleccionado como el sistema gestor de bases de datos principal, debido a su naturaleza de código abierto, eficiencia en el manejo de grandes volúmenes de datos y facilidad de integración con entornos académicos. El laboratorio fue diseñado no solo pensando en la infraestructura tecnológica, sino también en el desarrollo de competencias prácticas en los estudiantes para la administración y modelado de bases de datos. Los resultados del proyecto evidenciaron que la implementación de MySQL permitió optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje, facilitando el acceso a herramientas modernas para la gestión de datos y contribuyendo a elevar el nivel académico del programa al estandarizar las prácticas y ofrecer una plataforma robusta para la experimentación y el desarrollo de proyectos

estudiantiles.

4.1.3 Antecedentes Locales

Chinchilla Pino y López Rodríguez (2014) desarrollaron un programa de mantenimiento preventivo para los laboratorios de posgrado de la Escuela de Química de la Universidad Industrial de Santander, enfocado en los equipos críticos identificados mediante un análisis de criticidad. El objetivo principal fue optimizar la gestión y disponibilidad de los equipos, implementando un sistema de información para gestionar inventarios, programar y hacer seguimiento a las actividades de mantenimiento. Como resultado, se logró migrar de un mantenimiento correctivo a uno preventivo estructurado, aumentando la confiabilidad operativa y facilitando la toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos y humanos.

Gómez Márquez, DA (2014) desarrollaron una solución integral para las necesidades de mantenimiento de los activos de la División de Planta Física de la Universidad Industrial de Santander. Para ello, se diseñó un plan de mantenimiento preventivo respaldado por herramientas informáticas que permiten optimizar la gestión y programación de tareas.

Se inició con el análisis del estado actual del mantenimiento y la identificación de activos. Se desarrolló una base de datos mediante Microsoft Access para sistematizar los registros y procesos, incluyendo módulos para fichas técnicas, órdenes de trabajo, historial de mantenimiento, solicitudes de servicio e indicadores. Además, se utilizó Microsoft Project para la planificación y control de las actividades de mantenimiento.

Los resultados muestran una mayor organización y eficacia en la gestión del mantenimiento, con capacidad para llevar información histórica y de costos, facilitando la toma de decisiones futuras. Se realizó un análisis de criticidad que permitió priorizar las actividades según el impacto de los activos, y se diseñaron listas de chequeo y estrategias para controlar la calidad

de las labores realizadas.

Finalmente, se desarrolló un manual de usuario y se capacito al personal para asegurar el uso adecuado de las herramientas creadas, contribuyendo así a la mejora continua de la gestión del mantenimiento en la universidad.

4.2 Referentes Teóricos

4.2.1 Máquinas Térmicas Alternativas

Una máquina térmica alternativa es un sistema mecánico compuesto por diferentes componentes que facilitan el intercambio de energía, típicamente a través de un eje, al variar la energía de un fluido que experimenta cambios significativos en su densidad mientras atraviesa la máquina. Se trata de una máquina de fluido en la que la variación del volumen específico del fluido es lo suficientemente significativa como para que los efectos mecánicos y térmicos estén estrechamente relacionados entre sí. (ALVAREZ FLOREZ,2002, pag 107 citado por CORZO, GOMEZ,2019 pag 20).

4.2.1.1 Compresores

Un compresor es una herramienta diseñada para incrementar la presión y mover ciertos fluidos compresibles, como gases y vapores. Esto se logra mediante un intercambio de energía entre el compresor y el fluido. Lo anterior se produce a través de una transformación de energía entre el instrumento y el fluido , en la cual la mano de obra realizada por el compresor se transfiere a la cosa que pasa por él y se transforma en energía de flujo. (Bloch, 1998,pag 3, citado por CORZO, GOMEZ,2019 pag 24).

4.2.1.2 Motor de dos tiempos

También llamado motor de ciclos, es una clase de motor de propulsión interna que terminan

los 4 pasos del ciclo termodinámico (admisión , compresión, explosión y escape) en dos movimientos lineales del pistón, que corresponden a una vuelta completa del cigüeñal. Esto lo diferencia del motor de cuatro tiempos de tipo Otto más habitual , en el que las cuatro etapas se realizan en dos vueltas completas del cigüeñal. Este propulsor puede trabajar en ambos ciclos de Otto y de Diésel. (BALSELLS GRANDE , 2005, pag 271 citado por CORZO, GOMEZ,2019 pag 29).

4.2.1.3 Motor de cuatro tiempos

Es un modelo de propulsión de origen interior que puede funcionar en ambos ciclos Otto y Diésel, además requiere cuatro propulsiones del pistón o del émbolo (dos vueltas enteras del cigüeñal) para acabar con el ciclo de energía termodinámica de propulsión. Estos cuatro periodos son : admisión , compresión, combustión o explosión, y escape . (BALSELLS GRANDE , 2005, pag. 203 citado por CORZO, GOMEZ,2019, pag. 32).

4.2.1.4 Motor Diesel

El motor de Diesel es una clase de motor térmico de propulsión interna, que se caracteriza por su funcionamiento en base a la autoignición del fluido. Este principio se encuentra basado en las elevadas temperaturas originadas por la alta relación de compresión, como se rige en el ciclo del diésel. (KATES & LUCK, 1981,pag 25-28 citado por CORZO, GOMEZ,2019, pag. 35).

4.2.1.5 Motor de ignición por chispa

El motor convencional de ciclo Otto, es un motor de tipo alternativo de cuatro tiempos (4T). A pesar de ello, en usos como los motores fuera de borda y los vehículos de dos ruedas de cilindrada particular , ha sido muy popular el de dos tiempos (2T).

4.2.2 Información de los bancos del laboratorio de M.T.A

Para recopilar esta información, se consultó la base de datos de la biblioteca para identificar los proyectos relacionados con el laboratorio y los equipos específicos. El objetivo era obtener una comprensión clara del funcionamiento y la operación de dichos equipos. Con esta finalidad, se recopiló la siguiente información. En las figuras 1 y 2 se muestra la entrada y vista del laboratorio de MTA.

Figura 1

Entrada al Laboratorio de máquinas térmicas alternativas

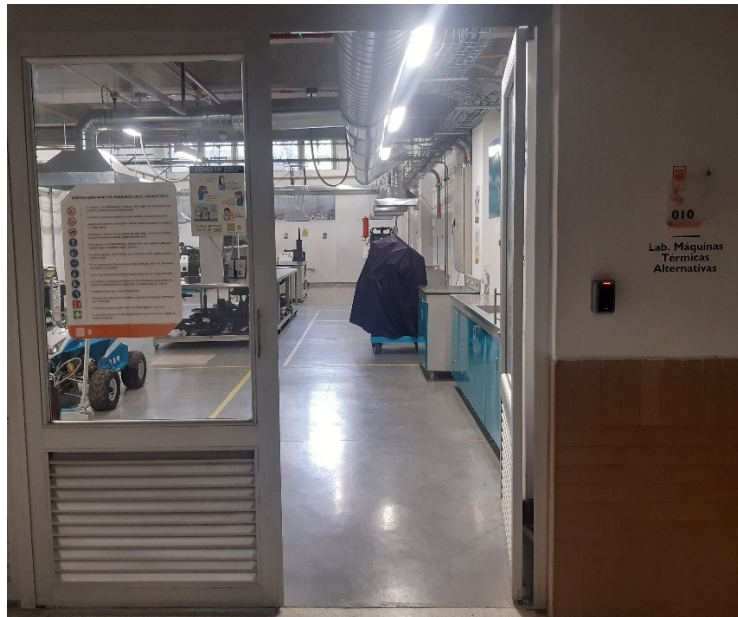


Figura 2

Laboratorio de máquinas térmicas alternativas



4.2.2.1 Banco de encendido electrónico

Este es un banco de pruebas existente en el laboratorio de M.T.A. Este banco este acoplado a un motor Toyota F110 que se encuentra actualmente en funcionamiento. Este banco se puede observar en las figuras 3 y 4.

Figura 3

Motor Toyota F110 y Banco de Encendido electrónico

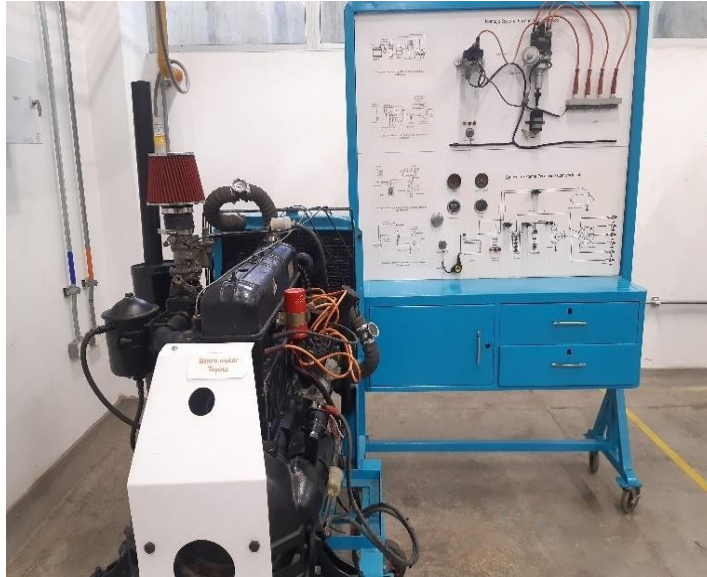
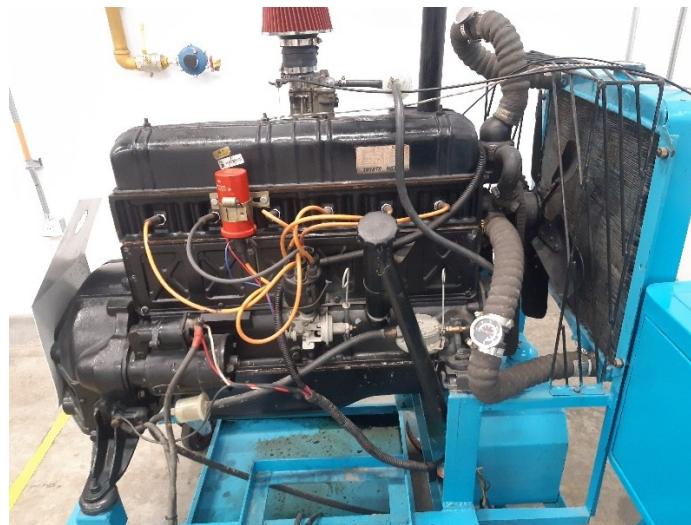


Figura 4

Vista Lateral Motor Toyota F110 y Banco de Encendido electrónico

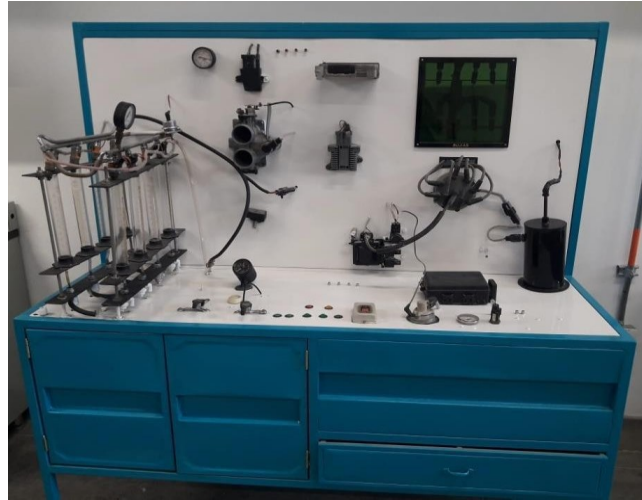


4.2.2.2 Banco de inyección a gasolina

Permite conocer y estudiar los diferentes elementos que corresponden a un sistema de inyección electrónica.

Figura 5

Banco de inyección electrónica a gasolina



4.2.2.3 Banco de metrología

El laboratorio cuenta con un banco básico para pruebas de metrología en piezas relacionadas con M.T.A.

Figura 6

Banco de metrología



4.2.2.4 Grupo electrógeno Powermate Coleman 7000

Este permite estudiar los componentes y sistemas de una planta de generación de energía y su desempeño utilizando diferentes combustibles (gasolina o gas natural). En las figuras 7 y 8 se puede observar los componentes del grupo electrógeno.

Figura 7*Grupo Electrónico Powermate Coleman 7000***Figura 8***Vista lateral Grupo Electrónico Powermate Coleman 7000***4.2.2.5 Tractor Pequeño**

Con este equipo se puede observar y estudiar los diferentes elementos, sistemas y el funcionamiento de este tipo de motores.

Figura 9

Tractor pequeño

**4.2.2.6 Motor en corte Renault 4**

Equipo utilizado para estudiar y visualizar los movimientos internos de motores a gasolina. Equipo con instrumentación para realizar el movimiento de los componentes. Los componentes del motor se pueden apreciar en las figuras 10 y 11.

Figura 10

Motor en corte Renault 4



Figura 11

Vista Lateral de Motor en corte Renault 4



4.2.2.7 Motor Cummins a Diesel en corte

Equipo utilizado para estudiar y visualizar los movimientos internos de motores Diesel. Equipo con instrumentación para realizar el movimiento de los componentes. En las figuras 12 y 13 se pueden apreciar los principales componentes del motor Cummins.

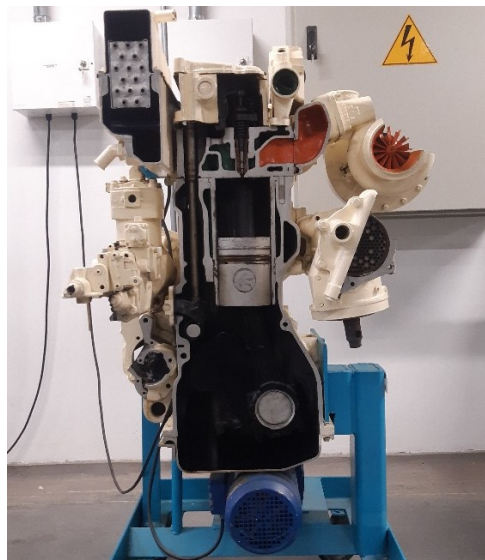
Figura 12

Motor Cummings Diesel en corte



Figura 13

Vista Lateral Motor Cummins Diesel en corte



4.2.2.8 Banco de Motor Diesel KIA

Equipo utilizado para realizar pruebas de rendimiento de un motor de combustión interna. Principalmente en mostrar a los estudiantes el funcionamiento del motor. En las figuras 14 y 15 se puede apreciar los principales componentes del motor KIA.

Figura 14

Banco Motor Diesel KIA



Figura 15

Vista Lateral Banco Motor Diesel KIA

**4.2.2.9 Cuatrimoto Yamaha**

Equipo utilizado para estudiar y visualizar los sistemas mecánicos de un vehículo motorizado. En la figura 16 se puede observar el cuatrimoto Yamaha.

Figura 16

Cuatrimoto Yamaha



4.2.2.10 Banco Motor Renault 4

Equipo utilizado para realizar pruebas de rendimiento de un motor de combustión interna. Principalmente en mostrar a los estudiantes el funcionamiento del motor. El banco se puede apreciar en las figuras 17 y 18.

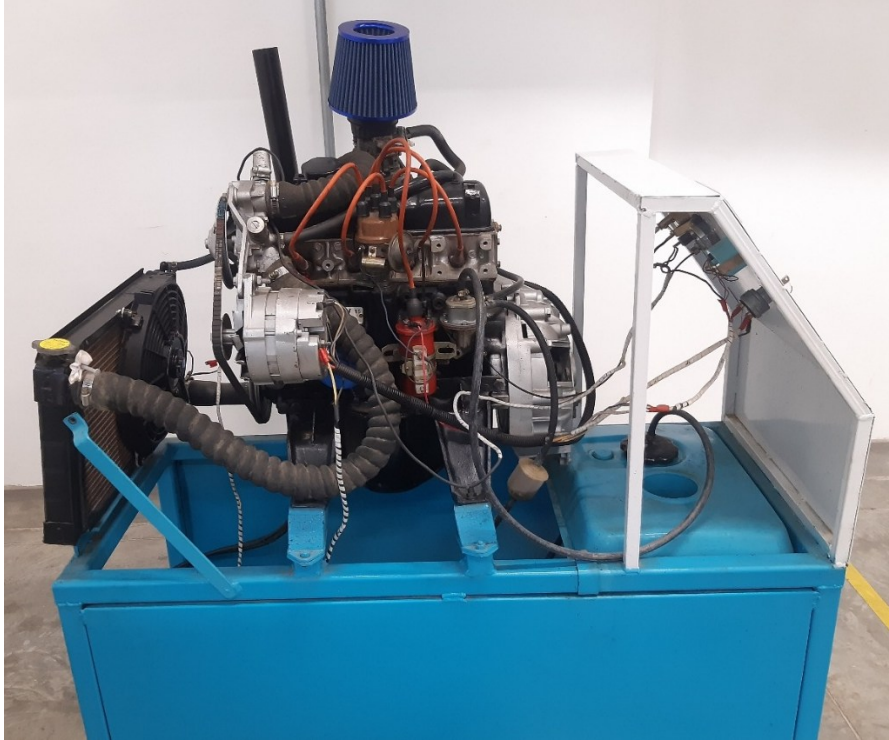
Figura 17

Banco Motor Renault 4



Figura 18

Vista Lateral Banco Motor Renault 4



4.2.3 Bases de datos en MySQL

4.2.3.1 ¿Qué es un sistema de gestor de bases de datos (SGBD)?

(Hostinger,2022) dice que un sistema gestor de bases de datos, conocido como SGBD, es una herramienta que ayuda a almacenar, organizar y acceder a grandes volúmenes de datos de manera eficiente. Piensa en una biblioteca extensa donde se guardan libros; cada libro representa un dato, y el SGBD actúa como el bibliotecario que organiza y facilita la búsqueda de la información que necesitas.

4.2.3.2 Características de un Sistema Gestor de Bases de Datos

Los SGBD cuentan con varias características clave:

- **Organización:** Facilitan la estructuración de datos de forma ordenada, similar a una hoja de cálculo en Excel, para que sea sencillo buscar y recuperar información.
- **Seguridad:** Protegen los datos, asegurando que solo las personas autorizadas puedan

acceder a ellos, como un candado que resguarda una puerta.

- Eficiencia: Realizan búsquedas y almacenamiento de datos rápidamente, como si fueran una máquina mágica para encontrar información.
- Integridad: Garantizan la calidad de los datos, previniendo su corrupción o pérdida, actuando como verdaderos defensores de la información.

4.2.3.3 Ejemplos de Sistemas Gestores de Bases de Datos

Existen varios tipos de SGBD; aquí se presentan dos ejemplos populares:

- MySQL: Este SGBD es ampliamente utilizado en aplicaciones web, actuando como un experto en el almacenamiento de datos en línea.
- Microsoft SQL Server: Es un SGBD común en empresas y organizaciones grandes, facilitando la gestión de datos empresariales.

4.2.3.4 ¿Cuáles son los objetivos de un Sistema Gestor de Bases de Datos?

Un SGBD persigue varios objetivos importantes:

- Almacenamiento eficiente: Guardar grandes cantidades de datos sin desperdiciar espacio.
- Acceso rápido: Permitir la localización y uso de datos de forma veloz.
- Mantenimiento de la integridad: Proteger los datos contra daños o pérdidas, actuando como un guardián de tesoros.

Un buen SGBD debe permitir :

- Creación y modificación de bases de datos: Como cuando se crea una carpeta en la computadora.
- Agregar, actualizar y eliminar datos: Similar a escribir, editar y borrar en un cuaderno.
- Realizar consultas: Buscar información específica, como cuando se navega por

Internet.

- Proteger los datos: Asegurar que la información confidencial no sea accesible sin autorización.

4.2.3.5 Sistemas de Gestor de Bases de Datos más Populares

- **MySQL** : es un sistema para gestionar bases de datos relacionales que utiliza el lenguaje SQL y funciona bajo una arquitectura de tipo cliente-servidor. Este gestor destaca por ser uno de los más populares debido a que puede instalarse y ejecutarse en varias plataformas, como Linux, Windows y macOS. Además, MySQL es compatible con diferentes lenguajes de programación, entre los que se encuentran C, C++, Java, Perl, PHP, Python y Ruby.

Es un sistema de gestión de bases de datos relacional, lo que implica que organiza la información en tablas y conserva las conexiones entre los distintos datos. Al ser un software de código abierto, cualquier persona puede editar, compartir y publicar MySQL bajo la Licencia Pública General de GNU. No obstante, si se desea utilizar el código de MySQL dentro de productos comerciales o integrarlo en aplicaciones con fines lucrativos, es necesario obtener una versión licenciada. Si utilizas MySQL, puedes encontrar útil phpMyAdmin, una aplicación web gratuita que facilita la gestión de MySQL con una interfaz intuitiva.

- **PostgreSQL**: es un sistema de gestión de bases de datos de nivel empresarial y de código abierto, que permite realizar consultas tanto relacionales mediante SQL como no relacionales usando JSON.

4.2.4 *Gestión del mantenimiento*

4.2.4.1 Mantenimiento

El término "mantenimiento" abarca una amplia gama de significados y puede ser interpretado de varias maneras dependiendo del contexto en que se utilice, aunque estas definiciones pueden quedarse cortas en ciertos aspectos. No obstante, una definición generalizada del mantenimiento sería la siguiente: El mantenimiento se refiere a una serie de acciones que están organizadas y planeadas con el propósito de corregir o evitar posibles fallas en instalaciones y equipos. (PARRA & CRESPO , 2012,pag 1 citado por DAMAGUALA,Elsa,2014, pag. 13).

4.2.4.2 Gestión del mantenimiento correctivo

El método más habitual en Sudamérica, denominado también enfoque reactivo, consiste en reparar las máquinas o equipos solo cuando ocurren fallas o desperfectos. Este enfoque se divide principalmente en dos tipos: el correctivo no planificado, que se lleva a cabo de manera inmediata después de que se presenta la avería, y el correctivo planificado, que se organiza previamente con el objetivo de reducir las interrupciones en las operaciones y aprovechar mejor los recursos.

4.2.4.3 Mantenimiento correctivo no programado

Cuando un equipo sufre una avería inesperada, se llevan a cabo acciones correctivas que consisten en reparar o reemplazar la parte dañada para que vuelva a funcionar. Este proceso, denominado mantenimiento correctivo no programado, tiene como objetivo reducir al máximo el tiempo en que el sistema está fuera de servicio y limitar los efectos negativos sobre la operación. No obstante, al ser una medida reactiva, con frecuencia genera costos más altos por la necesidad de adquirir repuestos rápidamente, pagar horas extra de trabajo y enfrentar posibles interrupciones en la producción.

4.2.4.4 Mantenimiento Correctivo Programado

Se efectúan los cambios necesarios de repuestos cuando se observa que algún componente de la máquina está cerca de presentar una falla. Esto sucede al detectar señales iniciales de deterioro en el equipo, las cuales pueden ser identificadas mediante inspecciones realizadas por los operadores. Estas revisiones permiten prever posibles fallos, garantizando una intervención a tiempo que disminuya el impacto en la operación y evite daños mayores en el sistema.

4.2.4.5 Gestión del mantenimiento preventivo

La gestión del mantenimiento preventivo implica planificar actividades destinadas a preservar el equipo en condiciones óptimas de funcionamiento. Estas actividades se enfocan en el control de las partes críticas del equipo antes de que se produzcan fallas, teniendo en cuenta factores como la vida útil, el esfuerzo, la potencia y otras características específicas del equipo. Esto permite establecer una frecuencia para las tareas de mantenimiento. La elaboración de un plan de mantenimiento preventivo está sujeta a dos fuentes principales:

- El manual de usuario proporciona las especificaciones del fabricante que detallan las condiciones ideales de funcionamiento, la vida útil y la capacidad operativa del equipo. Además, indica las partes críticas que necesitan mantenimiento, así como las actividades necesarias y sus frecuencias correspondientes.

- El historial del equipo proporciona una experiencia acumulada donde se documentan los modos de falla. Esta información permite determinar las partes críticas del equipo y establecer las frecuencias para las tareas de mantenimiento en base a estos hallazgos. (GARCIA GARRIDO, 2003 citado por DAMAGUALA, Elsa, 2014, pag. 19).

La planificación del mantenimiento preventivo se realiza por fases para mayor facilidad:

1. La primera fase, el **inventario técnico de los equipos**, se recopila información detallada

sobre sus características específicas. Además, se recogen todos los manuales, fichas técnicas, planos y esquemas correspondientes a los diferentes equipos.

2. Estructuración de los planes y cronogramas de mantenimiento. Implementación del plan de mantenimiento. se registra cuidadosamente toda reparación realizada, así como el uso de repuestos. Estos registros son esenciales para garantizar un control efectivo y un seguimiento adecuado del plan de mantenimiento. (GONZALES,F. 2005 citado por DAMAGUALA,Elsa,2014, pag. 20).

4.2.4.6 Norma ISO 14224-2016

Se usa esta norma para catalogar los equipos identificados mediante la norma **ISO 14224-2016** para recolección e intercambio de datos.

4.2.4.7 Modelo de análisis de criticidad semicuantitativo (Criticidad total por riesgo)

El análisis de criticidad busca identificar cuáles equipos o sistemas son más importantes dentro de una organización y establecer los criterios adecuados para evaluarlos. Con base en esta evaluación, se elabora una clasificación por niveles —alta, media o baja criticidad— teniendo en cuenta aspectos como la seguridad, el impacto ambiental, los costos de operación, la frecuencia con que ocurren fallas y el tiempo necesario para repararlas. Esta clasificación jerarquizada sirve como punto de partida para diseñar estrategias que mejoren la confiabilidad de los elementos más relevantes del sistema.

Uno de los métodos más comunes para llevar a cabo este tipo de análisis es el enfoque **semicuantitativo**. Este modelo se basa en el conocimiento y juicio de expertos, quienes asignan valores numéricos a diversos factores mencionados anteriormente. Estos valores se combinan mediante una fórmula ponderada que permite calcular un índice de criticidad para cada

componente evaluado.

Según Gutiérrez, Agüero e Ivaneska (2019), este tipo de análisis emplea escalas relativas para evaluar tanto la probabilidad como la frecuencia de eventos, así como sus consecuencias. Los resultados se presentan en una matriz visual con un sistema de colores que indica la magnitud del riesgo, desde niveles bajos hasta críticos. Un ejemplo de este tipo de representación puede observarse en la figura 19.

Figura 19

Matriz de criticidad

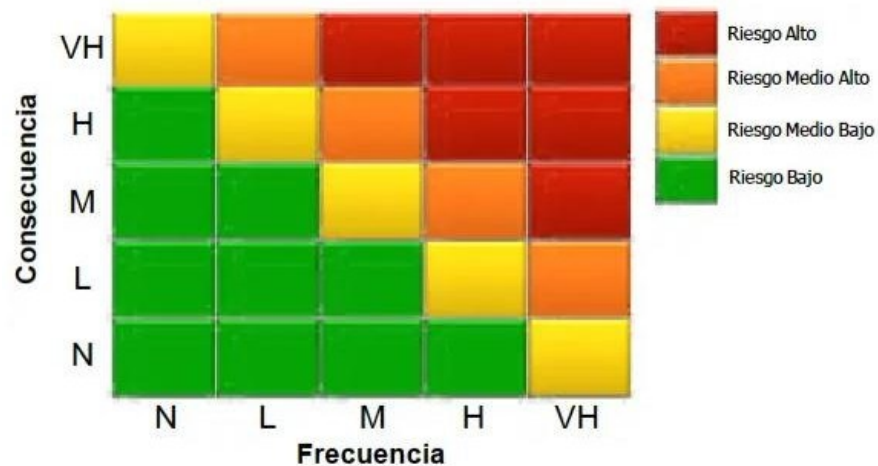


Figura 1. Matriz de Criticidad

Nota. Matriz de criticidad relación consecuencia y frecuencia. Tomado de *Análisis de Criticidad* [Figura], por Gutiérrez, Agüero, & Ivaneska, 2019. (<https://predictiva21.com/analisis-criticidad-integral-activos>).

El modelo semicuantitativo es una herramienta ampliamente empleada para realizar análisis de criticidad, ya que integra elementos tanto cualitativos como cuantitativos. Esta combinación permite obtener una evaluación más completa, precisa y objetiva del riesgo asociado a equipos, sistemas o procesos en una planta industrial. Gracias a este enfoque, las opiniones de expertos respaldadas por datos concretos pueden transformarse en valores ponderados que ayudan a

identificar y priorizar los elementos más críticos. Su principal fortaleza es su versatilidad, pues puede adaptarse fácilmente a diversos entornos industriales y a diferentes requerimientos.

En este modelo, la criticidad se calcula como el resultado de multiplicar la frecuencia de fallas por el nivel de consecuencia, según la fórmula:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de Fallas} \times \text{Consecuencia}$$

Aquí, la frecuencia se refiere a la probabilidad de que ocurra una falla en un período determinado. La consecuencia, por su parte, se obtiene sumando varios factores que representan el impacto total de dicha falla, y se expresa como:

$$\text{Consecuencia} = (\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{SHA} + \text{IC}$$

Cada uno de estos componentes evalúa un aspecto específico del impacto:

- **Frecuencia de Fallas (FF):** Refleja cuán confiable es un equipo o sistema, indicando cuántas veces falla durante un intervalo de tiempo.
- **Impacto Operacional (IO):** Mide cuánto se afecta el rendimiento del proceso productivo debido a las fallas, expresado como un porcentaje de pérdida de capacidad o eficiencia.
- **Flexibilidad Operacional (FO):** Evalúa la habilidad del sistema para seguir funcionando o adaptarse ante fallas. Incluye la existencia de equipos alternativos o el tiempo mínimo necesario para realizar reparaciones.
- **Costo de Mantenimiento (CM):** Considera los costos involucrados en las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo, incluyendo materiales, mano de obra y tiempos de parada.
- **Impacto en Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (SHA):** Evalúa los riesgos que una falla puede representar para la seguridad de las personas, la salud y el entorno.
- **Impacto en la Calidad (IC):** Mide cómo una falla puede afectar la calidad del producto o

servicio, comprometiendo estándares y especificaciones.

Este modelo permite tener una perspectiva completa del nivel de criticidad de los equipos o sistemas.

4.2.4.8 Fichas técnicas

Las fichas técnicas son documentos clave para la gestión del mantenimiento, ya que reúnen información precisa y completa sobre cada máquina o equipo. Su uso facilita la revisión técnica y el registro de hallazgos, resultados y cualquier novedad encontrada. Estas fichas no solo permiten llevar un control detallado del estado de los equipos, sino que también ayudan a mejorar la organización y realización de las tareas de mantenimiento.

Entre los aspectos más relevantes que contienen se encuentran:

- **Información general del equipo:** como el nombre, código de identificación, marca, modelo, número de serie y lugar donde está instalado.
- **Especificaciones técnicas:** incluyen detalles como la potencia, capacidad, dimensiones, peso y otros datos técnicos importantes.
- **Registro de mantenimiento:** contiene el historial de trabajos realizados, tanto preventivos como correctivos, además de las inspecciones.
- **Condiciones de uso:** señala cómo debe operarse el equipo, sus límites funcionales y las condiciones ambientales requeridas.
- **Notas o comentarios:** espacio destinado a registrar observaciones, recomendaciones y cualquier hallazgo detectado durante el mantenimiento o las inspecciones.

5. Metodología para el desarrollo del proyecto

5.1 Tipo de investigación

Este proyecto se enmarca dentro del tipo de investigación descriptiva con un enfoque mixto, ya que se centra en caracterizar detalladamente la situación actual del laboratorio de máquinas térmicas alternativas (L.M.T.A.), particularmente en lo relacionado con el estado, uso y mantenimiento de sus equipos. La investigación busca comprender a fondo las condiciones operativas, el historial de intervenciones y las necesidades técnicas de cada uno de los equipos presentes en el laboratorio. A partir de esta descripción detallada, se propone el diseño y la posterior implementación de un plan de mantenimiento adecuado.

5.2 Materiales y herramientas utilizados para la implementación del plan de mantenimiento

Los materiales que se utilizarán para el diseño e implementación del plan de mantenimiento del laboratorio de M.T.A. son los siguientes:

- Programador de la base de datos en MySQL.
- Asesoría de director de proyecto.
- Asesoría del técnico y auxiliar encargados de los equipos del laboratorio MTA.
- Inventarios de bancos, equipos e instrumentos de laboratorio de M.T.A
- Todos los historiales de mantenimiento y manuales de fabricantes de los equipos que estén disponibles.
- Un equipo de cómputo.
- Licencia del sistema de administración de bases de datos relacionales MySQL.
- Licencia de Microsoft Office 365 para la herramienta Excel.

5.3 Desarrollo de los objetivos específicos

A continuación, se describen las actividades desarrolladas para el cumplimiento del objetivo específico número uno.

5.3.1 Implementación de la base de datos en MySQL basada en la información de los bancos, equipos e instrumentación del laboratorio de M.T.A

El primer paso es la actualización y diagnóstico del inventario de los equipos y bancos del laboratorio de M.T.A, con la aplicación de la norma ISO 14224 del 2016:

- **Revisión documental:** Se realizó una recopilación de toda la información y registros existentes relacionados con el inventario actual de equipos y bancos del laboratorio.
- **Inspección física:** Se recorrió las instalaciones para verificar la existencia real, el estado y las características de cada equipo o banco, comparando con los registros actuales.
- **Inspección física:** Se tomó como guía los lineamientos y formatos de la norma ISO 14224 para identificar los parámetros y datos necesarios para la actualización del inventario, garantizando la recolección de información estructurada y estandarizada de los bancos y equipos en **funcionamiento**.
- **Actualización del inventario:** Se modificó y corrigió la base de datos actual incorporando los datos faltantes, rectificando errores de identificación o clasificación y eliminando información redundante o desactualizada.
- **Diagnóstico:** se evaluó el estado general (operacional, en mantenimiento, fuera de servicio, etc.) y registrar observaciones relevantes para futuras acciones.

Para iniciar este proyecto con la primera etapa, se considera lo siguiente: "Establecer y mantener un inventario de equipos debe ser el primer paso de cualquier documentación" (Burnett, 1998). Un inventario facilita la identificación de activos, la asociación de repuestos específicos y la conservación de registros de tareas preventivas o reparaciones. Para ello, es fundamental contar con un registro de datos completo y confiable, que también aporte información adicional sobre la ubicación (ML, 2012).

Para asegurar que los datos obtenidos durante el levantamiento sean de calidad, se siguieron las pautas establecidas en la norma **ISO 14224:2016 [E]**, tercera edición del 01 de octubre de 2016, titulada “Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural: Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos” en su **sección 7**, la cual proporciona una guía para obtener datos de calidad.

5.3.1.1 Sistema de codificación aplicado

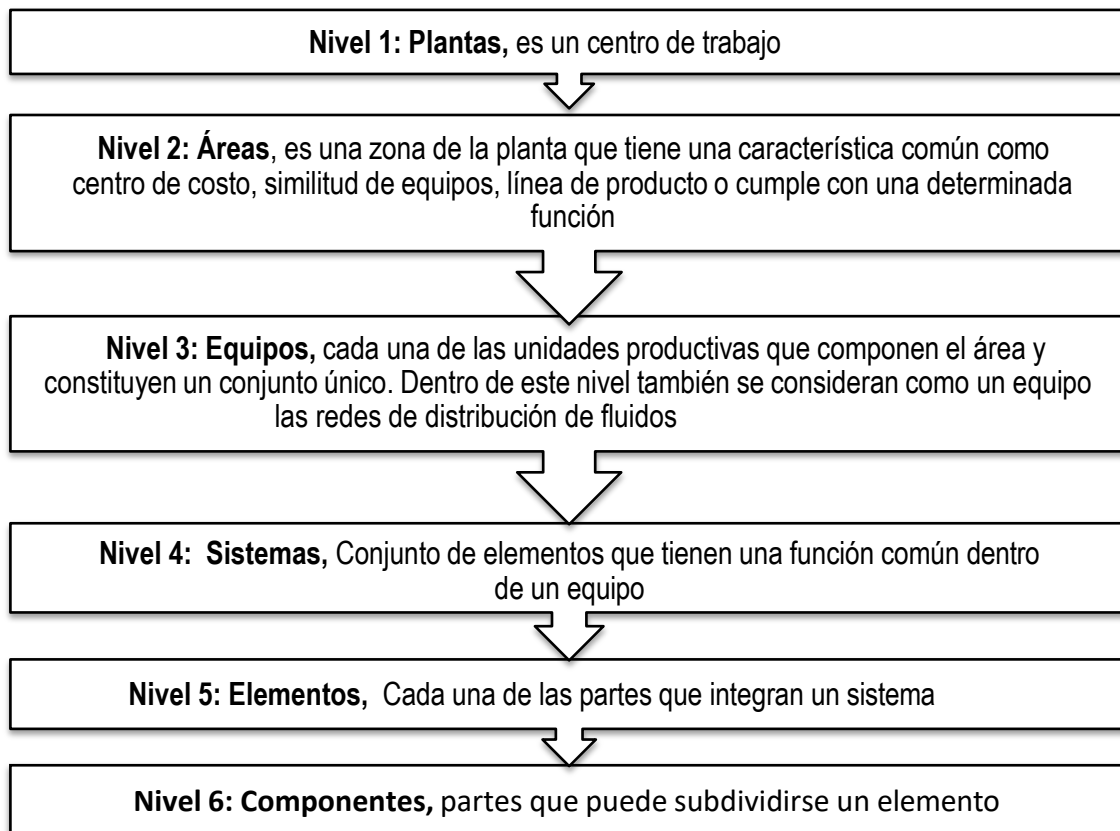
La codificación permite identificar de forma inequívoca los equipos, y debe ser un sistema que permita a todos los usuarios manejar los ítems de manera sencilla y accesible.

Existen básicamente dos tipos de sistemas de codificación (GARCIA GARRIDO, 2003):

- **Sistemas de codificación no significativos:** asignan un número correlativo sin información adicional. La ventaja de este sistema es su simplicidad por códigos cortos.
- **Sistemas de codificación significativos o inteligentes:** incluyen información valiosa, permitiendo observar la ubicación, el tipo y la familia a la que pertenece el equipo. La desventaja de este sistema el tamaño del código, es más largo.

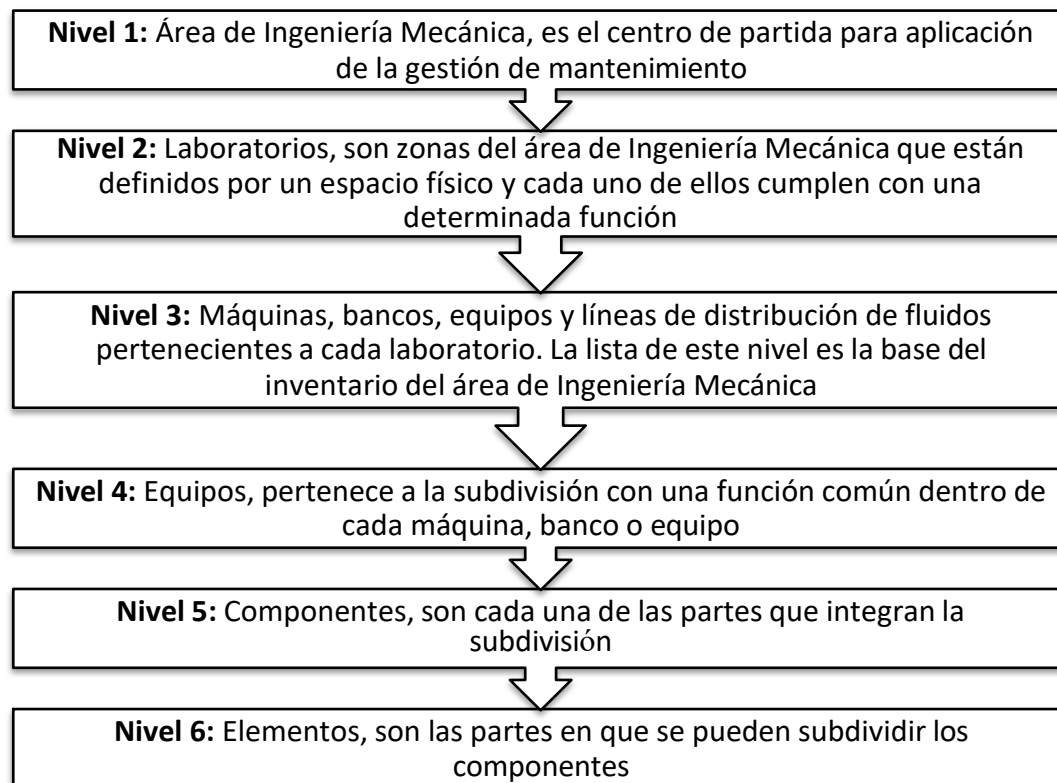
El sistema de codificación significativo se basa en un listado de forma arbórea con niveles de estructuración como se muestra en la figura 20 , en donde se observa las relaciones de dependencia:

entre los niveles de estructuración con seis niveles de profundidad (GARCIA GARRIDO, 2003).

Figura 20*Niveles de estructuración*

Nota: Niveles de estructuración. Adaptado de (GARCIA GARRIDO, 2003).

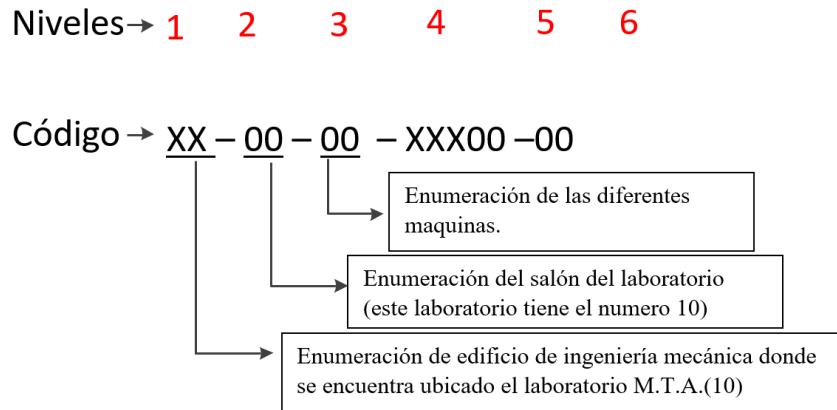
Para la codificación de los equipos en el laboratorio se ha seleccionado el sistema significativo debido a la diversidad de laboratorios dentro de la escuela de ingeniería mecánica y se define los niveles como se muestra en la figura 21.

Figura 21*Niveles de aplicación*

Nota. Niveles de aplicación. Adaptado de (GARCIA GARRIDO, 2003)

Los primeros dos niveles fueron definidos en consenso por miembros de la división de mantenimiento tecnológico durante una reunión organizada por el área de Mecánica, en la cual se discutieron temas relacionados con el mantenimiento en las diferentes partes de la Universidad. Los tres niveles siguientes se fundamentan en la norma ISO 14224:2016. La figura 22 muestra el significado del modelo de codificación.

Figura 22*Modelo de codificación*



Nota. Modelo de Codificación. Adaptado de (GARCIA GARRIDO, 2003)

- **Nivel 1** :Se considera el número del edificio donde está ubicado el laboratorio de M.T.A, en este caso es el edificio 10, edificio nuevo de ingeniería mecánica.
- **Nivel 2** :Cada área cuenta con pocos laboratorios, en total en el edificio son 20 laboratorios. Por ello, se han destinado dos dígitos para identificarlos, y la numeración de cada laboratorio es asignada por cada área. Este es el laboratorio número 10.
- **Nivel 3** :El laboratorio tiene menos de 99 máquinas o equipos, por lo que se utilizan dos dígitos para numerarlas.
- **Nivel 4**: Este nivel utiliza un código compuesto por tres letras y dos números, donde se explica el proceso de ingreso de instalaciones al software de mantenimiento elaborado en Excel.
- **Nivel 5** :Este nivel identifica los componentes de cada equipo, usando dos dígitos para registrar los componentes mantenibles de forma organizada y en orden ascendente.
- **Nivel 6** :En este nivel se enumeran los elementos de cada componente, también utilizando dos dígitos para identificarlos.

5.3.1.2 Listado de máquinas y equipos

El laboratorio incluye una cantidad de bancos, máquinas, equipos e instrumentos, que corresponden al nivel 3. Según la norma ISO 14224-2016, el término "unidad de equipo" (equipment unit) marca el nivel máximo de detalle. En este proyecto, el nivel máximo se define como "máquina," y puede incluir cualquier banco, máquina, equipo, instrumento o grupo de sistemas que funcionen de forma independiente.

En la tabla 1, se presenta un listado de las máquinas y equipos ubicadas en el laboratorio:

Tabla 1

Numeración de equipos

Número	Ítem
1	Banco Motor Toyota F110 y tablero de encendido
2	Banco Motor KIA Diésel
3	Banco Motor Renault 4
4	Banco de inyección de gasolina
5	Cuatrimoto
6	Motor en Cummins en corte - Diésel
7	Motor de gasolina en corte
8	Dinamómetro (Banco de ensayo de pruebas de M.C.I)
9	Grupo electrógeno (Planta eléctrica o a gas)
10	Banco de inyección electrónica

Nota. En la tabla se muestra numerados los equipos principales del laboratorio de máquinas térmicas alternativas.

5.3.1.3 Desglose de máquinas en equipos, componentes y elementos

Una vez que se ha listado las máquinas, y siguiendo la norma ISO 14224, "se recomienda elaborar una jerarquía del equipo. El nivel superior corresponde a la clase de unidad de equipo, y el número de subdivisiones dependerá de la complejidad y el uso de los datos de la unidad de equipo..." Para aclarar los criterios de desglose, también se toma en cuenta el ejemplo de esta

norma, que indica que “un instrumento podría no necesitar una subdivisión adicional, mientras que un compresor puede requerir varios niveles. Además, el análisis RCM exige datos específicos sobre el mecanismo de fallos a nivel de las partes mantenibles” (Standardization, 2016) . De acuerdo con esta recomendación, es necesario tomar decisiones al analizar una máquina y desglosarla en equipos, componentes y elementos, para asegurar que las tareas de mantenimiento sean específicas a cada nivel.

5.3.1.4 Acopio de manuales técnicos disponibles

Una vez finalizado el listado de máquinas y equipos, es necesario documentar toda la información disponible, que incluye los siguientes elementos:

- Formato creado para generar un informe anual del plan de mantenimiento, el cual estará en la Coordinación de Laboratorios del área de Ingeniería Mecánica.
- Datos técnicos - Manuales de operación - Manual de mantenimiento - Listado de componentes de los equipos - Certificados de seguridad y cumplimiento regulatorio.

5.3.1.5 Formato de fichas técnicas

El historial de la máquina comienza con los datos técnicos. Para este proyecto, después de completar el listado de máquinas, se recopilan fichas técnicas cuyo formato final se basa en tres criterios:

- Información del equipo conforme a la norma ISO 14224-2016.
- Datos de mantenimiento según la aplicación de RCM (GARCIA GARRIDO, 2003).
- Información adicional destinada exclusivamente al área de Mecánica.

En el **Apéndice J** se muestra el formato de ficha técnica que se tuvo en cuenta para la recolección de datos de las máquinas. Los datos específicos del equipo, según la norma ISO 14224-2016, se detallan en la tabla 2:

Tabla 2*Datos específicos del equipo*

Datos del equipo según la norma ISO 14224 Tercera edición 01-10-2016	Datos que se muestran en el formato de la ficha técnica en la figura 2.4
“Datos de identificación, por ejemplo, ubicación del equipo, clasificación, datos de instalación, datos de la unidad de equipo” (Standardization, 2016)	Se garantiza con el código del equipo que se muestra en el formato como <i>Numero de Inventario</i> .
“Datos de diseño, por ejemplo, datos del fabricante, características de diseño...” <i>GENERALES</i> (Standardization, 2016)	Se muestra dentro del recuadro <i>DATOS</i>
“Datos de aplicación, por ejemplo, operación, ambiente...” (Standardization, 2016)	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, cabe indicar que en esta sección es diferente para cada máquina o equipo puesto que las especificaciones técnicas únicas y vienen dadas por el fabricante.

Nota. Datos específicos de equipo o máquina.

Por otra parte, los datos más sobresalientes necesarios para el mantenimiento de cada uno de los equipos dentro del laboratorio son los siguientes:


Análisis de la importancia del equipo:

En esta sección, se detalla la razón por la cual un equipo se clasifica con un nivel específico de criticidad. Esto permite que cualquier persona interesada pueda consultar y comprender las razones detrás de su clasificación. Se deben incluir los siguientes aspectos:

- Repuestos críticos: Identificar las piezas clave que deben mantenerse en stock para el funcionamiento del equipo.
- Repuestos a largo plazo: Estimar las piezas de repuesto que podrían ser necesarias durante un período de 5 años.
- Consumibles: Enumerar los materiales necesarios para el funcionamiento del equipo (como lubricantes, filtros, etc.), indicando sus características específicas.
- Capacitación: Describir las actividades formativas necesarias para adquirir los conocimientos que permitan realizar el mantenimiento del equipo.
- Código : Numero de inventario o Identificador del equipo.
- Vida útil: Duración estimada en años.

Figura 23

Formato de ficha técnica página 1


	PROCESO RECURSOS TECNOLÓGICO SUBPROCESO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS HOJA DE VIDA DE EQUIPOS E HISTORIAL DE MANTENIMIENTO - BPM		Código: FRT.26			
			Versión: 01 Página: 1 de 2			
N° de inventario: _____ Nombre del equipo: _____ Lugar de ubicación: _____						
FOTOGRAFIA DEL EQUIPO		INFORMACION GENERAL				
		Marca:	_____			
		Modelo:	_____			
		Serie:	_____			
		Fecha de compra (opcional):	_____			
		Fecha de recepción (opcional):	_____			
		Fecha inicio de función (opcional):	_____			
		Tiempo de garantía inicial (opcional):	_____			
		Fabricante (opcional):	_____			
		Proveedor (opcional):	_____			
N° de contrato (opcional):	_____					
		Costo del equipo (opcional):	_____			
DESCRIPCIÓN GENERAL Y USOS DEL EQUIPO						
DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO						
Alto (cm):	_____	Potencia eléctrica (Voltaje):	_____			
Ancho (cm):	_____	Frecuencia (Hertz):	_____			
Profundidad (cm):	_____	Corriente (Amperios):	_____			
Diámetro (cm):	_____	Capacidad del equipo:	_____			
Peso del Equipo (Kg):	_____	Otro:	_____			
INTERVENCIONES METROLÓGICAS APLICABLES			ACCESORIOS DE MEDICIÓN DEL EQUIPO			
Tipo de intervención	Requiere esa		Accesorio(s) de medición	Equipo incorporado		Frecuencia de calibración sugerida
	SI	NO		Periodicidad de intervención sugerida	SI	
Mantenimiento Preventivo:						
Calibración:						
Limpieza y Desinfección:						
VARIABLES METROLÓGICAS APLICABLES AL EQUIPO						
Variable	Unidad de Medida	Rango	Tolerancia	Resolución		
DOCUMENTACIÓN SOPORTE DEL EQUIPO						
N°	Nombre del Documento	Idioma	Cantidad	Archivo Físico	Archivo Digital	Lugar o ruta de archivo
ACCESORIOS DEL EQUIPO						
N°	Nombre del accesorio/Marca	N° inventario o referencia	Descripción del uso y precauciones	Cantidad	Lugar de ubicación	Imagen de referencia
CONSUMIBLES DEL EQUIPO						
N°	Nombre del consumible/Marca	N° inventario o referencia	Descripción del uso y precauciones	Cantidad	Lugar de almacenamiento	Imagen de referencia

Nota. Formato de ficha técnica página 1 de 2, se recopilo de los equipos del laboratorio.

Tomado de División de mantenimiento tecnológico UIS.

Figura 24

Formato de ficha técnica página 2

	PROCESO RECURSOS TECNOLÓGICO SUBPROCESO MANTENIMIENTO DE EQUIPOS HOJA DE VIDA DE EQUIPOS	Código: FRT.26 Versión: 01									
E HISTORIAL DE MANTENIMIENTO - BPM		Página: 2 de 2									
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN											
RIESGOS											
FACTOR DE RIESGO	CONTROLES										
CONSECUENCIAS											
DATOS DEL PROVEEDOR DEL EQUIPO											
Empresa: _____ Nombre de Contacto: _____ Teléfono fijo: _____ Celular : _____ Correo electrónico: _____ Dirección correspondencia: _____ Página Web: _____											
DATOS PROVEEDOR DE MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO	DATOS PROVEEDOR DE CALIBRACIÓN										
Empresa: _____ Nombre de Contacto: _____ Teléfono fijo: _____ Celular : _____ Correo electrónico: _____ Dirección correspondencia: _____ Página Web: _____	Empresa: _____ Nombre de Contacto: _____ Teléfono fijo: _____ Celular : _____ Correo electrónico: _____ Dirección correspondencia: _____ Página Web: _____										
HISTORIAL											
N°	Fecha	Tipo de Mantenimiento				Descripción de la actividad realizada	¿ Se archiva informe complementario de la visita ?		Estado Final		Nombre del técnico/ Nombre de quien recibe la visita
		Preventivo	Correctivo	Calibració	Otro		SI	NO	En Funcionamiento	Fuera de Servicio	
	DD/MM/AAAA										
	DD/MM/AAAA										

Nota. Formato de ficha técnica página 2 de 2, se recopilo de los equipos del laboratorio. Tomado de División de mantenimiento tecnológico UIS.

En el segundo paso, se requiere diligenciar y complementar las fichas técnicas y consultar manuales de fabricantes que estén disponibles:

- **Recolección de información:** se consultó manuales de fabricantes disponibles físicos o en

digital, registros internos y placas de identificación de los equipos.

- **Diligenciamiento:** Se complementó la ficha técnica para cada equipo con la información reunida, asegurando la calidad y veracidad de los datos.
- **Organización digital:** se archivó las hojas de vida o fichas técnicas en un repositorio digital en una carpeta o registro, para cada equipo accesible para el personal del laboratorio. Estas hojas de vida de cada equipo del laboratorio se pueden observar en el **Apéndice J**.

5.3.2 Análisis de criticidad de los bancos y equipos del laboratorio de M.T.A, Usando el modelo de criticidad semicuantitativo “CTR” (Criticidad Total por Riesgo).

Un análisis de criticidad es una herramienta utilizada para establecer prioridades en procesos, sistemas y equipos, dividiendo estos elementos en partes más pequeñas que pueden ser gestionadas de forma organizada y controlada. Este método se eligió porque combina criterios de ingeniería con factores medibles y cuantificables. El enfoque principal del análisis está en la frecuencia con la que ocurren fallas y las consecuencias que estas generan.

5.3.2.1 Análisis de criticidad de los equipos y bancos del laboratorio de M.T.A

Como primer paso para realizar el análisis de criticidad se definieron y adaptaron los parámetros a evaluar, tales como impacto en la operación, frecuencia de fallas, costo de reparación, disponibilidad de repuestos, etc. En el **Apéndice K** se muestran los valores de los parámetros adaptados a los equipos del laboratorio de MTA, que se obtuvieron en una reunión conjunta entre el docente, técnico y auxiliar del laboratorio. Para realizar este análisis, se consideran los siguientes aspectos:

- **Frecuencia de falla:** Número de veces que cualquier componente del sistema deja de funcionar, causando una interrupción en un periodo de un año. La escala varía desde 1 a 4, la cual se muestra en la figura 25.

- **Impacto operacional:** Porcentaje de producción que se pierde diariamente debido a las fallas, las cuales pueden detener parcial o totalmente el proceso productivo de los equipos analizados. La escala varía desde entre 1,4,7 y 10, como se muestra en la figura 25.

- **Flexibilidad operacional:** Evalúa qué tan fácil es para el sistema adaptarse a cambios inesperados sin incurrir en mayores costos o pérdidas. La escala toma los valores de 1, 2 o 4, como se muestra en la figura 25.

- **Costos de mantenimiento:** Representa los gastos asociados con las actividades de mantenimiento, excluyendo las pérdidas de producción ocasionadas por las fallas. Para este caso, junto al técnico Fredy Anaya, el auxiliar José Caicedo y docente Jorge Chacón, encargado del laboratorio de definieron los siguientes valores para el impacto por costes de mantenimiento (CM): 2 para costes de reparación superior a 1.000 dólares (4.120.000 pesos) y 1 para costes de reparación inferior a 1.000 dólares (4.120.000 pesos).

- **Impacto en seguridad y medio ambiente:** Considera la probabilidad de que ocurran eventos que puedan dañar equipos, instalaciones, personas o que violen normativas ambientales. La escala varía desde 1 hasta 8, como se observa en la figura 25.

Figura 25

Tabla de factores ponderados

Criticidad total = frecuencia de fallas x consecuencia

Consecuencia = (impacto operacional x flexibilidad) + Costo de Mtto + impacto SAH

Frecuencia de falla:		Costo de Mtto:	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a \$ 20000	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Inferior a \$ 20000	1
Buena 0,5 - 1 fallas/año	2		
Excelente menos de 0,5 fallas/año	1		
Impacto operacional:		Impacto en Seguridad Industrial E Higiene (SAH):	
perdida de todo el despacho	10	Afecta la seguridad humana tanto como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
parada del sistema o subsistema y tiene repercusiones en otros sistemas	7	Afecta el ambiente/ instalaciones	7
Impacto en niveles de inventario o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera ningún efecto significativo Sobre operaciones y producción	1	provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
Flexibilidad operacional:		No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	
No existe opción de producción y no hay Función de repuesto	4		1
Existe opción de repuesto compartido/almacén	2		
Función de repuestos disponibles	1		

Nota. Tabla de factores ponderados para análisis de criticidad total por riesgo[Figura].Adaptado de Presentación de Clases de ingeniería de mantenimiento, Germán Romero, 2023-2.

Con el apoyo de los técnicos responsables, Fredy Anaya, técnico encargado de los laboratorios de la escuela de ingeniería mecánica y José Caicedo, auxiliar de las practicas del laboratorio de M.T.A se llevó a cabo un análisis semicuantitativo de la criticidad de cada componente principal de los bancos y equipos en funcionamiento. Inicialmente, se realizó una inspección detallada en campo de los equipos, lo que permitió recolectar información precisa y relevante. Luego, dichos valores se integraron en la matriz de criticidad, conforme a los resultados obtenidos y aplicando la fórmula definida en el marco teórico.

5.3.2.2 Análisis y representación de la criticidad de equipos

Para cada uno de los componentes de los equipos localizados en el laboratorio de M.T.A, se analizaron los factores relevantes asignándoles una valoración según su nivel de criticidad. Estos factores se incorporaron en una fórmula que permitió obtener un valor numérico para la

consecuencia, el cual refleja el impacto potencial que ocasionaría una falla.

Los resultados de este análisis se presentaron en una hoja de Excel para cada equipo, donde se muestran los valores numéricos de consecuencia calculados para cada componente del equipo, junto con la frecuencia con la que cada uno falla. Esta tabla es una herramienta fundamental para el análisis de la criticidad de los equipos.

Figura 26

Nomenclatura de matriz de criticidad

Matriz de Criticidad						
Frecuencia	5	A	A	MA	MA	MA
	4	M	M	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	A
	1	B	B	B	M	A
		10	20	30	40	50
Consecuencias						
Leyenda						
MA: Muy alta criticidad						
A: Alta Criticidad						
M: Media Criticidad						
B: Baja Criticidad						

Nota. Nomenclatura de matriz de criticidad de Frecuencia Vs Consecuencias, para poder determinar si un componente es de MA: muy alta criticidad, A: alta criticidad, M: media criticidad o B:baja criticidad.

Figura 27

Resultado de análisis de criticidad para el banco de encendido convencional motor Toyota

Banco de Encendido Convencional Motor Toyota									
N°	ELEMENTOS	FF	IO	FO	CM	SHA	C	CTR	Estado(Jerarquización)
1	Tablero de control	2	5	3	1	3	19	38	B
2	Bujía	3	5	3	1	4	20	60	M
3	Modulo electrónico	2	5	3	1	3	19	38	B
4	Bobina seca	3	5	3	1	4	20	60	M
5	Distribuidor eléctrico	2	4	2	1	3	12	24	B
6	Interruptor de arranque	2	4	3	1	2	15	30	B
7	Cuerpo de aceleración	2	4	3	1	2	15	30	B
8	Reloj de RPM	3	4	3	1	4	17	51	M
9	Reloj de presión de aceite	4	5	3	1	4	20	80	M
10	Reloj de temperatura	4	5	3	1	4	20	80	M
11	Sistema motriz	4	7	4	2	4	34	136	A
12	Motor de arranque	3	5	3	1	3	19	57	M
13	Batería	4	6	3	1	2	21	84	A
14	Bujía	3	5	3	1	4	20	60	M
15	Distribuidor eléctrico	2	4	2	1	3	12	24	B
16	Bobina seca	3	5	3	1	4	20	60	M
17	Cables de distribución de bujías	4	6	4	1	3	28	112	A
18	Generador eléctrico o Alternador	5	6	4	1	3	28	140	MA
19	Motor de arranque	2	4	3	1	2	15	30	B
20	Sistema de refrigeración	3	5	3	1	3	19	57	M
21	Radiador	2	6	3	1	3	22	44	B
22	Línea de descarga	2	5	2	1	4	15	30	B
23	Línea de succión	2	5	2	1	4	15	30	B
24	Medidor de temperatura del refrigerante	4	5	3	1	3	19	76	M
25	Ventilador	3	6	2	1	5	18	54	M
26	Termostato	2	3	2	1	4	11	22	B
27	Poleas	4	4	3	1	6	19	76	M
28	Banda en V	4	4	3	1	6	19	76	M
29	Sistema de admisión	2	7	4	1	5	34	68	M
30	Tanque de gasolina	1	5	3	1	7	23	23	B
31	Filtro de combustible en la succión	4	7	4	1	3	32	128	A
32	Bomba de combustible	4	8	3	1	4	29	116	A
33	Filtro de combustible en la descarga	4	7	4	1	3	32	128	A
34	Carburador	4	6	4	1	4	29	116	A
35	Filtro de aire	5	5	3	1	4	20	100	A
36	Múltiple de admisión	2	7	4	1	5	34	68	M
37	Bomba del aceite	4	8	3	1	4	29	116	A
38	Sistema de escape	3	7	4	1	5	34	102	A
39	Múltiple de escape	2	7	4	1	5	34	68	M
40	Catalizador	4	6	4	1	4	29	116	A
41	Tubería de exosto	1	5	4	1	5	26	26	B
42	Cárter	1	4	5	1	5	26	26	B
43	Culata	1	4	5	1	5	26	26	B
44	Medidor de aceite	1	2	3	1	2	9	9	B
45	Volante de inercia	3	5	3	1	4	20	60	M

Nota. Resultado de análisis de criticidad para el banco de encendido convencional motor Toyota, se muestra la jerarquización de los componentes más críticos del banco.

En el **Apéndice I** se muestran los resultados del **análisis de criticidad** de los bancos y equipos del laboratorio que están en funcionamiento. Con los componentes que se encuentran dentro del rango de muy alta criticidad, alta criticidad y media criticidad se usarán como prioridad para la elaboración del plan de **mantenimiento preventivo**.

5.3.3 Creación e implementación de la base de datos en MySQL

5.3.3.1 Configuración de un entorno de desarrollo en Python

Se seleccionó Python como el lenguaje de desarrollo para la base de datos, en el **Apéndice A** se encuentra la guía de instalación para Windows. A continuación, se describen los beneficios más relevantes de usar Python: Una de las fortalezas más notables es su sintaxis clara y fácil de leer. A diferencia de otros lenguajes como Java o PHP, Python utiliza una estructura más cercana al lenguaje natural, lo que facilita tanto el desarrollo como el mantenimiento del código.

En el **Apéndice D**, se muestra la guía donde se describe los pasos necesarios para configurar un entorno de desarrollo en Python en Windows, instalar dependencias desde un archivo requirements.txt, y crear un instalador independiente para la aplicación.

5.3.3.2 Creación de la base de datos en phpMyAdmin, utilizando XAMPP

XAMPP es una herramienta para "emular" un servidor en nuestro propio ordenador, de forma local, desarrollada por Apache Friends. Lo que hace XAMPP es instalar un servidor Apache con MySQL como gestor de base de datos, PHP como lenguaje de script del lado del servidor.

Gracias a esto, es posible desarrollar el proyecto completo de manera local, sin necesidad de disponer de servidores remotos. Dicho todo esto nos disponemos a instalar XAMPP en Windows.

Se procedió a la instalación de XAMPP, este puede ser descargado desde el sitio web <https://www.apachefriends.org/es/index.html>. En el **Apéndice D** se encuentra el manual de instalación.

5.3.3.3 Código en Python para el sistema de gestión de inventario.

El código presentado implementa un sistema de gestión de inventario utilizando Python. El programa utiliza Tkinter para crear la interfaz gráfica de usuario, MySQL para la base de datos y openpyxl para la manipulación de archivos de Excel, que es el formato donde se encuentra el inventario de equipos y bancos del laboratorio. En el **Apéndice B**, se describen detalladamente cada sección y función del código.

Figura 28

Inventario actualizado de elementos del laboratorio de MTA. Primera página, se agregaron las columnas de observaciones, lugar de ubicación, condición del equipo.

NUM. DE INVE	CANTIDAD	EQUIPO				UBICACION				
		DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	MARCA DEL ELEMENTO	FECHA ADQUISICION	OBSERVACIONES	LUGAR	CONDICIÓN	PROVEEDOR	AÑOS DE SERVICIO RESTANTES	VALOR DE COMPRA
781	1	AMPLIFICADOR DE POTENCIA MMF MOD LV102NO. 3589/1 220 V	MMF	1/19/2004		Parte sur izquierda gaveta 158203	BUENO			\$83.993,00
783	1	EXITADOR DE VIBRACION ELECTRODINAMICAMOD-11077 ESE221	RFT	1/19/2004		Parte sur izquierda gaveta 158203	EXCELENTE			\$186.069,00
785	1	CAPTOR PIEZO ELECTRICO DE VELOCIDAD TPO 11087DGA 402-4	RFT	01/10/1982		Parte sur izquierda gaveta 158203	BUENO			\$64.538,00
786	1	CAPTOR PIEZO ELECTRICO DE VELOCIDAD TPO 11087DGA 402-4	RFT	01/10/1982		Parte sur izquierda gaveta 158203	BUENO			\$64.538,00
787	1	CAPTOR PIEZO ELECTRICO DE VELOCIDAD TPO 11087DGA 402-4	RFT	01/10/1982		Parte sur izquierda gaveta 158203	BUENO			\$64.538,00
796	1	CAPTOR PIEZO ELECTRICO DE VELOCIDAD TPO 11087DGA 402-4	RFT	01/10/1982		Parte sur izquierda gaveta 158203	BUENO			\$64.538,00
797	1	CAPTOR PIEZO ELECTRICO DE VELOCIDAD TPO 11087DGA 402-4	RFT	01/10/1982		Parte sur izquierda gaveta 158203	BUENO			\$64.538,00
951	1	MOTOR A GASOLINA MOD-170451 TIPO1620-02SERIE N78020110-7	BRIGGSSTRAT	01/07/1982		Parte norte izquierda	REGULAR			\$20.000,00
1639	1	UNIDAD DE MANDO MODULO PW 3310 NO SB80-3191	RFT	01/10/1982		Laboratorio	REGULAR			\$28.561,00
1862	1	TUBO PITOT REF4303113 DE 500 MM	THIES	01/10/1982		Laboratorio	REGULAR			\$17.808,00
2446	1	MOROR EN CORTE N SIN CAT 38851	LEYBOL	01/01/1983		Parte sur izquierda	REGULAR			\$15.000,00
4682	1	PROFUNDIMETRO DE DIAL	STARRETT	01/01/1983		Laboratorio	REGULAR			\$1.000,00
7452	1	GENERADOR ELECTRICO MOD RFA-3 S 28839	DEYNO	01/01/1984		Laboratorio	REGULAR			\$50.350,00
15134	1	JUEGO DE COPAS CIN CUADRANTE DE 1/2	PROTO	01/07/1990		Laboratorio	BUENO			\$198.556,00
17306	1	FRENO HIDRAULICO # NRD-1900	DAR NSTADT	01/07/1986		Laboratorio	BUENO			\$31.000,00
17314	1	MANOMETRO INCLINADO	FEDDELER	01/01/1983		Laboratorio	NO FUNCIONA			\$1.500,00
17315	1	MANOMETRO INCLINADO	FEDDELER	01/01/1983		Laboratorio	REGULAR			\$1.500,00
17317	1	MICRONAMETRO NO 17317	FEDDELER	01/01/1983		Laboratorio	REGULAR			\$1.500,00
17324	1	FRENO HIDRAULICO NO PN-0001	JUNKERS	01/01/1983		Parte sur izquierda	NO FUNCIONA			\$4.600,00
17325	1	MOTOR NO F106066	TOYOTA	01/01/1983		Parte sur izquierda	REGULAR			\$12.438,00
17328	1	MOTOR NO 1477731	DIESEL	01/01/1983		Parte sur izquierda	REGULAR			\$12.000,00
17498	1	TERMOMETRO DE TUBO CAPILAR 0-120C-742R	HAENNI	01/11/1981		Parte Central derecha cajon 138203	NO FUNCIONA			\$15.200,00
17500	1	TERMOMETRO DE TUBO CAPILAR 0-120C-742R	HAENNI	01/11/1983		Parte Central derecha cajon 138203	REGULAR			\$15.200,00
17501	1	TERMOMETRO DE TUBO CAPILAR 0-120C-742R	HAENNI	01/11/1983		Parte Central derecha cajon 138203	NO FUNCIONA			\$15.200,00
17503	1	TERMOMETRO DE TUBO CAPILAR 0-120C-742R	HAENNI	01/11/1983		Parte Central derecha cajon 138203	BUENO			\$15.200,00
17504	1	TERMOMETRO DE TUBO CAPILAR 0-120C-742R	HAENNI	01/11/1983		Parte Central derecha cajon 138203	BUENO			\$15.200,00
17505	1	TERMOMETRO DE TUBO CAPILAR 0-120C-742R	HAENNI	01/11/1983		Parte Central derecha cajon 138203	BUENO			\$15.200,00
17506	1	TERMOMETRO DE TUBO CAPILAR 0-120C-742R	HAENNI	01/11/1983		Parte Central derecha cajon 138203	BUENO			\$15.200,00
17507	1	TERMOMETRO DE TUBO CAPILAR DF 100 A 650GRADOS.C.TUBO.C	HAENNI	01/11/1981		Parte Central derecha cajon 138203	BUENO			\$26.800,00

Nota. Inventario de elementos del laboratorio de MTA, Adaptado de Sistema de información Financiero UIS, Inventarios - Elementos Devolutivos Mayores,2018.

5.3.3.4 Interfaz Gráfica.

El sistema de gestión de inventarios desarrollado en Python utiliza una interfaz gráfica moderna creada con **Tkinter**. El sistema permite a los usuarios realizar operaciones de gestión del inventario (crear, buscar, actualizar y eliminar), además, proporciona acceso directo a documentos importantes y funcionalidades visuales como botones con iconos, logotipos y tablas interactivas.

El código de esta sección se puede observar en el **Apéndice C**.

5.3.3.4.1 Logotipos en el menú superior

Se añadieron tres logotipos al menú superior para representar las instituciones asociadas. Estos se muestran en la figura 29, figura 30 y figura 31.

Figura 29

Logotipo de la escuela de ingeniería mecánica



Nota. El logotipo izquierdo representa a la escuela de ingeniería mecánica. Tomado de <https://mecanicaxserver.uis.edu.co/eisi/>

Figura 30

Imagen de representación del laboratorio de M.T.A



Nota. El logotipo ubicado en el centro del menú como representación del laboratorio de M.T.A

Figura 31

Logotipo de la Universidad Industrial de Santander



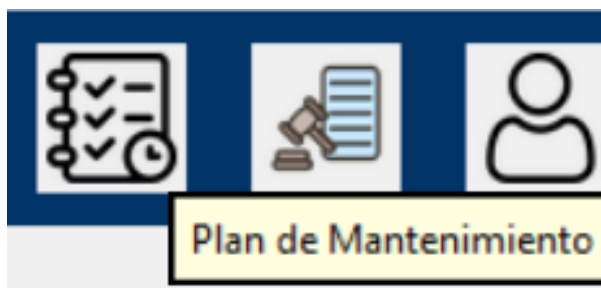
Nota. El logotipo de la UIS ubicado en la parte derecha del menú como representación de la universidad. Tomado de identidad institucional <https://uis.edu.co/uis-identidad-institucional-es/>.

5.3.3.4.2 Botones de documentos externos con funcionalidad

Se crearon tres botones en el menú principal para abrir documentos importantes relacionados con el uso del laboratorio: plan de mantenimiento, normas generales de seguridad y el manual de usuario de la base de datos. Estos botones permiten abrir los archivos específicos directamente desde la interfaz gráfica. Estos botones se muestran en las figuras 32,33 y 34.

Figura 32

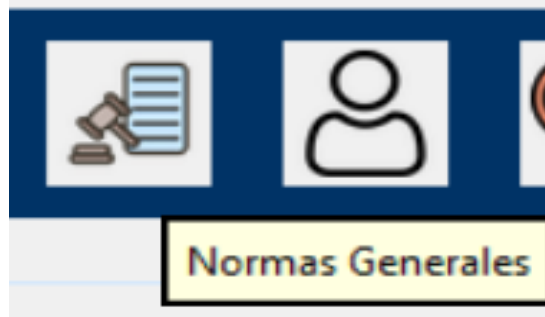
Botón de plan de mantenimiento preventivo de los equipos del laboratorio



Nota. Botón que redirige al archivo externo de Exel del plan de mantenimiento preventivo de los equipos del laboratorio.

Figura 33

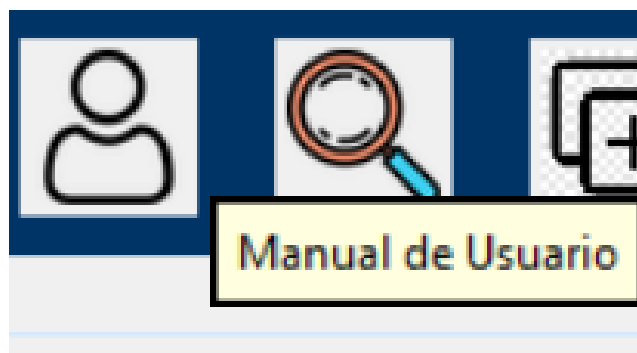
Botón de normas generales del laboratorio



Nota. Botón que redirige al archivo pdf externo donde se encuentran las normas generales para el uso del laboratorio.

Figura 34

Botón de manual de usuario de la base de datos



Nota. Botón que redirige al archivo pdf externo donde se encuentran el manual de usuario de la base de datos propuesta para el laboratorio.

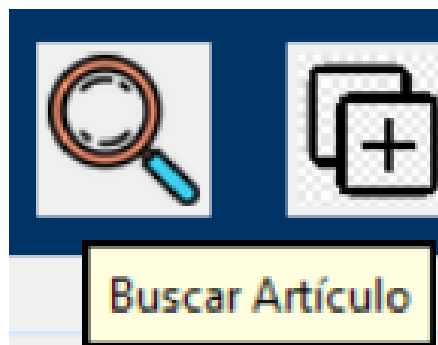
5.3.3.4.3 Botones y funciones del sistema de gestión de inventario de la base de datos.

A continuación, se muestran los botones creados para la base de datos y sus funciones. Para mejorar la experiencia del usuario, cada botón incluye un *tooltip* que se muestra al pasar el cursor sobre él.

- Botón de **buscar**: permite consultar artículos en la base de datos en función de criterios de búsqueda. El botón se muestra en la figura 35.

Figura 35

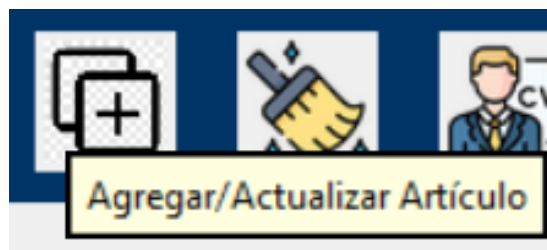
Botón de buscar



- Botón **Agregar/Actualizar**: permite añadir un nuevo artículo a la base de datos o actualizar uno existente. El botón se muestra en la figura 36.

Figura 36

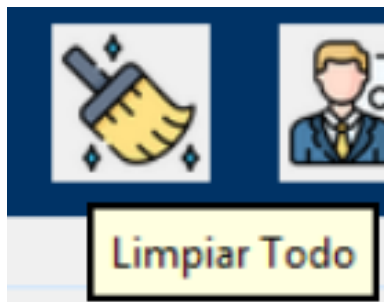
Botón de agregar/actualizar artículo



- Botón **limpiar todo**: borra el contenido de los campos de entrada y limpia la tabla de resultados. El botón se muestra en la figura 37.

Figura 37

Botón limpiar todo

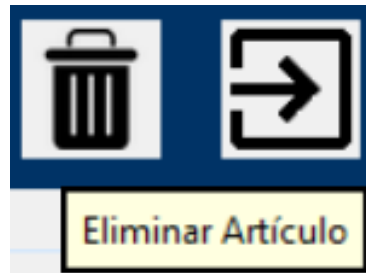


- Botón **eliminar**: permite borrar un artículo seleccionado en la tabla. El botón se muestra

en la figura 38

Figura 38

Botón Eliminar articulo



- Botón **Salir de la base de datos**: cierra la aplicación después de mostrar una ventana de confirmación. El botón se muestra en la figura 39.

Figura 39

Botón Salir de la aplicación



- Botón **Insertar hoja de vida**: redirige al lugar donde se encuentra la hoja de vida de un nuevo equipo. La aplicación permite abrir el archivo de hoja de vida al hacer doble clic en un artículo dentro de la tabla. El botón se muestra en la figura 40.

Figura 40

Botón Insertar Hoja de Vida de equipo



5.3.3.5 Crear la base de datos en phpMyAdmin utilizando XAMPP

Este procedimiento se muestra más en detalle en el **Apéndice G**. Anteriormente se instaló XAMPP, no es necesario cambiar configuraciones por defecto, pero es importante asegurarse de que estén seleccionados los componentes **Apache** y **MySQL** durante la instalación. No es necesario hacer configuraciones adicionales en **XAMPP**, ya que por defecto está preparado para ejecutar **Apache** y **MySQL**.

5.3.3.5.1 Creación de la base de datos en phpMyAdmin

En la parte superior de interfaz de phpMyAdmin hacer clic en la pestaña “bases de datos”, en el campo “Crear base de datos” se escribe el nombre de la base de datos que se desea crear (en este caso inventario_db), ahora se elige la codificación adecuada, como “utf8mb4_0900_ai_ci” que es una buena opción para la materia de proyectos, se da clic en “Crear”.

5.3.3.5.2 Importar el archivo inventario.sql a la base de datos

- Seleccionar la base de datos creada: en el panel izquierdo de phpMyAdmin, selecciona la base de datos que acabas de crear (en este ejemplo, inventario_db).
- Ir a la pestaña ”Importar”: una vez que estés dentro de la base de datos, haz clic en la pestaña ”Importar” en la parte superior.
- Subir el archivo SQL: en la sección ”Archivo a importar”, haz clic en el botón ”Elegir

archivo”, busca el archivo “inventario.sql” en tu computadora y selecciónalo.

- Iniciar la importación: haz clic en el botón ”Continuar” para iniciar el proceso de importación. Si todo sale bien, deberías ver un mensaje que confirme que la importación fue exitosa.

5.3.3.5.3 Verificar la importación de la base de datos

- Comprobar las tablas: Después de la importación, veras las tablas que estaban definidas en el archivo inventario.sql dentro de la base de datos seleccionada.
- Revisar los datos: para verificar que los datos se hayan importado correctamente, haz clic en las tablas para ver su contenido. Deberías ver los datos que estaban en el archivo SQL.

Figura 41

Interfaz de la base de datos del laboratorio de MTA

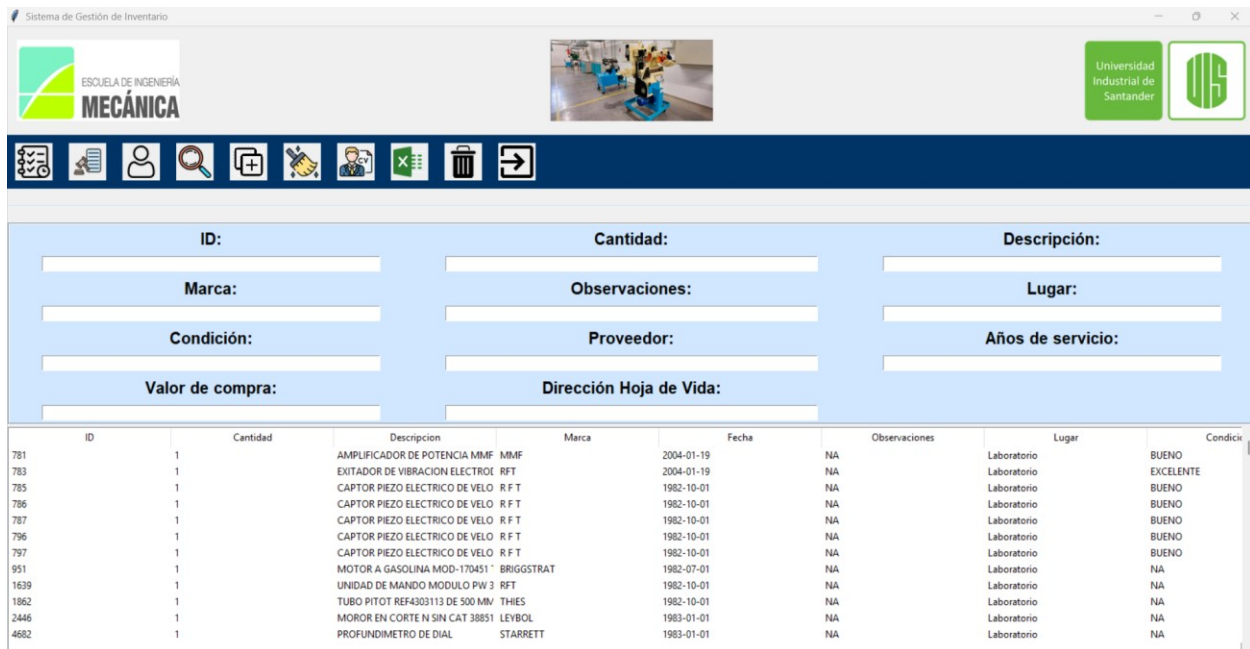


Figura 42

Interfaz de la base de datos del laboratorio de MTA segunda sección

Sistema de Gestión de Inventario

ESUELA DE INGENIERIA MECÁNICA

Universidad Industrial de Santander

ID: Cantidad: Descripción:

Marca: Observaciones: Lugar:

Condición: Proveedor: Años de servicio:

Valor de compra: Dirección Hoja de Vida:

Fecha	Observaciones	Lugar	Condición	Proveedor	Años_de_servicio	Valor_Compra	Hoja_de_vida
NA	Laboratorio	BUENO	NA	0.0	83993.0	None	
NA	Laboratorio	EXCELENTE	NA	0.0	186069.0	None	
NA	Laboratorio	BUENO	NA	0.0	64538.0	None	
NA	Laboratorio	BUENO	NA	0.0	64538.0	None	
NA	Laboratorio	BUENO	NA	0.0	64538.0	None	
NA	Laboratorio	BUENO	NA	0.0	64538.0	None	
NA	Laboratorio	BUENO	NA	0.0	64538.0	None	
NA	Laboratorio	NA	NA	0.0	20000.0	None	
NA	Laboratorio	NA	NA	0.0	28561.0	None	
NA	Laboratorio	NA	NA	0.0	17808.0	None	
NA	Laboratorio	NA	NA	0.0	15000.0	None	
NA	Laboratorio	NA	NA	0.0	1000.0	None	

5.3.4 Diseño e implementación del sistema de información de mantenimiento

preventivo para los bancos y equipos del laboratorio de M.T.A. Utilizando macros de Excel.

La metodología para desarrollar este objetivo específico se abordará en varias etapas secuenciales, siguiendo un enfoque aplicado y de desarrollo tecnológico. A continuación, se describe cómo se estructuró:

5.3.4.1 Recolección y levantamiento de información

Como primer paso para la elaboración del plan de mantenimiento, se hizo una reunión con usuarios y responsables de laboratorio, en este caso el técnico encargado, Fredy Anaya y el auxiliar de las prácticas, José Caicedo, para definir requerimientos y criterios de mantenimiento preventivo de los equipos y bancos en funcionamiento. También se abordó datos relevantes para complementar las fichas técnicas, las tareas de mantenimiento y la gestión de insumos y repuestos.

5.3.4.2 Análisis de requerimientos y diseño del sistema

El diseño del sistema de información de mantenimiento se planeó en hojas de Excel: definición de tablas y hojas para fichas técnicas, tareas de mantenimiento, insumos y repuestos, herramientas, historial, etc. En este caso se tomó el formato de las fichas técnicas que habían ya realizadas de los equipos del laboratorio, el cual proporciona información primordial sobre las máquinas.

5.3.4.3 Definición de Objetivos del plan de mantenimiento para el laboratorio

El primer paso para implementar un proceso de gestión de mantenimiento efectivo es definir con claridad los objetivos que se desean alcanzar. En el caso de la escuela de Ingeniería Mecánica, los objetivos específicos de mantenimiento se adaptan a las necesidades del laboratorio de M.T.A, y estos se resumen en la **tabla 3**, donde se relacionan los objetivos operativos del laboratorio con los objetivos específicos del mantenimiento.

Tabla 3

Objetivos del laboratorio de M.T.A y objetivos del mantenimiento

Código/ Numero	Laboratorio	Objetivos del laboratorio	Objetivos de mantenimiento
010 + 116 Mezanin e	Maquinas Térmicas Alternativas	- Hacer prácticas de docencia en la escuela de ingeniería mecánica de la asignatura electiva 21806 - Máquinas Térmicas Alternativas, este laboratorio se usa para instruir en el funcionamiento de motores de combustión interna, haciendo uso de los motores diésel, de gasolina y de gas disponibles en el mismo, así como para observar y medir parámetros de funcionamiento y los componentes de estas máquinas.	Garantizar la disponibilidad de los bancos en el laboratorio para el desarrollo de prácticas por parte de estudiantes de pregrado y posgrado de ingeniería mecánica.

- Investigar y desarrollar actividades de las asignaturas 22975-Trabajo de grado I y 22977-Trabajo de grado II y posgrados de ingeniería Mecánica. Además, también para ensayos de grupos de investigación.

Nota. Identificación de Objetivos del laboratorio de M.T.A y objetivos del mantenimiento.

5.3.4.4 Desarrollo del sistema de mantenimiento preventivo y programación de macros en Excel.

5.3.4.4.1 Elaboración de Primera hoja de la plantilla “Equipos” : identificación y frecuencia de mantenimiento.

Se inicio elaborando una primera hoja que se llamó “Equipos” donde se debe registrar el código de identificación del equipo o número de inventario, con datos clave: código, nombre, marca, características principales. En esta primera hoja también se asigna la frecuencia recomendada de mantenimiento en días con periodicidad: semanal, quincenal, mensual, etc. Esta hoja permite crear una ficha técnica **básica** para cada banco o equipo, componente fundamental para vincular posteriormente fichas, tareas de mantenimiento y su seguimiento. Esta hoja se muestra en la figura 43.

Figura 43

Hoja de “Equipos” Datos de equipos del laboratorio de M.T.A y frecuencia de mantenimiento

Código	Equipo	Marca	Características Principales
19557	Planta Electrica (Grupo Electróg	BRIGG & STRITON	Generador de energia elesctrica a partir de un combustible(Gasolina o gas)
19558	Banco de encendido Convencio	Toyota	Motor de combustion interna para realizar pruebas de rendimiento
19559	Motor KIA	KIA	Motor de combustion interna para realizar pruebas de rendimiento
19560	Banco de inyectores electrónicos	N/A	Sistema de Inyeccion electrónica
19561	Motor de Renault 4	Renault	Motor de combustion interna para realizar pruebas de rendimiento

Días	Frecuencia
7	Semanal
15	Quincenal
30	Mensual
60	Bimestral
90	Trimestral
180	Semestral
360	Anual

Nota. Adaptado de <https://ludusconsult.com/producto/mantenimiento-preventivo-en-excel-maquinaría-equipos/>

Para la programación de actividades de mantenimiento preventivo de los equipos del laboratorio, se usaron del análisis de criticidad realizado anteriormente, los componentes que se jerarquizaron como MC: muy altamente críticos, A : altamente críticos y M: medianamente críticos. Además de la reunión que se realizó con los encargados del laboratorio, se estableció que el tiempo estimado de uso de los equipos y bancos que están en funcionamiento es como máximo **1 hora por semana**, entre las prácticas realizadas en la asignatura Maquinas Térmicas Alternativas , así como por estudiantes que realizan proyecto de grado con estos equipos y los grupos de investigación.

5.3.4.4.2 Elaboración de Segunda hoja “Programa”: Control de mantenimiento preventivo de los equipos.

La segunda hoja denominada “**Programa**” centraliza el plan de mantenimiento preventivo detallado para cada equipo, donde se muestran las actividades programadas, días de inicio y

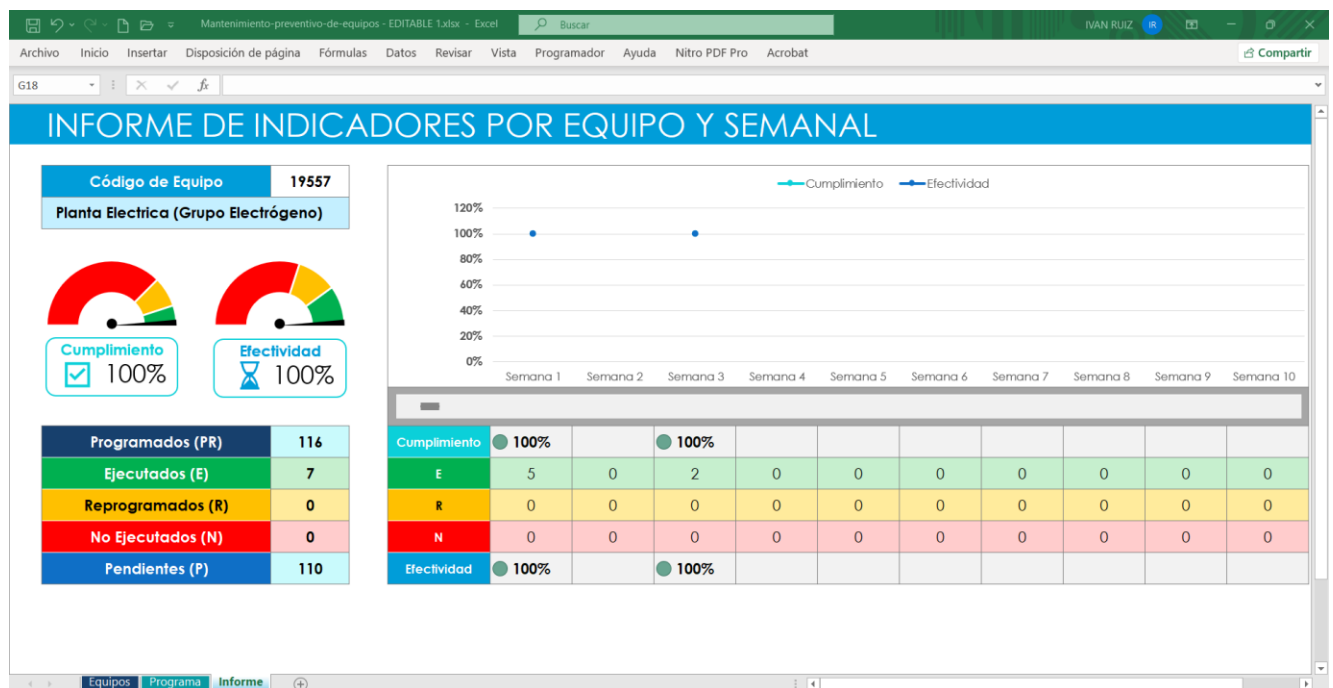
efectividad;

En esta hoja también se observan '*Velocímetros*', integra gráficos tipo velocímetro (dashboard gráfico) donde se visualizan los niveles de cumplimiento y eficiencia a nivel global y por equipo, usando zonas de color (rojo, amarillo, verde) para facilitar la interpretación rápida del estado general. Esto apoya la toma de decisiones y permite hacer un seguimiento visual ágil sobre qué equipos presentan más atrasos o cumplen mejor el plan de mantenimiento preventivo.

En esta hoja también se muestra el cómputo y evolución semanal de: tareas ejecutadas, reprogramadas, no ejecutadas y pendientes. Esto habilita indicadores clave para auditoría interna y mejora continua del programa.

Figura 45

Hoja de “Informe” Informe de indicadores por equipo y semanal.



Nota. Adaptado de <https://ludusconsult.com/producto/mantenimiento-preventivo-en-excel-maquinaria-equipos/>

5.3.4.4 Funcionalidades y automatización

La interfaz integra macros/automatizaciones de Excel para: Facilitar el ingreso de datos (formularios desplegados), generar alertas (próximos mantenimientos pendientes), consolidar y calcular indicadores en tiempo real, actualizar de manera automática los estados y reportes a medida que se introduzcan ejecuciones o reprogramaciones.

5.3.4.5 Ventajas del enfoque

Permite una gestión integral (registro, planificación, ejecución y análisis) centralizada en un entorno de fácil acceso (Excel), sirve como sistema de trazabilidad, ayudando a la gestión de insumos, repuestos y herramientas necesarias para cada equipo y semestre, es replicable semestralmente y adaptable a nuevos equipos o laboratorios. En síntesis, la interfaz desarrollada se compone de varias hojas vinculadas, orientadas a reflejar las buenas prácticas de mantenimiento preventivo y la gestión inteligente de recursos y tareas en un formato sencillo y robusto.

5.3.5 Realización de pruebas y ajustes al sistema de información; Así como, los respectivos manuales de instalación, usuario y mantenimiento del sistema de información.

El objetivo de realizar las pruebas y ajustes al sistema de información se llevó a cabo de manera exhaustiva, asegurando la funcionalidad óptima y la corrección de posibles errores detectados durante las etapas de validación. Este proceso permitió perfeccionar la usabilidad y la fiabilidad del sistema, garantizando que cumpliera con los requerimientos establecidos para la gestión del mantenimiento preventivo en el laboratorio de máquinas térmicas alternativas (MTA). Además, se elaboraron los manuales técnicos correspondientes, que comprenden el manual de instalación, el manual de usuario y el manual de mantenimiento del sistema de información. Estos documentos se diseñaron para facilitar la comprensión, operación y soporte del sistema por parte

del personal técnico y usuario final.

Es importante destacar que dichos manuales se encuentran incluidos en los **Apéndices G y H**, proporcionando un respaldo documental completo que sustenta la implementación y el correcto uso del sistema desarrollado.

6. Conclusiones

El presente proyecto de grado logró cumplir de manera satisfactoria con todos los objetivos específicos planteados, destacándose por la adecuada actualización y digitalización del inventario de equipos del laboratorio de máquinas térmicas alternativas (MTA) de la escuela de ingeniería mecánica de la UIS. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en una base de datos y el sistema de gestión en Excel permitió optimizar significativamente la trazabilidad, el control de insumos y la asignación de tareas de mantenimiento. La evaluación de la criticidad de los componentes mediante matrices cualitativas facilitó la priorización de las intervenciones, lo cual contribuyó a minimizar fallas inesperadas y prolongar la vida útil de los equipos.

Asimismo, la transición de un enfoque reactivo hacia uno preventivo y sistemático fortalecerá la seguridad y la calidad educativa dentro del laboratorio, garantizando un ambiente más confiable para estudiantes y personal técnico. La integración de herramientas tecnológicas accesibles y el cumplimiento de estándares no solo mejoraron la gestión operativa del laboratorio, sino que también fomentaron una cultura de mantenimiento proactiva y sostenible.

En síntesis, el proyecto no solo alcanzó sus metas, sino que sentó las bases para la potencial replicación y escalabilidad del sistema de mantenimiento a otros laboratorios y unidades académicas, contribuyendo de manera significativa al mejoramiento continuo en el ámbito universitario.

7. Recomendaciones y trabajos Futuros

Para futuros proyectos orientados a la implementación de planes de mantenimiento preventivo en laboratorios de otras asignaturas de la escuela y la universidad en general, se recomienda seguir un enfoque estructurado y adaptativo basado en las buenas prácticas evidenciadas en este proyecto.

Se debe implementar un sistema de información robusto que facilite la gestión de tareas, el control de insumos y la trazabilidad de intervenciones, utilizando herramientas tecnológicas accesibles y flexibles como bases de datos MySQL y hojas de cálculo con macros, permitiendo una operación adaptable a diferentes contextos y tamaños de laboratorio.

La realización de un análisis de criticidad que priorice los componentes y equipos más vulnerables debe ser una práctica estándar para optimizar recursos y maximizar el impacto del mantenimiento preventivo. Además, es clave elaborar manuales técnicos claros y completos para instalación, uso y mantenimiento del sistema, garantizando la sostenibilidad y transferencia del conocimiento a nuevos usuarios y administradores.

Finalmente, se recomienda integrar un programa de capacitación para el personal técnico, docentes y estudiantes, fomentando una cultura de prevención y mantenimiento continuo que fortalezca la seguridad operativa y apoye la calidad educativa. La replicabilidad y escalabilidad del modelo desarrollado facilitarán su aplicación a diversas áreas académicas con necesidades similares.

Esto aporta un marco general para aplicar y extender los beneficios del plan de mantenimiento a otros laboratorios universitarios.

9. Presupuesto

El presupuesto para el proyecto desarrollado contempló recursos destinados a la actualización del inventario de equipos y materiales necesarios para las actividades de mantenimiento y la creación de herramientas digitales para la gestión del plan, especialmente mediante hojas de cálculo en Excel y bases de datos MySQL.

Tabla 4

Presupuesto del proyecto, tabla de valor VIE.

Vista	Información	Ejecución	
Papelería y Material de Oficina			
Impresión de inventario de elementos	10 hojas del inventario del Laboratorio (elementos menores y mayores devolutivos).	\$	5.000
Bolígrafo	Paquete de bolígrafos para anotaciones durante revisión y actualización de inventario.	\$	5.000
Subtotal Papelería y Oficina		\$	10.000
Material Bibliográfico y Software			
Libros o documentos técnicos	Material técnico (Manuales técnicos y de servicio de equipos, que no están disponibles en el laboratorio)	\$	120.000
Software especializado	Licencia de software (Base de datos en MySQL, Microsoft Office 365).	\$	100.000
Programación de la base de datos	60 horas de programación del código en Python e instalación de complementos.	\$	800.000
Plantilla Control de mantenimiento	Plantilla de Excel de control de mantenimiento preventivo en Excel para maquinaria y equipos.	\$	40.000
Subtotal Material Bibliográfico y Software		\$	1.060.000
Tiempos y Recursos Humanos			
Asesoría de tutor	Reuniones con el tutor (18 reuniones en total)	\$	400.000
Apoyo técnico de la empresa	Colaboración del personal técnico (Técnico y auxiliar de Laboratorio) (90 horas)	\$	200.000
Subtotal Tiempos y Recursos Humanos		\$	600.000
Transporte y Movilización			
Transporte	Desplazamiento para reuniones y visitas a Laboratorio (90 viajes)	\$	450.000
Alimentación	Alimentación durante visitas a Laboratorio (90 días)	\$	500.000
Subtotal Transporte y Movilización		\$	950.000
Imprevistos y Otros Gastos			
Imprevistos	Costos inesperados que surjan durante el proyecto	\$	200.000
Subtotal Imprevistos		\$	200.000
TOTAL GENERAL		\$	3.020.000

Referencias Bibliográficas

- ALVAREZ FLOREZ , J. A. (2005). *Maquinas Termicas Motoras*. Barcelona: UPC 202.
- BALSELLS GRANDE , D. (2005). *Motores alternativos de combustion interna*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Bloch, H. P. (1998). *Guia Practica para la tecnologia de los compresores*. Mexico: McGraw.
- Burnett, D. (1998). *Acreditación del laboratorio clínico*. (Reverté., Ed.) Obtenido de https://books.google.com/books/about/Acreditaci%C3%B3n_laboratorio_cl%C3%ADnico.html?id=Or_vWG9tAz0C
- Charry-Lemus, J. R.-L. (2014). *Diseño del laboratorio de bases de datos para el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Católica de Colombia*. Bogotá: Trabajo de grado.
- Chinchilla Pino, A. &. (2014). *Programa de mantenimiento preventivo para los laboratorios de posgrado de la Escuela de Química sede central UIS basado en el análisis de criticidad (Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela d. Universidad Industrial de Sanatander, Santander. Bucaramanga: UIS. Recuperado el 24 de Noviembre de 2024*
- GARCIA GARRIDO, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*. Madrid: Diaz de Santos.
- Gómez Márquez, D. (2014). *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los activos de la División de Planta Física de la Universidad Industrial de Santander*. Bucaramanga: Repositorio Intitucional UIS.

FERNANDEZ , F. (2005). *Teoría priactica del mantenimiento industrial avanzado*. Madrid: Fundacion Confemetal .

GUTIÉRREZ HERVIAS, E. A., & TENA JACINTO , E. E. (2019). *PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS Y MÁQUINAS DEL LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS TERMICAS DE LA FIME-UNAC 2018*. Callao,Perú.

Gutiérrez, E. A. (23 de Diciembre de 2019). *PREDICTIVA 21*. Obtenido de PREDICTIVA 21:
<https://predictiva21.com/analisis- criticidad-integral-activos>

Hostinger. (19 de Junio de 2022). *Qué es un SGBD: Guía completa sobre los sistemas de gestión de bases de datos*. Recuperado el 02 de febrero de 2025, de Hostinger:
<https://www.hostinger.com/co/tutoriales/sghbd>

KATES , E., & LUCK, W. (1981). *Motores Diesel y de gas de alta compresion*. Barcelona: Reverté.

LUDUS. (2025). *Capacitacion y soporte en Informatica. CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EXCEL PARA MAQUINARIA Y EQUIPOS*. Obtenido de
<https://ludusconsult.com/producto/mantenimiento-preventivo-en-excel-maquinaria-equipos/>

ML. (Enero-Febrero de 2012). *Issuu (Volumen 4, Numero 1)*. Obtenido de <https://issuu.com>

PARRA MARQUEZ, C. A., & CRESPO MARQUEZ , A. (2012). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en gestion de activos: desarrollo y aplicacion practica de un modelo de gestión de mantenimiento (MGM)*. Sevilla : Ingeman Edición Digital Atres.

Standardization, I. O. (2016). *Industrias del petróleo, petroquímica y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de los equipos [ISO 14224:2016, traducción al español] ISO*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/62578.html>

