

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA**  
**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**  
**VICERRECTORADO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE  
TECNOLOGÍA MECÁNICA DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**

**Presentado por:**  
**BR., LUIS ADRIAN GODOY T.**  
**C.I.: 27.070420**

**TRUJILLO, VENEZUELA**  
**2021**

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA**  
**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**  
**VICERRECTORADO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE  
TECNOLOGÍA MECÁNICA DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**

**Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial**

**Presentado por:**  
**BR., LUIS ANDRIÁN GODOY T.**  
**C.I.: 27.070420**  
**Tutor**  
**PROF. WILMER MÉNDEZ**

**TRUJILLO, VENEZUELA**  
**2021**



**REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARVAJAL ESTADO TRUJILLO**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Wilmer Méndez, en mi carácter de Tutor del Trabajo especial de Grado:  
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE TECNOLOGÍA

MECÁNICA DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA  
UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY, realizado por Luis Adrian Godoy portador de la  
**C.I.V.27.070.420**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes  
para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador  
que se designe.

En Carvajal a los 20 días del mes de septiembre del 2021.

---

C.I. N°.5.501.239

## **DEDICATORIA**

A mis padres, lo más valioso que Dios me ha dado, quienes son ejemplo de humildad y sacrificio.

A mi familia, a ellos les dedico con amor mi triunfo y espero que me sigan estimulando para alcanzar metas mayores.

A mis amigos, por brindarme su apoyo, paciencia y tiempo.

A todas las personas que forman parte de mi vida, les dedico esta meta con cariño y les doy un muy grande agradecimiento.

Luis Adrián

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios Todopoderoso, por permitirme obtener un logro más en mi vida y mantener latente mi deseo de superación.

A la Universidad Valle del Momboy, por las múltiples oportunidades que me brindó para capacitarme y superarme profesionalmente.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Valle de Momboy, por abrir sus puertas para la realización de este Trabajo de Grado.

A mi Tutor académico Wilmer Méndez, por brindarme su tiempo, su orientación y conocimientos durante la realización de este Trabajo de Grado.

A todos los profesores en general, por a pesar de todas las adversidades aún son capaces de llevar sus conocimientos a todo el alumnado.

A mis compañeros, por incentivar me para la culminación de esta meta.

Luis Adrián

## TABLA DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR .....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
TABLA DE CONTENIDO .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
ÍNDICE DE TABLAS .....	12
RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	15
INTRODUCCIÓN .....	16
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA .....	18
Planteamiento del problema.....	18
Objetivos de la investigación.....	20
Objetivo general.....	20
Objetivos específicos .....	20
Justificación de la investigación .....	20
Justificación metodológica .....	20
Justificación teórica .....	21
Justificación práctica .....	21
Justificación social.....	21
Delimitación de la investigación.....	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
Antecedentes de la investigación.....	22

Antecedentes nacionales: .....	22
Antecedentes internacionales.....	24
Bases teóricas.....	25
Generalidades del mantenimiento.....	26
Definición de mantenimiento .....	26
Objetivos de mantenimiento .....	27
Ventajas de mantenimiento.....	28
Tipos de mantenimiento .....	28
Mantenimiento correctivo.....	28
Mantenimiento predictivo.....	29
Mantenimiento de oportunidad.....	29
Mantenimiento rutinario .....	29
Mantenimiento planeado .....	29
Mantenimiento de emergencia.....	30
Mantenimiento preventivo.....	30
Mantenimiento preventivo.....	30
Limpieza .....	31
Inspección .....	32
Lubricación .....	32
Ajuste.....	32
Mantenimiento preventivo con base a las condiciones.....	32
Mantenimiento preventivo con base en el tiempo de uso.....	33
Análisis del RCM .....	33
Equipos y maquinarias.....	35
Funciones de los equipos y maquinarias .....	36

Criticidad de los equipos y maquinarias .....	36
Impacto operacional de los equipos y maquinarias .....	39
Falla .....	40
Falla funcional .....	40
Fallas ocultas .....	41
Sistema de mantenimiento .....	42
Ficha técnica .....	42
Hoja de vida .....	42
Codificación de equipos y maquinarias .....	43
Planificación de mantenimiento de los equipos y maquinarias .....	44
Planes y rutinas de mantenimiento .....	44
Bases legales .....	45
Definición de términos básicos .....	45
Sistema de variables .....	46
Variable .....	47
Definición conceptual .....	47
Definición operacional .....	47
Operacionalización de las variables .....	48
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>49</b>
Tipo de investigación .....	49
Diseño de la investigación .....	49
Población .....	50
Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	50
Validez .....	53
Técnicas de procesamiento y análisis de los datos .....	53

CAPÍTULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS.....	54
Diagnóstico de la situación actual de mantenimiento de los equipos de tecnología mecánica .....	54
Análisis RCM .....	58
Selección de equipos.....	59
Funciones de los equipos .....	62
Funciones del torno paralelo.....	62
Funciones de la fresadora .....	63
Funciones del esmeril .....	63
Identificación de fallas.....	64
Causas de las fallas .....	67
Valoración de efectos .....	68
Actividades de prevención.....	70
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	71
Conclusiones.....	71
Recomendaciones .....	72
CAPÍTULO VI. PROPUESTA .....	74
Programa de mantenimiento preventivo .....	74
Objetivos del programa de mantenimiento preventivo.....	74
Objetivo general.....	74
Objetivos específicos .....	74
Planificación del mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica.....	75
Ejecución de la planificación del mantenimiento para los equipos de tecnología mecánica	75
Formatos de registro y evaluación del mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica.....	76
Ficha técnica del equipo .....	76

	10
Rutinas de mantenimiento preventivos.....	76
Orden de mantenimiento .....	77
Registro de fallas .....	79
Reporte de mantenimiento.....	80
Notificación de parada.....	81
Actividades de mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica.....	84
Actividades de mantenimiento preventivo para el torno paralelo .....	84
Actividades de mantenimiento preventivo para la fresadora.....	86
Actividades de mantenimiento preventivo para el esmeril.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	90
ANEXOS.....	94
GUÍA DE ENTREVISTA .....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Categorías del Mantenimiento Preventivo</i> .....	31
Figura 2. <i>Pasos para implementar el RCM</i> .....	35
Figura 3. <i>Hoja de vida</i> .....	42
Figura 4. <i>Codificación de equipos</i> .....	44
Figura 5. <i>Torno paralelo</i> .....	60
Figura 6. <i>Fresadora</i> .....	61
Figura 7. <i>Esmeril</i> .....	61
Figura 8. <i>Diagrama causa – efecto de los equipos</i> .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Mapa de variables</i> .....	48
Tabla 2. <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i> .....	52
Tabla 3. <i>Entrevista realizada y resultados</i> .....	54
Tabla 4. <i>Ficha técnica del esmeril paralelo</i> .....	59
Tabla 5. <i>Ficha técnica de la fresadora</i> .....	60
Tabla 6. <i>Ficha técnica del esmeril</i> .....	61
Tabla 7. <i>Hoja de vida del torno paralelo 1</i> .....	64
Tabla 8. <i>Hoja de vida del torno paralelo 2</i> .....	64
Tabla 9. <i>Hoja de vida del torno paralelo 3</i> .....	65
Tabla 10. <i>Hoja de vida del torno paralelo 4</i> .....	65
Tabla 11. <i>Hoja de vida de la fresadora 1</i> .....	65
Tabla 12. <i>Hoja de vida de la fresadora 2</i> .....	66
Tabla 13. <i>Hoja de vida del esmeril 1</i> .....	66
Tabla 14. <i>Estado de fallas de los equipos</i> .....	66
Tabla 15. <i>Matriz de valoración de efectos</i> .....	69
Tabla 16. <i>Procedimiento del mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica</i> .....	75
Tabla 17. <i>Ficha técnica</i> .....	76
Tabla 18. <i>Orden de mantenimiento</i> .....	77
Tabla 19. <i>Registro de fallas</i> .....	79
Tabla 20. <i>Reporte de mantenimiento</i> .....	80
Tabla 21. <i>Notificación de parada</i> .....	82
Tabla 22. <i>Actividades de mantenimiento correctivo propuestas</i> .....	83
Tabla 23. <i>Actividades de Mantenimiento preventivo propuestas</i> .....	84
Tabla 24. <i>Materiales y herramientas para el mantenimiento preventivo de los equipos de tecnología mecánica</i> .....	89

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**  
www.uvm.edu.ve

R.I.F. J-31702424-9

Av. Independencia con calle La Paz, Sede Mirabel, Urbanización Mirabel, Plata L.  
Diagonal al Parque SAPINALET, Municipio Valera Estado Trujillo.



**VICERRECTORADO  
FACULTAD DE INGENIERIA**

## VEREDICTO

Nosotros, Prof. Wilmer Méndez, Prof. Larry Araujo y Profa. Liliana Rivera, designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo Especial de Grado titulado: **"PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE TECNOLOGÍA MECÁNICA DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY"**, que presenta el Bachiller **LUIS ADRIAN GODOY TORRES**, portador de la Cédula de Identidad N° **27.070.420**, nos hemos reunido para revisar dicho Trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondiente lo hemos calificado con: **Veinte (20)** puntos, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Momboy, referente a la evaluación de los Trabajos Especiales de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial.

En fe de lo cual firmamos, en Valera a los diecinueve (19) días del mes de noviembre de dos mil veintiuno (2021).

Prof. Liliana Rivera  
C.I. 13.048.877  
JURADO

Prof. Wilmer Méndez  
C.I. 5.501.239  
TUTOR

Prof. Larry Araujo  
C.I. 13.238.875  
PRESIDENTE DEL JURADO

Profa. Marilyn Briceño  
C.I. 13.205.436  
DECANA

Profa. Ana Linares  
C.I.- N° 9.013.217  
VICERRECTORA



## RESUMEN

Tomando en cuenta la necesidad que tiene el área de mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy, de tener un control, alargar la vida útil y evitar tiempos muertos en sus equipos de tecnología mecánica, los cuales son empleados para la enseñanza y formación de los estudiantes sobre su uso y manipulación, se propuso diseñar un programa de mantenimiento preventivo. Para ello, se seleccionaron y diagnosticaron los equipos, se identificaron las fallas funcionales en base al análisis RCM determinándose su criticidad. A cada equipo se le asignó un código de identificación con el objetivo de conocer su localización, teniendo así mayor control de los elementos. Se elaboraron formatos con información clave que especifican sus características para definir el mantenimiento preventivo de los equipos seleccionados, que se generarán durante 52 semanas (1 año), por medio de órdenes de mantenimiento registradas en las hojas de vida de los equipos. Lo anterior permitió establecer una propuesta que genere mayor efectividad en el laboratorio, evitando fallos, disminuyendo al máximo los imprevistos e incrementando la confiabilidad y disponibilidad de los equipos de tecnología mecánica.

**Palabras claves:** mantenimiento preventivo, diagnóstico, fallas funcionales, equipos de tecnología mecánica.

## ABSTRACT

Taking into account the need of the mechanics area of the Momboy Valley University Industrial Engineering laboratory, to have control, extend the useful life and avoid downtime in their mechanical technology equipment, which are used for teaching and training of students on its use and handling, it was proposed to design a preventive maintenance program. For this, the equipment was selected and diagnosed, functional failures were identified based on the RCM analysis, determining their criticality. Each team was assigned an identification code in order to know its location, thus having greater control of the elements. Formats were prepared with key information that specify their characteristics to define the preventive maintenance of the selected equipment, which will be generated for 52 weeks (1 year), through maintenance orders registered in the equipment resumes. This made it possible to establish a proposal that generates greater effectiveness in the laboratory, avoiding failures, minimizing unforeseen events and increasing the reliability and availability of mechanical technology equipment.

**Keywords:** preventive maintenance, diagnosis, functional failures, mechanical technology equipment.

## INTRODUCCIÓN

Las exigencias del entorno altamente competitivo y variable que se vive actualmente en el mundo, donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho la capacidad de respuesta, hace considerar algunas posibilidades que siempre han estado, pero ahora cobran mayor relevancia desde el punto de vista económico, administrativo, tecnológico y de gestión. De manera particular, uno de esos cambios se centra en la imperiosa necesidad de modificar la dimensión de las organizaciones, involucrando el mantenimiento como un desafío u oportunidad que merece ser estimada.

Tomando en consideración que la productividad esta cimentada en la calidad de trabajo, lleva a las organizaciones a concentrar sus esfuerzos en la mejora continua, por lo que el mantenimiento se convierte en una necesidad que garantiza producir continuamente, de ahí que es visto como un mal necesario o como una función subordinada a la productividad, cuya finalidad es reparar daños en forma rápida y sin altos costos.

En este sentido, la participación del mantenimiento en el éxito o fracaso de las organizaciones incide de manera directa en los costos, la calidad del servicio, la capacidad operacional y de respuesta, en la seguridad e higiene industrial y también en la imagen y protección ambiental de la organización. Con tales evidencias, el mantenimiento se percibe no solo como una función simple, sino que también produce un bien real que puede resumirse en capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

Desde esta perspectiva, la ejecución de la presente investigación está dirigida a diseñar un programa de mantenimiento para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy. Tal estudio se lleva a cabo a través de una metodología descriptiva – proyectiva con diseño de campo, la cual, se estructura de la siguiente manera:

Capítulo I: el problema, en éste se presenta el planteamiento y formulación del problema, estableciéndose el objetivo general, objetivos específicos, la justificación y la delimitación.

Capítulo II: marco teórico, consta de los antecedentes de la investigación, las bases teóricas en las cuales se fundamenta la investigación, bases legales y la operacionalización de variables.

Capítulo III: marco metodológico, éste contiene el tipo y diseño de investigación, la población, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Capítulo IV: análisis de los resultados, en este capítulo se detalla el diagnóstico de la situación actual del mantenimiento con su análisis y el nivel de criticidad de los equipos.

Capítulo V: conclusiones y recomendaciones, se presentan las reflexiones finales y las sugerencias obtenidas en el desarrollo de la investigación.

Capítulo VI: la propuesta, muestra el diseño de programa de mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica del área mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy.

Por último, se presentan las referencias bibliográficas y los anexos que fundamentan el estudio en cuestión.

## CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

### Planteamiento del problema

El mantenimiento se dedica a la conservación de los equipos y maquinarias de trabajo para asegurar que se encuentren el mayor tiempo posible en óptimas condiciones, confiabilidad y seguridad para operar. A nivel mundial se han creado y mejorado los métodos para mantener y preservar los activos de las empresas, negocios, organizaciones e instituciones para obtener de ellos, un uso más eficiente y al mismo tiempo, disminuir al máximo los gastos que impone ese mantenimiento, lo que influye de manera muy especial en la reducción de costos y la economía.

Es por ello, que, con el paso de los años, las nuevas tecnologías y las prácticas innovadoras se está colocando a la función del mantenimiento como una parte integral de la productividad total en muchas organizaciones. Asimismo, se ha demostrado lo vital que es que el sistema productivo no sea interrumpido, ya que cualquier interrupción en el proceso podría ocasionar problemas en el aprovechamiento de los recursos, baja productividad, altos niveles de desperdicios, movimientos improductivos, baja calidad en la enseñanza, entre otros problemas, por tanto, el mantenimiento ha sido históricamente considerado como un costo necesario.

Por esta razón, se han venido desarrollando múltiples estrategias que permiten mantener los equipos y maquinarias en óptimo funcionamiento, una de ellas es mantener los equipos en un estado de calidad y utilidad, de esta manera, “el mantenimiento es un bien que mantiene el valor utilitario de los equipos” Nava (2016), de igual forma existen diferentes tipos de mantenimientos que ofrecen distintas ventajas y desventajas, algunos de estos son: el correctivo, predictivo y preventivo, este último permite alargar la vida útil de los equipos que de otra forma pudiesen haber sido reemplazados provocando costos mayores.

Cabe destacar, que en Latinoamérica gran parte de las organizaciones no poseen planes ni programas apropiados de mantenimiento o si los tienen no los aplican de la forma adecuada, en Venezuela, debido a la actual situación económica que afecta las importaciones de repuestos para los equipos y maquinarias y por la falta de una sólida cultura de mantenimiento, no se evidencia la creación y aplicación correcta de programas de mantenimiento, por ende se hace necesario sacar el máximo provecho de los recursos y cuidado de los equipos, teniendo en cuenta que los programas son de vital importancia para proveer a cualquier organización numerosos beneficios, tales como, mantener un buen funcionamiento, prevenir interrupciones por fallas, reducir costos

al evitar el constante reemplazo de los equipos y maquinarias, ahorrar tiempo, ofrecer a los equipos la capacidad de respuesta conservando un ambiente seguro e higiénico gracias a la correcta marcha de los mismos.

Tomando en cuenta las generalidades del mantenimiento, las universidades tampoco escapan a esta función. A lo largo del tiempo estas instituciones han buscado de manera exhaustiva impartir sus cátedras de forma más dinámica y experimental para que sus estudiantes obtengan efectivamente el conocimiento que se imparte, ayudando a su formación mediante la experiencia de manejar herramientas, equipos y maquinarias con los que convivirán al momento de salir al ámbito laboral y ejercer su profesión, por ello, cuentan con laboratorios y talleres de distintas índoles.

En este sentido, la Universidad Valle del Momboy (UVM) siempre se encuentra en busca de la excelencia académica, por lo cual, posee una extensa variedad de equipos al alcance de sus estudiantes, cada uno de ellos, destinados a facilitar el aprendizaje y a su vez proveer de experiencia en su manejo. Todas sus facultades poseen laboratorios y específicamente la facultad de Ingeniería cuenta con un laboratorio dividido en el área de computación, química, soldadura, fundición y mecánica.

Este laboratorio actualmente tiene equipos que requieren de mantenimiento preventivo para alargar su vida útil. Particularmente el área de mecánica cuenta con los siguientes equipos de tecnología mecánica: 4 tornos, 2 fresadoras y un esmeril, que con el paso del tiempo y el uso continuo de los mismos, genera desgaste y deterioro, surgiendo la necesidad de realizar mantenimiento con el fin de postergar su utilidad, hacerlos más seguros y confiables para los estudiantes. Conociendo que esta área del laboratorio tiene solo estos equipos, no hay margen para que ninguno de estos esté fuera de servicio, porque afectaría el proceso de aprendizaje de los estudiantes que día a día se ven beneficiados, así como también, porque para la Universidad este mobiliario espreciado y costoso, por lo tanto, requieren de un mantenimiento preventivo para operar adecuadamente sin interrupciones.

Sin embargo, se detecta que los equipos de tecnología mecánica de esta área del laboratorio de Ingeniería de la UVM, no poseen un programa de mantenimiento preventivo adecuado, los equipos cuando fallan se recurren al mantenimiento externo, contratando a personas con experiencia en la detección y reparación de esas fallas ocasionadas ya sea por desperfectos, por mal uso, entre otros, aumentando de esta manera los costos de mantenimiento.

El inconveniente descrito anteriormente, busca conseguir alternativas que ayuden a optimizar el proceso de enseñanza aprendizaje, razón por la cual, se torna interesante diseñar una estrategia efectiva que ayude a retomar su capacidad para así poder seguir operando con un programa de mantenimiento preventivo que prolongue la vida útil de los equipos y minimice el tiempo de ocio, en pro de mejorar su desempeño. A partir de este escenario surge la siguiente interrogante de investigación: ¿Cómo diseñar un programa de mantenimiento para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy?

### **Objetivos de la investigación**

#### ***Objetivo general***

Diseñar un programa de mantenimiento para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy.

#### ***Objetivos específicos***

- Realizar el diagnóstico de los equipos de tecnología mecánica.
- Identificar las fallas funcionales de los equipos de tecnología mecánica en base al análisis.
- Elaborar el programa de mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy.

### **Justificación de la investigación**

#### ***Justificación metodológica***

El programa de mantenimiento es de gran aporte a nivel metodológico, debido a que se puede utilizar como fuente de consulta para futuras investigaciones, aportando un granito de arena en la formación de nuevos profesionales y contribuyendo a la excelencia académica, por la cual, se caracteriza la Universidad Valle del Momboy.

### ***Justificación teórica***

La finalidad de esta investigación busca la aplicación de la teoría y conceptos básicos de mantenimiento industrial, para así encontrar las fallas que afectan a los equipos del laboratorio mecanizado del taller mecánico de Ingeniería Industrial.

### ***Justificación práctica***

El programa de mantenimiento planteado se basa en el monitoreo de parámetros y condiciones operativas de los equipos que la institución posee, utilizando los mecanismos que el RCM (Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad) ofrece, lo cual, permite el mejoramiento continuo y la conservación de los equipos.

### ***Justificación social***

Al implementar el programa de mantenimiento, la institución toma conciencia del uso adecuado de los equipos, los cuales favorecen a la población estudiantil, quienes también están adquiriendo una cultura conservacionista. Socialmente son beneficiados la institución y los estudiantes de la carrera Ingeniería Industrial, como también otras instituciones, debido a que este programa se adapta y puede aplicarse en cualquier institución.

### **Delimitación de la investigación**

Esta investigación se enmarcó en el área mecánica del laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Valle del Momboy, sede Estovacuy, ubicada en la Avenida Principal de Carvajal, Sector La Llanada frente a Residencias “Los Manguitos”. Este trabajo de investigación se desarrolló durante el primer semestre del presente año 2021, precisamente empezando en el mes de enero y culminando en el mes de julio. Con la elaboración de este trabajo se pudo diagnosticar y describir el sistema de mantenimiento utilizado por la universidad, identificando las deficiencias para diseñar el programa que ayudó a optimizar su funcionamiento.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En esta investigación se utilizan distintos antecedentes que guardan relación con el tema estudiado, así como también distintas bases teóricas que sustentan con definiciones los puntos más relevantes sobre el mantenimiento, asimismo, se fundamentan las leyes o normativas que lo regulan y se presenta la operacionalización de dicha variable.

### **Antecedentes de la investigación**

En cuanto a las investigaciones sobre mantenimiento preventivo, existen numerosas de ellas, pero en este caso se escogen tres antecedentes, los cuales, se utilizan como base o aporte para el estudio que se plantea, estos son:

#### ***Antecedentes nacionales:***

Silva (2015) en su investigación titulada: *“Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para las cavas de refrigeración de una empresa de alimentos congelados”* cuyo objetivo principal fue elaborar el plan de mantenimiento preventivo para las cavas de refrigeración de Internacional de Desarrollo S.A. El trabajo se apoyó en el mantenimiento planeado y en la implementación de herramientas de confiabilidad operacional. Para ello, se realizó un análisis de criticidad, un análisis de modos y efectos de falla para orientar las actividades de mantenimiento a los equipos y componentes más críticos, para luego elaborar el plan de mantenimiento preventivo proyectado a cincuenta y dos (52) semanas y fundamentado en formatos para la elaboración de rutinas. El plan se presentó como la base de alimentación para un sistema computarizado de administración de mantenimiento (MP), el cual, se comenzó a implementar en la empresa para la gestión de mantenimiento de los equipos de refrigeración.

En el mismo contexto. Salcedo (2016) realizó una investigación titulada: *“Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.”* la cual, tuvo como objetivo proponer el plan de mantenimiento para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup. El estudio fue desarrollado mediante un diseño no experimental, de campo con un nivel descriptivo y proyectivo, bajo la modalidad de proyecto factible. La población estuvo conformada por el personal del área de mantenimiento de la línea

de producción y la muestra fue de tipo intencional, conformada por el jefe de mantenimiento, dos mecánicos, el jefe de planta y un supervisor de producción.

Los datos fueron recopilados mediante la observación directa, el cuestionario, la guía de entrevista y la revisión documental. Inicialmente, se identificaron las condiciones y componentes de la llenadora, así como los procesos operativos de la línea de producción. Se determinaron las fallas con mayor ocurrencia durante el último semestre de 2015 y el primer trimestre de 2016, destacando la asociada a la no elevación de gato mecánico con una frecuencia de 17 para éste último período. Luego, se determinaron los componentes críticos de la llenadora rotativa a través de un análisis de criticidad, resultando seis componentes críticos y tres semicríticos.

En base a ello, se analizaron los modos y efectos de falla AMEF de todos los componentes, considerando específicamente a los de mayor criticidad los cuales fueron 1) el gato mecánico elevador de botellas, 2) la correa de transmisión, 3) la bomba de vacío y su red de tuberías, 4) el motor-variador, 5) el conjunto de reductores de entrada, salida y cadena de eslabones y 6) la bomba de tornillo. Siguiendo con la aplicación de árbol lógico de decisiones, se establecieron las actividades de mantenimiento preventivo que conformaron el plan propuesto, el cual contuvo actividades de frecuencia diaria, semanal, mensual, semestral y anual, basadas en tareas de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y a condición.

Finalmente, Meza (2018) elaboró una investigación titulada *“Propuesta de un plan estratégico para las actividades de mantenimiento preventivo en el área de molienda 1 de harina de maíz precocida en Alimentos Polar comercial- planta Turmero”* el cual tuvo como objetivo proponer dicho plan estratégico. Este trabajo consistió en plantear estrategias para las actividades de mantenimiento preventivo en el área objeto de estudio, ya que registró una diversidad de fallas o averías durante el año 2015 y 2018, originándose un tiempo perdido significativo como consecuencia de paradas no programadas.

Metodológicamente, el estudio fue desarrollado a través de un diseño no experimental, mediante una investigación de campo con un nivel descriptivo y proyectivo, enmarcado en la modalidad de proyecto factible. La población estuvo conformada por el personal del área de mantenimiento, integrada por seis (06) trabajadores, respectivamente. Los datos fueron recopilados mediante la observación directa, el cuestionario y la guía de entrevista, así como también en los diagramas de flujo de procesos y de causa-efecto para determinar los tipos de fallas, cantidad y horas perdidas por interrupciones no previstas.

De esta manera, se concluyó que en el área de estudio, las labores de mantenimiento preventivas efectuadas son generalmente realizadas en conjunto con otras actividades, por otra parte, las inspecciones, ajustes y demás actividades son gestionadas una vez detectadas las anomalías, en lugar de prevenir estas deficiencias. Es por ello, que se consideraron requerimientos humanos, técnicos y operativos para el activo en estudio, con el fin de implementar las estrategias desarrolladas en siete pasos que condujeran a la eficiencia en el manejo del área.

El aporte de las investigaciones antes descritas está vinculado con el trabajo desarrollado por ser referencia para establecer mejoras, ya que se exponen diferentes métodos que se utilizan para el análisis de criticidad de los equipos, desde el punto de vista teórico y metodológico.

### ***Antecedentes internacionales***

Alarcón y Romero (2020) nos presentan su investigación titulada “*Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad de santa elena, Guayaquil*” la cual tiene como propósito diseñar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar el desempeño operacional sin descuidar la seguridad y procurando optimizar la productividad de la empresa industrializadora de harina y aceite de pescado ubicada en Santa Elena.

La metodología de este estudio es de tipo documental-descriptivo en el marco de un proyecto factible apoyada en una investigación de campo, la población estuvo conformada por un total de cuarenta y tres (43) equipos involucrados directamente en la línea de producción de la empresa Nutrifishing. S.A., la información fue recolectada mediante la creación de un formato electrónico con la correspondiente información de los equipos.

Concluyendo que mediante la presente propuesta fue posible cumplir con el objetivo planteado el cual fue diseñar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar el desempeño operacional sin descuidar la seguridad y procurando optimizar la productividad de la empresa.

De manera semejante Rocha (2019) realizó una investigación titulada “*Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa Granitos y Mármoles Acabados S.A.S., Bogotá*” donde su objetivo principal fue diseñar e implementar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa Granitos y Mármoles Acabados S.A.S, teniendo un enfoque metodológico de tipo cualitativo ya que para lograr su objetivo se

recolecto la información basado en la observación y en principios no cuantificables, la población que abarco el estudio fue de un total de diez (10) empleados y doce (12) equipos.

Por medio de este estudio se identificaron y listaron los equipos críticos en la operación, a los cuales se le generaron fichas técnicas y hojas de vida permitiendo llevar un registro del mismo, el plan propuesto permitió organizar actividades que los operarios venir realizado de manera aleatoria permitiendo la toma acertada de decisiones.

Finalmente, Gonzales (2020) realizo una investigación titulada “*Gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en el área mecánica de la empresa GUVI SERVIS E.I.R.L., 2020*” donde su objetivo principal fue diseñar un plan de mantenimiento en el área mecánica de la empresa GUVI SERVIS E.I.R.L. Para incrementar el nivel de productividad, con una investigación de tipo no experimental ya que tiene como objetivo diseñar un plan de mantenimiento, cuya finalidad es aumentar la productividad de la empresa GUVI SERVIS E.I.R.L, además de ser una investigación transversal debido a que la investigación se recopilara en un solo instante y también se considero de campo ya que se realizó una revisión a todos los equipos con la finalidad de elaborar el diseño propuesto.

La población que se tomo en cuenta para esta investigación fue la empresa GUVI SERVIS E.I.R.L, quien brinda el servicio de metalmecánica como es el de maestranza, para la cual se necesitan tornos, fresadoras, mandrinadora, cepillo, taladro de banco, prensa hidráulica, también con un área de soldadura y mantenimiento de componentes. El instrumento utilizado para esta investigación fue el análisis documenta donde se realizó una inspección de manuales y catálogos proporcionados por la empresa y la entrevista fue otro instrumento utilizado la cual se realizo el personal que realiza el mantenimiento de los equipos y especialmente a las personas que operan los equipos.

Gracias al diseño de documentos básicos para la implementación del mantenimiento preventivo para el área mecánica de la empresa GUVI SERVIS E.I.R.L se logró incrementar la disponibilidad de las maquinas en un 9%.

### **Bases teóricas**

Las bases teóricas reseñan lo que se ha investigado acerca del tema de estudio y se inserta de manera real y profunda en la actividad científica con el fin de encontrar el sentido de lo analizado, en otras palabras, la información recogida para las bases teóricas proporciona un

conocimiento profundo de la teoría que le da significado a la investigación. En este caso, son las siguientes:

### ***Generalidades del mantenimiento***

Despreciado durante muchos años y relegado a simples tareas de reparación, el mantenimiento actual se constituye y vuelve cada vez más importante en la definición y participación de las estrategias globales de las organizaciones habiendo desarrollado considerablemente el modo de cómo encarar su función en la industria. Desde este contexto, el mantenimiento en los últimos años, gracias a la actual crisis mundial ha tenido una gran repercusión en el ámbito industrial – empresarial y en los equipos y maquinarias, los cuales siempre requieren de éste para alargar su vida útil.

En Venezuela la débil economía no ha permitido totalmente la sustitución de un equipo dañado por uno nuevo, por lo que se ha generado la implementación de diversos tipos de mantenimiento para así alargar su utilidad lo mayor posible. A partir de esta creciente necesidad y de maximizar el desempeño de los sistemas productivos, el mantenimiento asume una relevancia importante, revelándose como el sector clave para alcanzar niveles de optimización en todo proceso, integrado a un conjunto de procedimientos para la reducción de los tiempos improductivos y la proliferación cada vez mayor de equipos complejos y variados con diferentes componentes mecánicos, eléctricos, hidráulicos, neumáticos, térmicos y sistemas informáticos; debiendo realizar su acción a lo largo de todo el ciclo de vida del objeto.

### ***Definición de mantenimiento***

El mantenimiento es un concepto que se ha incorporado definitivamente en la actual terminología industrial y social. Las actividades que le corresponden son tan importantes, dentro y fuera de la industria, como puede serlo cualquiera de las actividades productivas. Mantener no solo significa tener un equipo funcionando, sino tenerlo en la más alta condición del servicio. Con ello, el equipo y la organización pueden y cumplirán con las severas condiciones impuestas por los reglamentos técnicos y las normas medio ambientales. No obstante, resulta difícil establecer una definición con carácter general, ya que no existe una especificación estandarizada. Así que se pueden encontrar varias definiciones de mantenimiento; exponiéndose algunos enunciados de autores de destacada trayectoria en el campo.

Al respecto, Cabral (2012) lo precisa como “la combinación de acciones de gestión, técnicas y económicas, aplicada a los bienes para la optimización de su ciclo de vida, entendiéndose por bien el conjunto concebido para asegurar una determinada función” (p.78). Por otra parte, Klijin (2016) lo define como “un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones, instalaciones” (p.43). Molina (2014), señala que es “toda acción cuyo propósito es mantener a un equipo o sistema en sus condiciones normales de operación o de restitución de sus condiciones específicas de funcionamiento” (p.151). La función mantenimiento se expresa como un sistema organizado que permite el mejor aprovechamiento del medio productivo.

Considerando las definiciones expresadas se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de actividades técnicas de aplicación directa, organizativa y de control económico que satisfacen diversas condiciones. Con estas, se pretende conservar o restablecer un equipo o instalación de manera que su vida productiva sea la más prolongada posible, asegurando un determinado servicio con un costo mínimo y máxima seguridad.

### ***Objetivos de mantenimiento***

Según Nava (2016) se puede manifestar que entre los principales objetivos que definen al mantenimiento y que éste persigue, se encuentran los siguientes términos: evitar, contrarrestar, reducir o reparar las fallas sobre los bienes precitados. Dicho autor declara que centralmente los objetivos más comunes del mantenimiento son:

- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paradas de equipos y maquinarias.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

Queda claro que el mantenimiento aplicado de manera correcta tiende a extender la vida útil de los bienes, obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

### ***Ventajas de mantenimiento***

Las ventajas del mantenimiento de acuerdo al aporte de Nava (2016) son las siguientes:

- Si el equipo está preparado, la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo de tiempo.

- No se necesita infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto, el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.

- Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción donde la implantación de otro sistema resultaría poco económica.

### ***Tipos de mantenimiento***

En general y en una clasificación genérica se establecen siete tipos de mantenimiento que se aplican.

#### ***Mantenimiento correctivo***

Referenciando a Duffuaa (2014) “es aquel que se realiza únicamente cuando el equipo no está funcionando y por tanto, no puede seguir operando, no existe ninguna planificación para este tipo de mantenimiento y no es considerada su aplicación sino hasta el momento en que ocurre su falla” (p.67). A su vez Nava (2016) dice que el mantenimiento correctivo se expresa como una actividad para corregir una falla después de un paro imprevisto y que sus características más importantes son:

- Presencia de un carácter urgente.
- Necesidad de una solución inmediata para evitar pérdidas de tiempo, de producción y de dinero.

Basado en lo antes dicho, se puede determinar que este mantenimiento se aplica solo en modo de urgencia.

### ***Mantenimiento predictivo***

Nava (2016) expresa que “este tipo de mantenimiento tiene el fin de reducir los tiempos de parada en equipos importantes, contando con información significativa para lograr realizarlo en la parte del equipo que lo requiere” (p.122). Como resultante esta actividad nace en equipos rotativos con el objeto de revisar daños menores y de tratar de llevar a todos los equipos instalados, sin menospreciar, si requieren o no de una inversión de mantenimiento. Su objetivo principal es evitar que se paralice abruptamente la producción o que interfiera en el funcionamiento de la organización.

### ***Mantenimiento de oportunidad***

Siguiendo el concepto de Duffuaa (2014) indica que “existe un mantenimiento en el momento cuando surge la oportunidad de efectuar tareas conocidas de conservación o cuando se susciten periodos de paros generales programados de un sistema particular” (p.68). Queda definido este tipo de mantenimiento como el que aprovecha ocasiones dadas para efectuar tareas pequeñas, dicta que dado el caso, una organización que esté realizando una parada, debe verificar el estado completo de cada uno de los elementos dentro de cada proceso en particular.

### ***Mantenimiento rutinario***

Otro de los mantenimientos más frecuentes se encuentra el rutinario, el cual Zambrano y Leal (2017) lo definen como “un tipo de mantenimiento que es ejecutado por los operarios de los sistemas, maquinas u objetos, es decir tiene un basamento en la relación operador mantenedor tal como se refiere el mantenimiento productivo total o MPT” (p.235). Al realizarse actividades simples como lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras, su frecuencia debe ejecutarse hasta en periodos semanales.

### ***Mantenimiento planeado***

Duffuaa (2014) señala que este tipo de mantenimiento “pauta a lo planeado o planificado como un esfuerzo integrado para convertir la mayor parte del trabajo de mantenimiento en programado” (p.68). En otras palabras, es el trabajo que se identifica mediante el mantenimiento

preventivo y el predictivo, incluyendo la inspección de los trabajos que se realizan a intervalos de tiempo. Sus elementos son:

- La política de mantenimiento se establece cuidadosamente.
- La aplicación de la política se planea por adelantado.
- El trabajo se controla para que se ajuste al plan original.
- Se recopilan y analizan datos que sirvan de guía a las políticas de mantenimiento futuras.

### ***Mantenimiento de emergencia***

Cabe señalar que Duffuaa (2014) relata que el mantenimiento de emergencia “es cualquier trabajo no planeado que se debe empezar el mismo día que se efectuó el imprevisto” (p.69). Por su misma naturaleza de emergente permite muy poco tiempo para su planificación el deber ser es que se reduzca al mínimo la cantidad de mantenimiento de emergencia a un tope de 10% del trabajo total de mantenimiento. Dado este método se debe incluir un programa regular de mantenimiento para ofrecer la capacidad de responder de forma inmediata a las emergencias.

### ***Mantenimiento preventivo***

Según Nava (2016) el mantenimiento preventivo es definido como “una técnica fundamental para las organizaciones donde se planea y programa, teniendo como objeto aplicar el mantenimiento antes de que se presenten las fallas, bien sea cambiando partes o reparándolas, para de esta forma reducir los gastos de mantenimiento” (p.123). Es decir, pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable.

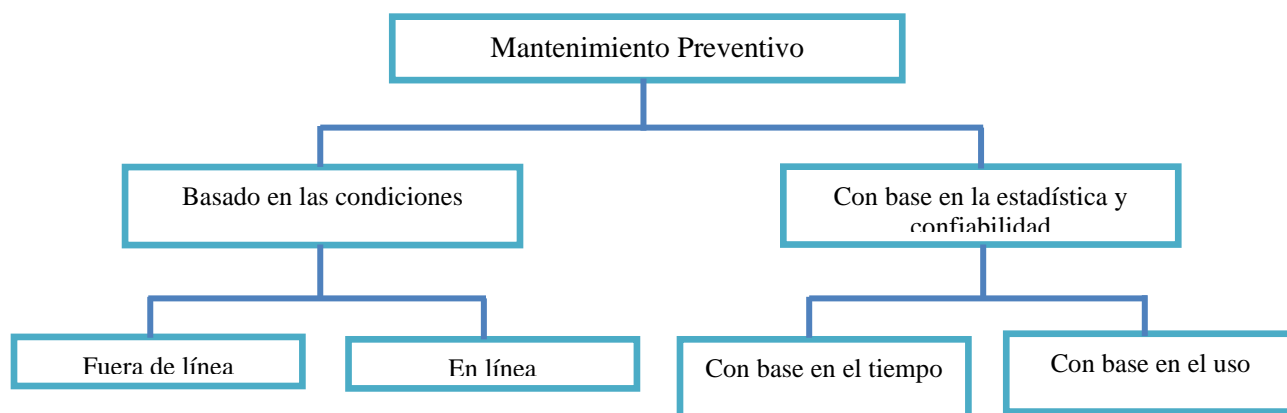
Para efectos de esta investigación el tipo de mantenimiento que se aborda para diseñar el programa es el preventivo, ya que se busca prevenir que los equipos de tecnología mecánica presenten fallas de imprevisto y dejen de ser utilizados, lo cual ocasionaría una debilidad para la enseñanza de los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy.

### ***Mantenimiento preventivo***

El mantenimiento preventivo según Bertalanffy (2018) “es el que utiliza todos los medios disponibles incluso estadísticas para determinar las frecuencias de las inspecciones, revisiones, sustituciones de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil u otros”

(p.94). Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de fallas. Cabe destacar que Duffuaa (2014) lo define en dos categorías:

- Basado en las condiciones: en línea y fuera de línea.
- Con base en la estadística y confiabilidad: Con base en el tiempo o en el uso, este tipo se presenta para hacer frente a las fallas potenciales con base a la condición del equipo este se lleva a cabo de acuerdo con las horas de funcionamiento o calendario establecido. Con base a las condiciones conocidas del equipo se sabrá los valores afectados y da auge a un nuevo concepto el mantenimiento predictivo.



Figura

1

*Categorías del Mantenimiento Preventivo*

Fuente: Duffuaa (2014)

La función principal del mantenimiento preventivo es conocer el estado actual de los equipos, mediante los registros de control llevados en cada uno de ellos y en coordinación con la programación para realizar la tarea preventiva en el momento más oportuno. Al respecto, Briceño y Alcántara (2019) señalan que el mantenimiento preventivo debe desarrollarse de acuerdo a varias áreas básicas a saber:

### ***Limpieza***

Operación realizada por el personal de mantenimiento o por el personal operativo de los equipos y maquinarias, que en forma general representa la acción en los siguientes renglones: limpieza de máquinas, equipos, sistemas, pisos, techos, paredes, almacenes y otros.

### ***Inspección***

Esta operación también puede ser oculta o por medio de instrumentos de medición, tales como: voltímetros, amperímetros, manómetros, termómetros, tacómetros y otros, se detecta cualquier falla próxima a ocurrir a través de la identificación de parámetros que han salido fuera de los límites preestablecidos.

### ***Lubricación***

Esta operación está representada por el engranaje y lubricación directa de todo el mecanismo, cojinete, otros y por el chequeo de niveles de lubricantes, condiciones del lubricante y las características de presión y temperatura en los sistemas de lubricación forzada. En el mismo orden de ideas, es el proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran muy próximas y en movimiento una respecto de la otra, interponiendo para ello, una sustancia entre ambas denominada lubricante que soporta o ayuda a soportar la carga (presión generada) entre las superficies enfrentadas. La película de lubricante interpuesta puede ser un sólido, un líquido (grasa) o excepcionalmente un gas.

### ***Ajuste***

Operación originada de la inspección, esta incluye, entre otras, el reemplazo de piezas y elementos que la inspección detecte como defectuosas o gastadas y el reemplazo de elementos que deban ser cambiados en base a las horas de funcionamiento, por experiencia previa o por seguridad, en base a estudios estadísticos o recomendaciones del fabricante.

### ***Mantenimiento preventivo con base a las condiciones***

Según Duffuaa, Raouf y Dixon (2012) “este mantenimiento se lleva a cabo con base en las condiciones conocidas del equipo” (p.163). La condición del equipo se determina vigilando los parámetros clave del equipo, cuyos valores se ven afectados por su condición. A esta estrategia también se le conoce como mantenimiento predictivo. En el mismo orden de ideas, Santos (2020) indica que dicho mantenimiento “se sostiene en la vigilancia continuada de los parámetros clave que afectan el desempeño al degradar una condición establecida, indicando si algo está fallando” (p.21).

### ***Mantenimiento preventivo con base en el tiempo de uso***

Según Duffuaa, Raouf y Dixon (2012) “el mantenimiento preventivo en el tiempo de uso se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales de acuerdo con las horas del funcionamiento o un calendario establecido” (p.164). Requiere un alto nivel de planeación, las rutinas específicas que se realizan son conocidas, así como sus frecuencias. En la determinación de la frecuencia generalmente se necesitan conocimientos acerca de la distribución de las fallas o la confiabilidad del equipo. Para Santos (2020) dicho mantenimiento “también se conoce con el nombre de mantenimiento de pronóstico” (p.21).

### ***Análisis del RCM***

El RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es un método que permite determinar inconvenientes para mantener cualquier activo físico en su entorno de operación. Fue creado para el entorno industrial por John Moubray en 1997. La fiabilidad es la aptitud de un elemento de realizar una función requerida bajo unas condiciones determinadas durante un intervalo de tiempo dado, por tanto, la razón de ser del RCM es tratar de centrar el diseño del programa de mantenimiento en la fiabilidad d los activos, es decir, garantizar una vida más duradera de cada activo.

Al respecto, Sipire (2018) señala que “el análisis RCM se basa en lograr la máxima confiabilidad en los equipos, pero no puede aportar mayor confiabilidad que la brindada por los diseñadores. Cada componente se comporta de una forma diferente, cada uno tiene su combinación de modos de falla, ya que los entornos de trabajo también son diferentes (temperatura, presión, velocidad)” (p.55). De manera que la base para realizar o revisar el programa de mantenimiento debe empezar por ver cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento de cada elemento.

Las ventajas y logros que aporta la aplicación del RCM en la organización, personal, equipos y maquinarias son las siguientes:

- Mejora de las comunicacionales entre el diferente personal de la empresa.
- Aprovechamiento de la habilidad y el conocimiento de cada componente del grupo.
- Realización de un mejor análisis de cada uno de los componentes del equipo.
- Detección de fallas antes de que ocurran.
- Mayor seguridad y protección del entorno.

- Mejores rendimientos operativos.
- Mayor contención de los costos de mantenimiento.
- Amplia base de datos de mantenimiento.
- Mayor motivación de las personas.
- Mejor trabajo de grupo (análisis de los problemas del mantenimiento y toma de decisiones).

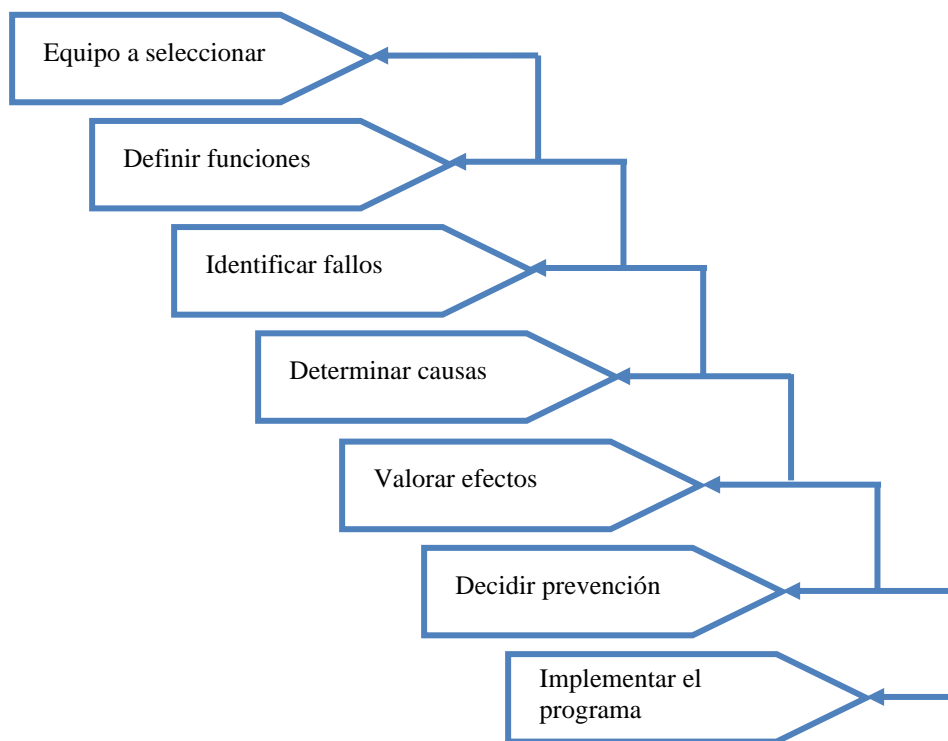
Esta metodología valora además, las consecuencias de cada una de los fallos que pueda tener un activo físico y en función de su criticidad establecer las estrategias de mantenimiento más adecuadas para anticipar ese modo de falla. La valoración que se hace para establecer la estrategia más adecuada debe ser técnica y económica. Asimismo, la metodología también se utiliza en el entorno industrial para el diseño del programa de mantenimiento, en aquellos casos en que la fiabilidad de los sistemas es importante para la seguridad de las personas y las cosas; igualmente por consideraciones medioambientales o simplemente cuando es necesario mantener una determinada instalación funcionando a su capacidad máxima de manera continua. Es un sistema de costosa aplicación, si bien puede aplicarse de manera reducida.

Para implementar el RCM Mendizabal (2021) expresa que “se identifican los equipos carrera para ver en cuáles de estos se ha de aplicar el proceso de revisión. A partir de este listado se analiza qué equipos son los que suponen un riesgo, es decir, cuáles producirían una situación crítica en caso de avería” (p.88). Una vez seleccionados los elementos a revisar, el RCM responde a la siguiente serie de preguntas por cada equipo: ¿Cuáles son las funciones del equipo? ¿De qué forma puede fallar? ¿Cuál es la causa de la falla? ¿Qué sucede al fallar el equipo? ¿Qué ocurre al fallar? ¿Qué se puede hacer para prevenir el fallo? ¿Qué sucede si no se puede prevenir el fallo?

Luego, de definir las preguntas de mantenimiento con sus respectivas respuestas, se aplican los siguientes pasos:

- Identificación del elemento a analizar.
- Determinación de las funciones de elementos.
- Determinación de lo que constituirá u fallo de esas funciones.
- Identificación de las causas de esos fallos funcionales.
- Identificación de los efectos de esos fallos.
- Utilización de la lógica RCM para seleccionar la estrategia adecuada.

- Documentación del programa de mantenimiento y depuración del mismo, conforme se adquiere experiencia en la operación del elemento.



Figura

*Pasos para implementar el RCM*

2

Fuente: Mendizabal (2021)

### ***Equipos y maquinarias***

Los equipos y maquinarias son definidos por Beltrán (2015) como “el conjunto de piezas o elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo con un fin determinado” (p.192). Entre sus componentes, suelen destacarse el motor (el dispositivo que permite generar la energía para el desarrollo del trabajo requerido), el mecanismo (los elementos mecánicos que transforman la energía portada por el motor) y el bastidor (una estructura rígida que enlaza el motor y el mecanismo). El mismo autor clasifica la maquinaria según su motor o fuente de energía, según su mecanismo o movimiento principal y/o según su tipo de bastidor.

En fin, un equipo o maquinaria es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza. Estos dispositivos pueden recibir cierta forma de energía y transformarla

en otra para generar un determinado efecto. De acuerdo a sus fuentes de energía, la maquinaria puede clasificarse de distintas formas. Los equipos y maquinarias manuales son aquellas cuyo funcionamiento requiere de la fuerza humana. Los equipos y maquinarias eléctricas (como los generadores o los transformadores), en cambio, transforman la energía cinética en otra energía gracias a contar con circuitos magnéticos y circuitos eléctricos.

### ***Funciones de los equipos y maquinarias***

Cada equipo es adquirido para satisfacer una necesidad con unos estándares determinados, y en el momento que no la cumplan estará provocando la falla en el equipo. En cada equipo se establece un contexto operacional, en el que deben constar estos cuatro factores:

- Régimen de operación del equipo.
- Disponibilidad de la mano de obra y repuestos.
- Consecuencias de la indisponibilidad del equipo (pérdida de producción, reducción de la producción).
- Objetivos de seguridad y medio ambiente.

Se debe diferenciar el enfoque del mantenimiento según las funciones del equipo, ya que este puede ser totalmente diferente. Por ejemplo en dos equipos iguales uno es el principal y otro es el de reserva. Además, también se diferencian entre funciones principales y secundarias.

### ***Criticidad de los equipos y maquinarias***

La criticidad de los equipos y maquinarias “es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones, y maquinarias, con la finalidad de dirigir recursos de la manera más efectiva en áreas donde sea más importante mantener o mejorar la confiabilidad operacional”, Beltrán (2015). El análisis de criticidad también se puede expresar matemáticamente:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de Falla} * \text{Consecuencia}$$

Donde: Consecuencia = (Numero de fallas \* Tiempo promedio de la falla) + Costo de Reparación + Impacto en Seguridad + Impacto Ambiental).

En sí, la criticidad es una medida ponderada que considera los siguientes aspectos:

- El efecto que provocaría una falla del módulo funcional (ó equipo) dentro del proceso;
- La velocidad de reparación de la falla;
- La frecuencia de ocurrencia de la falla.

El criterio rector es considerar la criticidad como un indicador de la magnitud del problema que ocasiona la falla de un módulo o equipo. Una vez obtenido el nivel de criticidad, éste será empleado para definir la estrategia de mantenimiento de ese módulo equipo o maquinaria. Es decir, que todos los criterios que se adoptan para definir y cuantificar la criticidad, sirven para decidir finalmente una estrategia de mantenimiento. Beltrán (2015) señala que la magnitud del problema ó criticidad depende de tres aspectos:

*El efecto:* está en función del efecto cuantificado sobre el medio ambiente y seguridad, el efecto cuantificado sobre la producción, el efecto cuantificado sobre costos operativos y la disponibilidad de equipos o maquinarias de reserva.

*Velocidad de reparación:* está en función del tiempo máximo admisible fuera de servicio y el tiempo en falla

*Frecuencia de fallas:* está en función del tiempo medio entre fallas y el historial, el cual considera datos históricos del equipo o maquinaria. El nivel de carga a la que se somete al equipo o maquinaria respecto a su capacidad nominal. El Régimen de trabajo horario al que es sometido el equipo y el factor de frecuencia de fallas, cuantificando la influencia de todas las variables de frecuencia de fallas.

Los objetivos de la criticidad de las maquinarias según Beltrán (2015) “consisten en crear una técnica o método para identificar y jerarquizar por su importancia los elementos (sistemas) sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos), permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable” (p.193). Aprobar los resultados presentados como la jerarquización oficial para todos los efectos de utilidad. Los niveles de criticidad de las maquinarias según Beltrán (2015) se clasifican de la siguiente manera:

*Nivel de criticidad 1:* este nivel se les asigna a los equipos o maquinarias que No Deben fallar, si el equipo fallara produciría un cierre total a la planta o una parte de la planta se pararía, ocasionando pérdidas económicas. Están los equipos o maquinarias que al fallar ocasionarían accidentes a las personas u ocasionarían daños ambientales.

*Nivel de criticidad 2:* este nivel se les asigna a los equipos o maquinarias que No deberían fallar, continúa siendo un equipo importante en la planta solo que al fallar el equipo no tuviera un fuerte impacto en la planta, ya que hubiera equipos o maquinarias similares o no tomaría mucho tiempo al repararlo.

*Nivel de criticidad 3:* en este nivel se le asigna al resto de equipos o maquinarias que no están involucrados en la producción, son equipos que por no contar con el tiempo para realizarle el mantenimiento preventivo pueden ser retrógradas.

El sistema de criticidad le permitirá llevar a cabo las tareas correctas de mantenimiento preventivo, las metas recomendadas con este sistema de criticidad:

- 100% de cumplimiento de mantenimiento preventivo para equipos o maquinarias.
- 0% de cumplimiento de mantenimiento preventivo para equipos o maquinarias.
- 80% de cumplimiento de mantenimiento preventivo para equipos o maquinarias.

En función de lo anterior, se proponen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad, los siguientes:

*Seguridad:* posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas.

*Ambiente:* posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente.

*Producción:* capacidad que se deja de producir cuando ocurre la falla.

*Continuidad operacional:* el efecto en el proceso cuando ocurre un evento de falla.

*Costos (operacionales y de mantenimiento):* incluyendo los costos de las fallas.

*Tiempo promedio para reparar:* el tiempo para reparar la falla.

*Frecuencia de falla:* son las veces que falla el nivel taxonómico en evaluación.

En cuanto a la metodología del análisis de criticidad, Beltrán (2015) establece los siguientes pasos:

- Reconocer el problema.
- Definir el alcance y objetivo para el estudio.
- Establecer criterios de importancia (seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento).
- Seleccionar o diseñar un método de evaluación que permita jerarquizar los sistemas objetos de estudio.

Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

*En el ámbito de mantenimiento:* al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se podrá establecer de una manera más eficiente la prioridad de los planes y rutinas de mantenimiento y de posibles rediseños al nivel de procedimientos, modificaciones menores;

inclusive permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

*En el ámbito de inspección:* facilita y centraliza la implantación de una inspección, dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos, tipo de inspección requerida para facilidades, sistemas, maquinarias y componentes.

*En el ámbito del manejo de materiales:* ayuda a tomar decisiones más acertadas sobre el nivel de maquinarias, piezas de repuesto que deben existir en el almacén central, así como los requerimientos de partes, materiales y herramientas que deben estar disponibles en los almacenes de planta, es decir, se puede sincerar el inventario de materiales y repuestos de cada sistema y/o equipo logrando un costo óptimo de inventario.

*En el ámbito de gerencia de proyectos:* los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas, equipos o maquinarias de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.

*A nivel del personal:* un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas, que es donde se concentra las mejores oportunidades iniciales de mejora y de agregar el máximo valor.

### ***Impacto operacional de los equipos y maquinarias***

El impacto operacional de un equipo o maquinaria tiene que ver con los procesos de mejora continua, con la sistematización, las herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción. Al respecto Jelambi (2016) manifiesta que “el impacto operacional lleva implícita la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional” (p.69).

Es importante, puntualizar el impacto operacional es necesario el análisis de sus cuatro parámetros operativos: operatividad humana, operatividad de los procesos, mantenibilidad y confianza de los equipos y maquinarias; sobre los cuales se debe actuar si se quiere un mejoramiento continuo y de largo plazo.

### ***Falla***

Según la norma COVENIN 3049-93 es un evento no previsible, inherente a los sistemas productivos que impide que éstos cumplan función bajo condiciones establecidas o que no las cumplan. Las fallas se presentan de diversas maneras:

#### ***Falla funcional***

Sipire (2018) indica que la falla funcional “es la incapacidad que tiene un equipo en llevar a cabo sus funciones por las cuales ha sido adquirido” (p.60). Las fallas funcionales únicamente describen la incapacidad de lograr la función deseada, pero no se extiende más allá de esto, ya que ni explica ni detalla las causas de la falla.

*Modo de avería:* cabe señalar que Sipire (2018) dice que “una vez identificada la falla, el siguiente paso es intentar identificar los hechos que la han podido causar” (p.60). Estos hechos son los denominados modos de falla y son los encargados de definir la razón por la cual ha fallado. Dentro de una sola instalación puede haber una gran lista de modos de falla, pero de esta enorme lista solo han de registrarse los que puedan ocurrir en mayor probabilidad.

*Efecto de falla:* Sipire (2018) define que “estos describen lo que ocurriría si no se lleva a cabo ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar una falla” (p.61). Estos efectos han de incluir la información necesaria para garantizar la evaluación de las consecuencias de falla como: si existe o no evidencia de que la falla ha ocurrido; si tiene o no amenaza para la seguridad o el medio ambiente; la manera en que afecta a la producción o diferentes operaciones; si la falla puede ocasionar daños físicos; como se ha de responder para rehabilitar la función del sistema después de la falla.

*Consecuencia de la falla:* una vez ya determinadas las funciones, fallas funcionales, modos de fallo y los efectos, se procede a evaluar la importancia de cada falla. Estas consecuencias serán las que marcarán la decisión de si se ha de tratar de prevenir la falla o no.

Las tareas preventivas se realizan siempre y cuando se comprueba que realizándolas se pueden evitar las consecuencias de la falla.

### ***Fallas ocultas***

Las fallas ocultas no tienen ningún impacto negativo directo, pero hacen que la instalación esté expuesta a fallas múltiples que pueden ocasionar consecuencias graves y en algunos casos hasta catastróficas. Un ejemplo sería el sistema contra incendios, si los detectores de humo no funcionan puede dar resultado a una consecuencia catastrófica.

*Seguridad y medio ambiente:* un modo de avería tiene consecuencias medioambientales o de seguridad cuando se incumple con cualquier norma o regulación (normas gubernamentales de medio ambiente) o existe la posibilidad de daños físicos sobre la persona.

*Operacionales:* en este apartado se incluyen las consecuencias de falla que causan pérdidas económicas aparte de la reparación del elemento dañado, es decir, la reducción de la producción, la atención al cliente o la calidad del producto.

*No operacionales:* las consecuencias de falla que se incluyen en esta categoría son aquellas que no afectan ni a la producción ni a la seguridad, solo se requiere la reparación o remplazo de los elementos afectados por la falla. De manera que solo afecta económicamente a la empresa.

*Prevención de la falla:* el mejor método para mejorar la disponibilidad de las máquinas es tener implantado algún tipo de mantenimiento rutinario. El mantenimiento a aplicar puede variar bastante según la política de la institución o los equipos a mantener.

*Sin opciones de prevenir la falla:* aparte de comprobar si la realización de las tareas preventivas es factible o no, el RCM se ocupa también de si merece la pena o no hacerlas. Si se comprueba que no vale la pena realizar este tipo de tareas, se efectúan otro tipo de tareas de mantenimiento llamadas “a falta de”, que tratan ya con el estado de falla. El RCM distribuye en tres tipos las tareas “a falta de”.

*Búsqueda de la falla:* se aplica a las fallas ocultas, es decir solamente a los elementos de protección.

*Rediseño:* se considera rediseño al cambiar las características o especificaciones de cualquier componente de un equipo. Además, también se incluyen las modificaciones, al añadir algún elemento nuevo, o la sustitución o reubicación de los equipos.

### ***Sistema de mantenimiento***

La norma COVENIN 3049-93, refiere que el sistema de mantenimiento es un conjunto coherente de políticas y procedimientos, a través de las cuales, se realiza la gestión de mantenimiento para lograr la disponibilidad requerida de los sistemas de producción al costo más conveniente.

### ***Ficha técnica***

Según Luque (2019), la ficha técnica “es un documento que describe las características principales, la composición y las aplicaciones de un producto, aportando información detallada sobre los aspectos del mismo” (p.42).

### ***Hoja de vida***

La hoja de vida de un equipo es un documento que especifica la información que identifica un equipo, las partes que lo conforman y sus características al igual que contiene el historial de mantenimientos que se le han realizado.

IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO					
Nombre del Equipo:					
Ubicación del equipo:					
Marca:					
Modelo:					
Serie:					
Fecha de puesta en funcionamiento:					
DATOS DEL PROVEEDOR					
Fabricante y Lugar de origen:					
Fecha de adquisición:					
Nombre de proveedor y Dirección:					
Datos de contacto E-mail, teléfono:					
Posee catálogo de manejo u operación:					
Mantenimiento indicado por el fabricante:					
Condiciones de operación:					
CARACTERÍSTICAS METROLOGICAS DEL EQUIPO					
Medición a realizar:					
Rango de Uso:					
Resolución:					
Exactitud:					
Frecuencia de Calibración:					
Frecuencia de Verificación:					
Patrones:					
Garantía: SI ____ NO ____					Fecha de Inicio:
					Fecha de Terminación:
CONTROL DE ACTIVIDADES					
C: Calibración, V: Verificación, M: Mantenimiento.					
FECHA	C	V	M	Descripción	Responsable

Figura

3

*Hoja de vida*

Fuente: El ABC de la gestión de mantenimiento

### ***Codificación de equipos y maquinarias***

Yuscy (2012) expresa que la codificación “es el método que permite convertir un carácter de un lenguaje natural en un símbolo de otro sistema de representación, los códigos de clasificación se unen para distinguir un grupo de datos que tienen características diferentes de otro” (p.146) Se enlista en manuales y se distribuye para que el personal de trabajo pueda localizarlos o memorizarlos fácilmente, también para ayudar a la localización de los equipos. Cuando la cantidad de equipos es muy grande, o simplemente para identificar cada equipo individualmente sin el riesgo de caer en confusión, se hace casi imposible identificarlos por su respectivo nombre, color, marca, entre otros.

Para facilitar la administración de los equipos se deben clasificar con base en un sistema racional que permita procedimientos de mantenimiento y control de vida de las existencias. La codificación de equipos en una planta se puede hacer de dos formas:

- Codificación no significativa.
- Codificación significativa.

En una planta pequeña, cuyo inventario de equipos sea reducido y delimitado a un espacio pequeño, se suele dar este tipo de codificación, en otras palabras, una codificación no significativa se da únicamente por la necesidad de tener inventariado el equipo dentro de los activos de la empresa y también se acostumbra a ejercer una labor de mantenimiento sistematizada, que sin una codificación establecida, no se podría identificar el equipo en cuestión, es decir, éste sistema no aporta mayor información adicional si no únicamente ayuda a ubicar el equipo.

La principal ventaja del empleo de un sistema de codificación no significativo es la simplicidad del código, ya que éste puede contener seis o menos caracteres alfanuméricos con los que se puede identificar todos los equipos de la organización, este tipo de codificación es útil en organizaciones pequeñas donde no hay un gran número de maquinaria y se puede recordar a qué máquina corresponde cada código.

En una organización grande no se puede ubicar la máquina en la cadena a partir del código, este tipo de codificación es el generalmente usado por las organizaciones de tamaño considerable, como su nombre lo indica, a diferencia del anterior, este tipo de codificación aporta información significativa de la máquina, como puede ser la planta (cuando la organización tiene más de una), el área de trabajo, entre otros.



Figura

4

*Codificación de equipos*

Fuente: Yuscy (2012)

***Planificación de mantenimiento de los equipos y maquinarias***

Planificar según el criterio de Grimaldi y Simonds (2014) “es decidir con anticipación el cómo hacer, el qué hacer, cuándo hacerlo, y quién debe hacerlo. Esto con el fin de contribuir al logro de los objetivos de la organización, considerando su visión y seleccionando estrategias a seguir” (p.19). Se puede decir, que es la base para poder llevar a cabo las acciones de mantenimiento, sin importar de que tipo sea el mismo, y así mejorar y tener de una manera ordenada los pasos a seguir, para que se cumpla el trabajo en sinergia. La planificación se realiza a través de la jerarquización de planes como propósitos objetivos, estrategias, políticas, rutinas, procedimientos, reglas, programas, presupuestos, entre otros.

***Planes y rutinas de mantenimiento***

El mantenimiento se planifica a partir de los volúmenes de trabajo aprobados, ello implica que a partir de ese momento los técnicos encargados de la reparación comienzan los trabajos de planificación del mantenimiento. González (2018) destaca que el plan se programa a través de las siguientes rutinas de mantenimiento:

- Se preparan los listados de insumos.
- Se relaciona y revisa todas las piezas de repuestos necesarias para la ejecución del mantenimiento.
- Se prepara los listados de herramientas necesarias.

- Se planifica la plantilla necesaria para la ejecución de los trabajos preparatorios y de mantenimiento.
- Se elabora el plan de interrelación entre las tareas de mantenimiento y la ejecución de los trabajos de talleres.
- Como una etapa de preparación necesaria se debe instruir el personal en los métodos de trabajos que se pondrán en práctica durante el mantenimiento.

### **Bases legales**

Legalmente no existe ningún instrumento jurídico nacional que establezca que el cumplimiento de una norma o procedimiento relacionado con el mantenimiento deba cumplirse en una organización. Sin embargo, existen una serie de consideraciones generales para la gestión del mantenimiento en el caso de Venezuela, la Comisión Venezolana de Normalización COVENIN (hoy Fondo Nacional de Normalización FONDONORMA), es el ente gubernamental encargado de velar por el cumplimiento de tales aspectos, esto mediante la norma venezolana COVENIN 3049:1993, la cual elabora el marco conceptual de la función de mantenimiento con la finalidad de tender a la unificación de principios básicos y criterios de dicha funciones; e igualmente, la norma COVENIN 2500:1993, con el objetivo de evaluar los sistemas de mantenimiento en las empresas, permitiendo servir de indicador en cuanto a la gestión del mantenimiento de equipos y maquinarias.

### **Definición de términos básicos**

En este apartado se presenta una breve explicación de los conceptos manejados en la investigación y que no fueron definidos en las bases teóricas, a fin de aclarar con mayor profundidad ciertos puntos expuestos en este estudio.

**Acción correctiva:** es la última etapa del control que busca corregir el desempeño para adecuarlo al estándar esperado. La acción correctiva es siempre una medida de corrección y adecuación de algún desvío o variación con relación al estándar esperado, (Brito, 2015).

**Análisis:** se realiza para lograr una eficaz administración del mantenimiento, por lo tanto es necesario analizar para asegurar a la empresa la continuidad de su gestión, (Brito, 2015).

**Eficiencia:** se refiere a hacer las cosas bien, lograr los objetivos garantizando los recursos disponibles al mínimo costo y con máxima calidad, (Munch, 2020).

**Fallas:** es un evento no previsible, inherente al sistema productivo, que impide que éstas cumplan su función bajo condiciones establecidas o que no las cumpla, (Chiavenato, 2020).

**Gestión:** consiste en que toda organización debe establecer sus normas y a partir de éstas, poder medir las desviaciones en su ejecución, (Cepeda, 2018).

**Incidente:** es todo suceso no deseado, ni planeado que interrumpe o interfiere el desarrollo normal de una actividad, sin consecuencias adicionales (ni daños, lesiones o pérdidas apreciables), (Jelambi, 2016).

**Inseguridad:** se refiere al estado o situación de trabajo bajo condiciones inseguras para el trabajador, (Jelambi, 2016).

**Método:** un método de trabajo se identifica como la manera de efectuar una operación o secuencia de operaciones, (Gómez, 2017).

**Nivel de riesgo:** ponderación de riesgos basada en el producto de la combinación de la probabilidad y la(s) consecuencia(s) de que ocurra un evento peligroso especificado. Existen tres niveles; bajo, medio y alto, (Chiavenato, 2020).

**Peligro:** se considera como la situación en la que se podrían esperar muertes o daños físicos serios de inmediato. Es un elemento, fenómeno o una acción humana que puede provocar daño en la salud de los trabajadores, en los equipos o en las instalaciones, (Chiavenato, 2020).

**Riesgo:** probabilidad de que un peligro identificado cause un incidente o accidente. Es una medida del potencial de pérdidas económicas por lesión en términos de la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado, justo con la magnitud de las consecuencias, (Jelambi, 2016).

### **Sistema de variables**

La operacionalización de la variable permite al investigador concretar de manera sistemática su estudio. Al respecto Arias (2017) señala que la variable analizada puede presentarse en un cuadro de operacionalización donde se especifican sus dimensiones e indicadores, asimismo, define el sistema de variable como “el conjunto de características cambiantes que se relacionan según su dependencia o función en una investigación” (p.111). En el presente estudio, la variable “mantenimiento” es analizada en el contexto práctico de los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy, vinculada al objetivo planteado.

***Variable***

Mantenimiento.

***Definición conceptual***

Molina (2014), lo define como “el motor de la producción, sin mantenimiento no hay producción” (p.151). Todo equipo está sujeto a normas constantes de mantenimiento, dando así alta confiabilidad a la organización, por ello, el mantenimiento es un proceso en el que interactúa equipo y hombre para generar ganancias, las inspecciones periódicas ayuda a tomar decisiones basadas en parámetros técnicos.

***Definición operacional***

Se mide a través de las dimensiones condiciones básicas, registro de fallas de los equipos, estrategias de mantenimiento.

### *Operacionalización de las variables*

Tabla

1

#### *Mapa de variables*

**Objetivo general:** diseñar un programa de mantenimiento para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy.

<i>Objetivos específicos</i>	<i>Variable</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Indicador</i>	<i>Instrumento</i>
Realizar el diagnóstico de los equipos de tecnología mecánica.	Mantenimiento preventivo	Diagnóstico de los equipos de tecnología mecánica.	- Condiciones de los equipos de tecnología mecánica.	Análisis RCM - Ficha técnica. - Hoja de vida.
Identificar las fallas funcionales de los equipos de tecnología mecánica en base al análisis.		Fallas funcionales de los equipos de tecnología mecánica.	- Fallas eléctricas. - Fallas mecánicas. - Fallas de lubricación. - Fallas de limpieza. - Falla o paro imprevisto.	- Codificación de los equipos. - Estado de fallas - Causa y efecto de fallas. - Consecuencias de fallas.
Elaborar el programa de mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy.			Programa de mantenimiento preventivo	

Fuente: Godoy (2021)

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

El marco metodológico muestra la estrategia y la vía que sigue el investigador para lograr los objetivos propuestos. Según Arias (2017) “es el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (p.16). Este método se basa en la formulación de hipótesis las cuales pueden ser confirmadas o descartadas por medios de investigaciones relacionadas al problema. A continuación, se desarrollan cada uno de los aspectos metodológicos de la investigación.

### **Tipo de investigación**

La presente investigación se apoya en un tipo de investigación proyectiva por tratarse de una propuesta. Arias (2017) señala que este tipo de investigación “consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas o requerimientos” (p.21). Según Hurtado (2016), este tipo de investigación:

Consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futuras” (p.32).

Efectivamente, la propuesta permite orientar y organizar en la institución todo el quehacer investigativo, instituyendo las bases para la generación del conocimiento que dé respuesta a la problemática de mantenimiento.

### **Diseño de la investigación**

De acuerdo con la problemática planteada, el estudio que se presenta es de campo no experimental. Según Arias (2017), este diseño:

Consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna. Por otro lado, también se emplean datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico (p.25).

Este diseño también destaca las oportunidades actuales y a futuro que genera el proyecto y se incluyen todas las actividades a realizar durante el proceso, las estrategias, tareas, lugar

donde se ejecutan las actividades, se precisan los recursos humanos, económicos, materiales y tecnológicos, se establecen los procesos de control, evaluación y seguimiento de cada una de las actividades a realizar, entre otros.

En esta investigación se mostraron los sucesos tal y como estaban ocurriendo, sin que el investigador realizara alguna acción de manipulación de los sucesos en estudio, esto quiere decir, que el investigador no tuvo la oportunidad de manipular los procesos casuales de la realización o diseño del programa estratégico para las actividades de mantenimiento preventivo, ni clasificó los objetos de estudio en grupos experimentales de control, solo entró en contacto con la realidad de los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy donde se concretó la aplicación de los instrumentos para el análisis RCM.

Asimismo, el estudio se fundamentó en la consulta de fuentes primarias y secundarias, que suministraron elementos teóricos y referenciales relacionados con el tema, por lo que se tuvo planteado consultar las distintas referencias inherentes a la planificación estratégica para establecer las actividades de mantenimiento preventivo, las cuales fueron soporte significativo para la investigación.

### **Población**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2015), la población “es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p.174). Para Arias (2017) la define como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (p.68). En este caso, la población establecida fueron los equipos a evaluar constituidos por: 4 Tornos, 2 Fresadoras y un Esmeril. Asimismo, se tomó al encargado del laboratorio, el Profesor Wilmer Méndez como el principal informante.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

De acuerdo a lo señalado por Arias (2017), las técnicas “son los procedimientos o forma particular de obtener datos o información” (p.73) y Hurtado (2016) manifiesta que “comprende procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar respuesta a su pregunta de investigación” (p.153). Mientras que los instrumentos según Sabino (2012) “son en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para

acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información” (p.76). De este modo las técnicas e instrumentos sintetizan en sí toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto a las variables o conceptos utilizados.

Las técnicas de recolección de datos utilizadas en esta investigación fueron la entrevista y la revisión documental. Se destaca que la observación es la técnica más adecuada para este tipo de estudio, Zapata (2016) señala que “es un procedimiento que se utiliza para presenciar directamente el fenómeno que se estudia, sin actuar sobre él, sin modificarlo o realizar cualquier tipo de operación que permita manipular” (p. 134).

Sin embargo, en este caso fue difícil aplicarla, ya que no fue posible tener acceso a las instalaciones de la Universidad Valle del Momboy, debido a la problemática de confinamiento originada por la pandemia por COVID-19, por lo cual, se decidió que el método aplicar era la entrevista al encargado del laboratorio profesor Wilmer Méndez, quien conoce todo su funcionamiento y pudo ofrecer la información necesaria sobre los equipos en estudio. La entrevista de acuerdo a Hurtado (2016) indica que “es la información que se recoge solicitándola a otra persona” (p. 154). El investigador no tiene la experiencia directa del evento; es otro quien la tiene, por lo que la información se obtiene dialogando.

La revisión y análisis de la documentación en opinión de Hurtado (2016) “es una técnica clave en la investigación” (p.156). En combinación de la revisión y estudio de contenidos en libros, referencias, antecedentes, bibliografías, información web, la cual ayuda al investigador a obtener una idea más clara sobre el mantenimiento de los equipos del laboratorio en estudio. Generalmente, el investigador revisa una variedad de documentos de manera profunda y extensa. Se profundiza la revisión de dicha documentación, con el fin de examinar a mayor nivel de detalle las condiciones de mantenimiento. Ésta se lleva a cabo de una manera más extensa; y su alcance va más allá de mejorar la producción.

Por otra parte, los instrumentos a utilizados fueron la guía de entrevista de acuerdo a Arias (2017) “es una situación de interacción dinámica por medio, ante todo, del lenguaje entre dos personas (entrevistador y entrevistado) en la que se produce un intercambio de información (opiniones, sentimientos, otros) con un objeto definido” (p.88). Es decir, se funda una situación de diálogo constructivo en la que se establece una relación personal basada en la confianza que proporciona una información mutua.

Las escalas de opinión, según Hernández, Fernández y Baptista (2015) “son una valoración diseñada para medir actitudes o reacciones. Los informantes indican la respuesta de varias opciones que representa su actitud o reacción” (p.95), de allí el investigador realiza un resumen de opiniones y obtiene el resultado ya sea positivo o negativo.

La ficha técnica, la hoja de vida, el estado de fallas de los equipos que sirvieron para reunir y clasificar las informaciones según determinadas áreas de mantenimiento, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos, Arias (2017). Una vez que se ha establecido el fenómeno que se requiere estudiar e identificadas las áreas que las caracterizan, se registran en éstos instrumentos, indicando la frecuencia de observación. Lo esencial de los datos es que el propósito este claro y que los datos reflejen la verdad. Estos instrumentos tienen muchas funciones, pero la principal es hacer fácil la recolección de datos y realizarla de forma que puedan ser usadas fácilmente y analizarlas automáticamente.

El diagrama causa-efecto, se aplicó con a fin de tener en cuenta la forma más amplia posible de los factores que inciden sobre la criticidad en el sistema de mantenimiento, todo ello, según lo que se estipula en la norma COVENIN para facilitar la implementación de las estrategias más adecuadas en la estructuración de la propuesta que se plantea como objetivo general de la investigación. En línea general, para la realización de la investigación se tomaron en consideración las siguientes técnicas, instrumentos y procedimientos.

Tabla

2

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Procedimiento</b>
Entrevista.	Guía de entrevistas.	Dialogo con el encargado del laboratorio.
Revisión y análisis de la documentación.	Escalas de opinión. Ficha técnica	Revisión de manuales e historiales de fallas.
Observación directa.	Hoja de vida. Estado de fallas Diagrama causa - efecto.	Observación detallada de los equipos para su respectiva evaluación.

Fuente: Godoy (2021)

### **Validez**

Dentro del marco de la validez y según el criterio de Chávez (2012) “toda investigación debe ser incluida en la medición de variables mediante la validez” (p.124). Ésta comprende la eficacia con la cual un instrumento mide lo pretendido y la confiabilidad indica el grado con que se obtendrán resultados similares en distintas aplicaciones. En otras palabras, la validez refleja la manera en que los instrumentos se ajustan a las necesidades de la investigación. Hurtado (2016) señala que ésta “hace referencia a la capacidad de un instrumento para cuantificar de forma significativa y adecuada el rasgo para cuya medición ha sido diseñado” (p.158). Es decir, que mida la característica (o evento) para el cual fue diseñado y no otra similar.

Una vez elaborados los instrumentos se procedió a examinar que los criterios utilizados para la recolección de la información estuvieran en concordancia con los objetivos, variable, dimensiones e indicadores planteados. La responsabilidad de verificar los instrumentos estuvo a cargo de expertos, quienes establecieron su adecuación. De esta manera, ya evaluados los instrumentos, se tomaron en cuenta las observaciones y sugerencias definitivas para el diseño final de los mismos.

### **Técnicas de procesamiento y análisis de los datos**

Una vez recolectados los datos, se analizó la información para luego presentarla con su respectiva interpretación. Se realizó un análisis en base a parámetros propios del análisis RCM. En este sentido, afirma Tamayo y Tamayo (2011), que el procesamiento y análisis de los datos sirven para describir, organizar, analizar e interpretar en forma apropiada los resultados.

## CAPÍTULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se describen y se explican los resultados de la investigación en función de analizar el avance y alcance de cada una de las fases por las cuales atraviesa el proyecto. En el mismo se solidifica la información e interpretación de los datos recolectados a fin sugerir de cierta forma una solución del problema la cual se vislumbra en la propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy, fundamentado en las Normas COVENIN, así como también para establecer las conclusiones y recomendaciones con respecto al mantenimiento de los tornos, fresadoras y esmeril.

### **Diagnóstico de la situación actual de mantenimiento de los equipos de tecnología mecánica**

Se realizó un análisis y evaluación al mantenimiento de los equipos de tecnología mecánica (tornos paralelos, fresadoras y esmeril) del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy basada en una entrevista realizada al encargado del laboratorio profesor Wilmer Méndez. La entrevista arrojó lo siguiente:

Tabla 3

#### *Entrevista realizada y resultados*

---

#### ORGANIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

---

1. ¿Están establecidas las funciones y responsabilidades?

R: “Si, las funciones y responsabilidades están establecidas, en caso del laboratorio mecánico yo soy el que está a cargo”

2. ¿Está definida la autoridad y autonomía?

R: “Si desde un principio fueron establecidas”

3. ¿El sistema de información de la institución es funcional?

R: “El sistema de informaciones algo que debemos perfeccionar”

#### ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO

1. ¿Están establecidas las funciones y responsabilidades de mantenimiento?

R: “No hay alguien específico para las actividades de mantenimiento, por falta de tiempo y de colaboradores”

---

2. ¿Está definida la autoridad y autonomía del proceso de mantenimiento?

R: “No hay una autoridad y autonomía definida por falta de un delegado y/o colaboradores en el área de mantenimiento, sin embargo, yo colaboro con las actividades de mantenimiento del laboratorio”

3. ¿Llevan correctamente un sistema de información de mantenimiento?

R: “El sistema de información de mantenimiento no es óptimo por la falta de tiempo de los colaboradores”

### PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO

1. ¿Están definidos los objetivos y metas de mantenimiento?

R: “Actualmente no se han definido los objetivos y las metas del mantenimiento”

2. ¿Poseen políticas de planificación de mantenimiento?

R: “En la actualidad no se poseen políticas de planificación de mantenimiento”

3. ¿Llevan el control y evaluación del mantenimiento?

R: “Actualmente el único control y evaluación del mantenimiento que se efectúa cada seis 06 meses, cuando se realiza un mantenimiento básico a los equipos”

### MANTENIMIENTO RUTINARIO

1. ¿Planifican el mantenimiento rutinario?

R: “no se encuentra establecido un mantenimiento rutinario”

2. ¿Tienen establecido una programación e implantación de mantenimiento rutinario?

R: “No disponemos de una programación e implantación de un mantenimiento rutinario”

3. ¿Controlan y evalúan las actividades de mantenimiento rutinario?

R: “No tenemos un control ni evaluamos evalúan las actividades de mantenimiento rutinario”

### MANTENIMIENTO PROGRAMADO

1. ¿Cuentan con la planificación del mantenimiento programado?

R: “No se cuenta con una planificación de mantenimiento programado”

2. ¿Ejecutan correctamente la programación e implantación del mantenimiento programado?

R: “No se ejecuta correctamente debido a que no se tiene un programa de mantenimiento programado implementado”

3. ¿Controla y evalúan las actividades de mantenimiento programado?

R: “No se tiene un control, ni evaluación de las actividades de mantenimiento programado”

### MANTENIMIENTO CORRECTIVO

---

1. ¿Planifican el mantenimiento correctivo?

R: “El mantenimiento no es planificado”

2. ¿Realizan la programación e implantación de mantenimiento correctivo?

R: “No se efectúa programación del mantenimiento correctivo y solo se implanta cuando es necesario”

3. ¿Aplican el control y la evaluación del mantenimiento correctivo?

R: “Cuando se efectúa el mantenimiento correctivo no se lleva un control ni se evalúa”

#### MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. ¿Está establecida la determinación de parámetros para el mantenimiento preventivo?

R: “No se tienen establecidos los parámetros para el mantenimiento preventivo”

2. ¿Planifican las actividades de mantenimiento preventivo?

R: “Las actividades de mantenimiento preventivo están planificadas cada seis (06) meses”

3. ¿Tienen diseñada la programación e implantación de actividades de mantenimiento preventivo?

R: “No se cuenta con un diseño de programación e implantación de actividades de mantenimiento preventivo para el laboratorio”

4. ¿Está definido el control y evaluación de las actividades de mantenimiento preventivo?

R: “actualmente no se encuentra definido un plan para el control y evaluación de las actividades de mantenimiento preventivo”

#### PERSONAL DE MANTENIMIENTO

1. ¿Están cuantificadas las necesidades de personal de mantenimiento?

R: “No se realizan con detalle las necesidades de personal de mantenimiento, ya que se ejecutan de forma general”

2. ¿Existe una selección y formación de personal de mantenimiento?

R: “En la actualidad no contamos con una selección ni formación de personal de mantenimiento”

3. ¿Están definidos planes de motivación e incentivos para el personal de mantenimiento?

R: “No se conoce ningún plan de motivación e incentivo para el personal de mantenimiento”

#### APOYO LOGÍSTICO

1. ¿Cuentan con apoyo administrativo?

R:” La administración nos brinda su apoyo, pero hay departamentos que son mayor

---

---

prioridad”

2. ¿Cuentan con apoyo gerencial?

R: “Al igual que con la administración también contamos con el apoyo de la gerencia”

3. ¿Cuentan con apoyo general?

R: “Si se cuenta con el apoyo general”

## RECURSOS

1. ¿Cuentan con los equipos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento?

R: “Contamos con los equipos necesarios para cumplir con mantenimientos básicos”

2. ¿Cuentan con las herramientas necesarias para realizar las actividades de mantenimiento?

R: “Se cuenta con las herramientas básicas para efectuar mantenimientos sencillos”

3. ¿Cuentan con los instrumentos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento?

R: “Se cuenta con una variedad de instrumentos limitada para la realizar mantenimientos”

4. ¿Cuentan con los materiales necesarios para realizar las actividades de mantenimiento?

R: “El laboratorio cuenta con un reducido inventario de materiales para ejecutar mantenimientos mas profundos en los equipos”

5. ¿Cuentan con los repuestos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento?

R:” Debido al alto costo de algunos repuestos a la universidad se le dificulta adquirir los repuestos necesarios para mantener operativos los equipos del laboratorio”

---

## Resultados

<b>ORGANIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Eficiente</b>
1. Funciones y responsabilidades			X
2. Autoridad y autonomía			X
3. Sistema de información		X	
<b>ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Eficiente</b>
1. Funciones y responsabilidades	X		
2. Autoridad y autonomía	X		
3. Sistema de información	X		
<b>PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Eficiente</b>
1. Objetivos y metas	X		
2. Políticas para planificación	X		
3. Control y evaluación	X		
<b>MANTENIMIENTO RUTINARIO</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Eficiente</b>
1. Planificación	X		
2. Programación e implantación	X		
3. Control y evaluación	X		
<b>MANTENIMIENTO PROGRAMADO</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Eficiente</b>
1. Planificación	X		
2. Programación e implantación	X		

---

3. Control y evaluación	X		
<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Eficiente</b>
1. Planificación	X		
2. Programación e implantación	X		
3. Control y evaluación	X		
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Eficiente</b>
1. Determinación de parámetros	X		
2. Planificación	X		
3. Programación e implantación	X		
4. Control y evaluación	X		
<b>PERSONAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Eficiente</b>
1. Cuantificación de las necesidades de personal		X	
2. Selección y formación	X		
3. Motivación e incentivos	X		
<b>APOYO LOGÍSTICO</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Eficiente</b>
1. Apoyo administrativo		X	
2. Apoyo gerencial		X	
3. Apoyo general		X	
<b>RECURSOS</b>	<b>Deficiente</b>	<b>Regular</b>	<b>Eficiente</b>
1. Equipos		X	
2. Herramientas		X	
3. Instrumentos		X	
4. Materiales		X	
5. Repuestos	X		

Fuente: Godoy (2021)

Considerando los resultados del instrumento anteriormente aplicado, se determinó que las actividades de mantenimiento en el área de mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy muestra un alto nivel de riesgo en los equipos de tecnología mecánica, lo que genera fallas, debido a la deficiente efectividad de los planes de mantenimiento diseñados para esta área, lo que en ocasiones resultan nulos, lo que quiere decir, que es no es aceptable, ni lo esperado, puesto que dentro de la institución se requiere un 100% de efectividad y eficiencia en el mantenimiento para lograr la calidad total de la productividad de sus equipos y por ende garantizar una excelente formación profesional.

### Análisis RCM

El análisis se centra en los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy. El éxito de este análisis radica concretamente en el correcto ajuste de la misma en el contexto en el que se encuentran los equipos y en la descripción del contexto operacional.

### *Selección de equipos*

En este apartado se definen los equipos a los que se les aplica el análisis RCM, se describe básicamente las especificaciones y características principales, niveles y límites de operación, especificaciones técnicas de sus partes, ubicación, longitud, condiciones, características medioambientales y demás aspectos que contextualizan el equipo. En este caso, los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy que se seleccionaron para el análisis RCM y su respectiva propuesta de mantenimiento fueron:

- Torno Paralelo 1
- Torno Paralelo 2
- Torno Paralelo 3
- Torno Paralelo 4
- Fresadora 1
- Fresadora 2
- Esmeril 1

Cabe acotar, que estos equipos son utilizados por el encargado del área de mecánica del laboratorio y los estudiantes de Ingeniería Industrial como parte de su formación académica profesional.

Tabla

4

#### *Ficha técnica del esmeril paralelo*

<b>Ficha técnica</b>	
<b>Equipo:</b>	Torno paralelo
<b>Características</b>	<b>Especificaciones</b>
Marca:	Grizzly Industrial.
Modelo:	G 8688.
Motor:	¾ hp.
Monofásico:	110 3 <sup>a</sup>
Velocidades variables:	Rango bajo: 0 – 1100 rpm; rango alto 0 - 2500 rpm.
Diales de lectura:	Pulgadas y métricas.
Poste de herramienta de torreda:	4 posiciones.
Bandeja:	Chips y protector contra salpicaduras.
Tornillo de plomo:	Hacia adelante y hacia atrás en todas sus velocidades.
Indicador de esferas de rosca:	Estándar y graduación métrica.
Oscilación sobre la cama:	7 pulgadas.
Distancia entre los centros:	12 pulgadas.
Tamaño del orificio incluido:	0.30 in.

Diámetro del eje:	0.787 in.
Cónico de la nariz eje:	MT #3.
Cónico de tailstock:	#2.
<b>Características</b>	<b>Especificaciones</b>
S –slide trancel:	2 - ¾”.
Tamaño de la broca:	5/16”.
Rango de rosca estándar:	12 -52 TPI.
Rango de rosca métrica:	0.016 – 0.079 in.
Corta roscas:	LH.
Número de campos de roscas:	18 pulgadas y 10 métricas.
Peso neto:	75 libras.
Equipo estándar:	Portabroca de – ¼ pulgadas.
Placa:	De la cara.
Soprote:	Estable.
Juego completo de engranajes de cambio	#2.
Llaves de centro:	Muerto.

Fuente: Godoy (2021)



Figura

*Torno paralelo*

5

Fuente: Especificaciones de equipos Grizzly (2021)

Tabla

*Ficha técnica de la fresadora*

5

<b>Ficha técnica</b>	
<b>Características</b>	<b>Especificaciones</b>
Equipo:	Esmeril
Marca:	Grizzly Industrial.
Modelo:	X2.
Motor:	350W.
Tamaño de la mesa:	15-3 / 4 pulg. X 3-5 / 8 pulg.
Recorrido longitudinal:	7-5 / 16 pulg.
Recorrido transversal:	4 pulg.

Cono del husillo:	MT # 3.
Número de velocidades:	Variable.
Husillo máximo a la mesa:	11-1 / 2 pulg.
Husillo máximo a columna:	6-3 / 8 pulg.
Peso:	149 libras.

Fuente: Godoy (2021)



Figura

6

*Fresadora*

Fuente: Especificaciones de equipos Grizzly (2021)

Tabla

6

*Ficha técnica del esmeril*

<b>Ficha técnica</b>	
Equipo:	Esmeril
Características	Especificaciones
Marca:	Grizzly Industrial.
Modelo:	G9717 con eje de 1/2 pulgada.
Piedras:	6 pulgadas.
Dimensiones:	10 x 15.2 x 9.1 pulgadas.
Peso:	18.25 Libras
Fuente de energía:	Electric-powered.
Este 1/3 de cadera:	110 V
Unidad industrial-duty:	Amoladora de banco se convierte en 3450 rpm
Ajustable herramienta y tapizado Eye:	Escudos hacer herramienta de afilar simple.
Partida rápida y cool Running:	Para todo el día uso.

Fuente: Godoy (2021)



Figura

7

*Esmeril*

Fuente: Especificaciones de equipos Grizzly (2021)

### ***Funciones de los equipos***

#### ***Funciones del torno paralelo***

El torno es una máquina – herramienta que realiza el torneado rápido de piezas de revolución de metal, madera y plástico. También se utiliza en muchas ocasiones para pulir piezas. Las piezas de revolución son los cilindros, conos y hélices. El pulido se realiza para alisar una pieza para dejarla suave y brillante.

El torneado es, posiblemente la primera operación de mecanizado (dar forma a una pieza) que da a lugar una máquina – herramienta. A parte de tornear, se puede utilizar para el ranurado (hace ranuras en piezas), para cortar, lijar y pulir.

**Torneado:** partiendo de una pieza llamada “base”, se van eliminando partes con la cuchilla a la pieza base hasta dejarla con la forma que se quiere. El movimiento principal en el torneado es el de rotación y lo lleva la pieza a la que se va a dar forma. Los movimientos de avance de la cuchilla y de penetración (mete la cuchilla sobre la pieza para cortarla) son generalmente rectilíneos y son los movimientos que lleva la herramienta de corte.

En resumen se tienen 3 movimientos básicos:

**Movimiento de rotación:** la pieza se coloca sobre un eje que la hace girar sobre sí misma.

**Movimiento de avance:** la cuchilla avanza paralela a la pieza en un movimiento recto.

**Movimiento de penetración:** la cuchilla penetra contra la pieza cortando parte de ella formándose virutas.

El control de estos tres movimientos es básico para dar forma a la pieza sin errores. Se pueden tornear piezas de muchas formas, con rosca, engranajes, cóncavas, conexas, entre otras. Como se ha mencionado la función principal del torno es dar forma a un material. Para ello, se ejecuta el siguiente procedimiento:

- Se fija la pieza que se quiere trabajar.
- Se enciende el torno y se gira el mandril.
- Después se mueven los carros para ajustar el corte a la medida que se desea.
- Se puede ajustar la velocidad del torno a la más indicada según el material que se quiere tornear.
- Mediante el carro auxiliar se logra mover la cuchilla hasta el material base.

- Se hace el corte que se desea por medio de la cuchilla y el movimiento de los carros.

### ***Funciones de la fresadora***

La función de una máquina fresadora es desbastar material utilizando un cortador o cortadores cilíndricos que desbastan la pieza a fabricar, utilizando los bordes afilados del cortador. El corte se realiza moviendo la pieza en por lo menos tres ejes de movimiento. Con este principio, se puede hacer prácticamente cualquier sólido, previsto, que la máquina pueda utilizar los cortadores requeridos y pueda mover la pieza a fabricar en todos los ejes que se requiera. Se usa en la fabricación de engranes de todo tipo y tamaño, sólidos con facetas planas, sólidos con perforaciones y desbastes, entre otros.

En sí, la fresadora es una máquina-herramienta cuya función principal es crear piezas de determinadas formas, a través de un proceso de mecanizado de las mismas, con el uso de una herramienta giratoria llamada fresa. El mecanizado es un modo de manufactura por remoción de material tanto por abrasión como por arranque de viruta. Puede usarse en una variedad amplia de materiales: en metales, como el acero, el bronce, y también en maderas y plástico.

### ***Funciones del esmeril***

Realiza una variedad de funciones similares entre sí, enfocándose más en desbastados y lijados; en ocasiones también corte. El esmeril puede realizar las siguientes tareas:

- Pulido y abrillantado de metales.
- Quitar rebaba de piezas que fueron mecanizadas.
- Desbastar piezas metálicas.
- Afilar herramientas de cortes.
- Limpieza de soldaduras.

El funcionamiento del esmeril se basa en un motor eléctrico, generalmente de 1 a 3 HP. Este motor eléctrico tiene acoplado un eje, que a su vez tiene en cada una de sus puntas unas muelas de esmeril. Estas están recubiertas con protectores por cuestiones de seguridad. Cuando el motor comienza a funcionar, el eje comienza a girar traspasando este movimiento a las muelas. Con las muelas girando, basta con apoyar el material o la herramienta que se quiere trabajar. La persona a cargo de realizar la tarea, debe estar capacitada para sostener, mover y retirar el material o herramienta cuando la tarea esté terminada.

### ***Identificación de fallas***

Como no es lo mismo mantener un equipo nuevo que uno que ya ha tenido cierto tiempo de funcionamiento, es menester conocer y plasmar dentro del contexto operacional la condición actual de los equipos de tecnología mecánica, refiriéndose en primera instancia a la condición física y el grado de deterioro en la que se encuentran. Se debe conocer qué tipo de falla han ocurrido en los equipos de tecnología mecánica y la causa de la raíz de las mismas, con esta información es posible definir modos de falla de una forma fácil y precisa.

Tabla

7

<b>Hoja de vida</b>	
Equipo:	Torno paralelo 1.
Marca:	Grizzly.
Modelo:	G 8688.
Código interno:	L-AM-TP1.
Proveedor:	Mercado libre.
Ubicación:	Área de mecánica: Laboratorio de Ingeniería Industrial.
Vida útil:	20 años.
Meses de garantía:	24 meses.
Año de adquisición:	2013
Años de uso:	2013 – 2019 (se dejó de usar por la pandemia)
Tiempo de uso:	4 horas a la semana

Fuente: Godoy (2021)

Tabla

8

### ***Hoja de vida del torno paralelo 2***

<b>Hoja de vida</b>	
Equipo:	Torno paralelo 2.
Marca:	Grizzly.
Modelo:	G 8688.
Código interno:	L-AM-TP2.
Proveedor:	Mercado libre.
Ubicación:	Área de mecánica: Laboratorio de Ingeniería Industrial.
Vida útil:	20 años.
Meses de garantía:	24 meses.
Año de adquisición:	2013
Años de uso:	2013 – 2019 (se dejó de usar por la pandemia)
Tiempo de uso:	4 horas a la semana

Fuente: Godoy (2021)

Tabla 9

*Hoja de vida del torno paralelo 3*

<b>Hoja de vida</b>	
Equipo:	Torno paralelo 3.
Marca:	Grizzly.
Modelo:	G 8688.
Código interno:	L-AM-TP3.
Proveedor:	Mercado libre.
Ubicación:	Área de mecánica: Laboratorio de Ingeniería Industrial.
Vida útil:	20 años.
Meses de garantía:	24 meses.
Año de adquisición:	2013
Años de uso:	2013 – 2019 (se dejó de usar por la pandemia)
Tiempo de uso:	4 horas a la semana
Fuente: Godoy (2021)	

Tabla 10

*Hoja de vida del torno paralelo 4*

<b>Hoja de vida</b>	
Equipo:	Torno paralelo 4.
Marca:	Grizzly.
Modelo:	G 8688.
Código interno:	L-AM-TP4.
Proveedor:	Mercado libre.
Ubicación:	Área de mecánica: Laboratorio de Ingeniería Industrial.
Vida útil:	20 años.
Meses de garantía:	24 meses.
Año de adquisición:	2013
Años de uso:	2013 – 2019 (se dejó de usar por la pandemia)
Tiempo de uso:	4 horas a la semana
Fuente: Godoy (2021)	

Tabla 11

*Hoja de vida de la fresadora 1*

<b>Hoja de vida</b>	
Equipo:	Fresadora 1.
Marca:	Grizzly.
Modelo:	X2.
Código interno:	L-AM-F1.
Proveedor:	Mercado libre.
Ubicación:	Área de mecánica: Laboratorio de Ingeniería Industrial
Vida útil:	20 años.
Meses de garantía:	24 meses.
Año de adquisición:	2013

Años de uso:	2013 – 2019 (se dejó de usar por la pandemia)
Tiempo de uso:	4 horas a la semana
Fuente: Godoy (2021)	

Tabla 12

*Hoja de vida de la fresadora 2*

<b>Hoja de vida</b>	
Equipo:	Fresadora 2.
Marca:	Grizzly.
Modelo:	X2.
Código interno:	L-AM-F2.
Proveedor:	Mercado libre.
Ubicación:	Área de mecánica: Laboratorio de Ingeniería Industrial.
Vida útil:	20 años.
Meses de garantía:	24 meses.
Año de adquisición:	2013
Años de uso:	2013 – 2019 (se dejó de usar por la pandemia)
Tiempo de uso:	4 horas a la semana
Fuente: Godoy (2021)	

Tabla 13

*Hoja de vida del esmeril 1*

<b>Hoja de vida</b>	
Equipo:	Esmeril.
Marca:	Grizzly.
Modelo:	G9717 con eje de 1/2 pulgada.
Código interno:	L-AM-E1.
Proveedor:	Mercado libre.
Ubicación:	Área de mecánica: Laboratorio de Ingeniería Industrial.
Vida útil:	15 años.
Meses de garantía:	12 meses.
Año de adquisición:	2013
Años de uso:	2013 – 2019 (se dejó de usar por la pandemia)
Tiempo de uso:	4 horas a la semana
Fuente: Godoy (2021)	

Tabla 14

*Estado de fallas de los equipos*

<b>Equipo</b>	<b>Estado de funcionamiento</b>	<b>Falla funcional</b>					<b>Tipo de Falla</b>
		<b>E</b>	<b>M</b>	<b>Lb</b>	<b>Lp</b>	<b>P/I</b>	
Torno Paralelo 1	Operativo						NPF
Torno Paralelo 2	Operativo						NPF

Torno Paralelo 3	Operativo				NPF
Torno Paralelo 4	Inoperativo	X	X	X	Engranaje Roto
Fresadora 1	Operativo				NPF
Fresadora 2	Inoperativo	X	X	X	Engranaje Roto
Esmeril 1	Operativo				NPF

Fuente: Godoy (2021)

**E** = eléctricas.

**M** = mecánicas.

**Lb**= lubricación.

**Lp** = limpieza.

**P/I** = paro o imprevisto.

**NPF** = No presenta falla

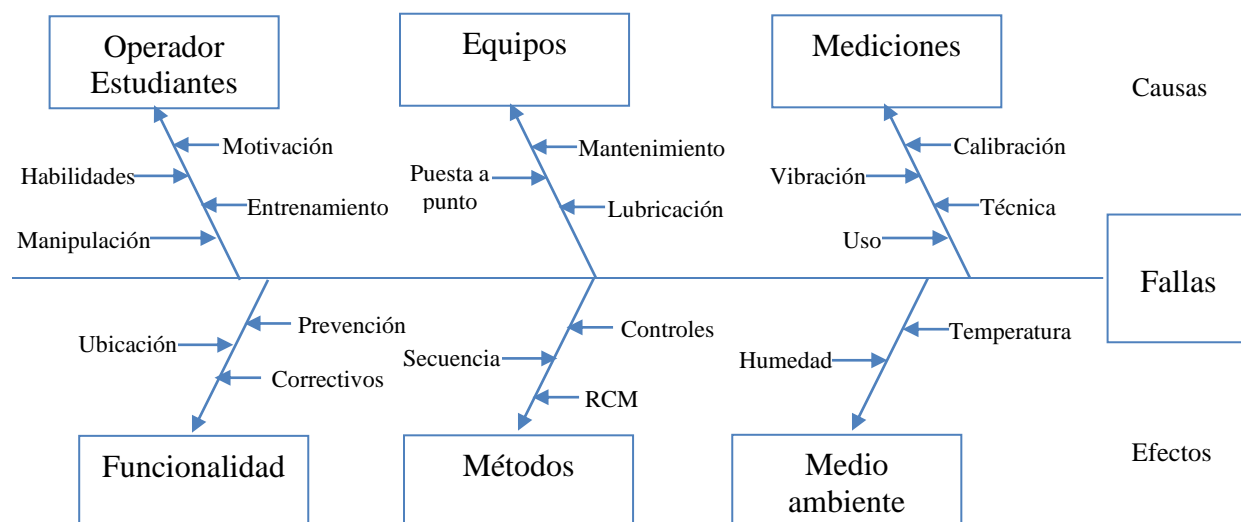
Se detectó que los equipos de tecnología mecánica que presentan fallas son:

- Torno paralelo 4.
- Fresadora 2.

Ambos equipos tienen el engranaje roto, por lo que es necesaria su reparación inmediata para ponerlos en funcionamiento nuevamente, ya que esto limita y retrasa el proceso de enseñanza a los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy, así como también disminuye la calidad educativa ofrecida por la institución.

### ***Causas de las fallas***

El diagrama causa – efecto detalla las causas de las fallas de los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy.



Figura

8

*Diagrama causa – efecto de los equipos*

Fuente: Godoy (2021)

Las fallas presentadas en los equipos analizados (torno paralelo 4 y fresadora 2) se deben a la manipulación inadecuada y la falta de mantenimiento preventivo y correctivo, pues actualmente no existe un programa de mantenimiento que se esté ejecutando. Esto ha provocado que los costos de mantenimiento generados sean muy altos, ya que deben sustituirse piezas que en el mercado actual tienen un elevado costo de adquisición.

### ***Valoración de efectos***

Partiendo de los equipos evaluados y basado en el diagrama causa – efecto, la valoración de efectos se realiza en relación a las causas y riesgos, a fin de implementar tareas correctivas. Para el desarrollo de dicha valoración se toma en cuenta la ocurrencia del evento y al mismo tiempo, se identifica la consecuencia y la probabilidad de que se produzca algún peligro, además partiendo de algunos parámetros que son de bastante relevancia se consideran a las personas, el factor económico, el medio ambiente y el uso de los equipos por parte del operador y los estudiantes. Cada uno de estos aspectos se evalúa de acuerdo a la gravedad de la consecuencia, en un rango del 1 al 5. Para cada una de las 5 categorías relevantes y definidas, de acuerdo a su contexto operacional: 1 = bajo efecto. 2 = medio bajo efecto. 3 = ni bajo ni alto efecto. 4 = medio

alto efecto. 5 = alto efecto. Se realiza una matriz de valoración que debe tener en cuenta, la actividad que realizan los equipos, por la cual se identificaron los peligros potenciales que se puedan acrecentar dentro de las instalaciones, y que a su vez, puedan afectar directamente a la institución. Es de suma importancia que al momento de desarrollar la ponderación, se comprometa al personal clave que actúa directamente con el proceso de mantenimiento.

Tabla

15

*Matriz de valoración de efectos*

<b>Efectos</b>	<b>Causas</b>	<b>Operador – estudiantes</b> Habilidades – manipulación - entrenamiento	<b>Equipos</b> Mantenimiento – lubricación - puesta a punto	<b>Mediciones</b> Calibración – técnica – vibración - uso
<b>Medio ambiente</b> Humedad - temperatura		4	4	3
<b>Métodos</b> Controles – RCM - secuencia		5	5	4
<b>Funcionabilidad</b> Ubicación – prevención – correctivos		4	5	4

Fuente: Godoy (2021)

La identificación y caracterización de las causas son de vital importancia debido a que conllevan a reconocer y posteriormente evaluar, de acuerdo al nivel cualitativo de las fallas, los efectos y la forma de clasificar las amenazas, que para el caso de los equipos de tecnología mecánica, sus ejes de acción son: medio ambiente, seguridad, características, mediciones, método. En base a las experiencias de quienes aplican la realización de actividades valoradas de efectos que pueden presentar los equipos, la filosofía operacional del (RCM) tiene como propósito prevenir y mitigar el surgimiento de los fallos del equipo no programados y realizar las diferentes tareas como: limpieza, ajustes, análisis, lubricación, calibración, reparación, cambios de pieza, entre otros. La evaluación de la consecuencia y la probabilidad, son factores clave a la hora de desarrollar una matriz de valoración de fallas, debido a que representan la evaluación y clasificación de las consecuencias, basándose en la premisa de lo que podrá o podría ocurrir, y a su vez, medir la probabilidad de ocurrencia de un evento y la consecuencia del mismo.

***Actividades de prevención***

Se sugiere elaborar un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

El mantenimiento preventivo de los equipos de tecnología mecánica es una inversión a mediano y largo plazo que genera utilidades a la institución al reducir costos, asimismo, produce mejoras en la productividad ya que evita paradas no programadas, representando un ahorro que contribuye a mantener equipos adecuados y reducir índices de accidentalidad.

En este estudio se diagnosticó que los equipos mecánicos del área mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy constituida por: torno paralelo 1, torno paralelo 2, torno paralelo 3, torno paralelo 4, fresadora 1, fresadora 2 y esmeril 1, fueron revisados la última vez en noviembre de 2019, esta revisión se hizo de manera informal, ya que no quedó registrada en formatos de evaluación y reportes con basamento en la norma COVENIN porque no existen en el área. Sin embargo, si quedó registrado que hay dos equipos que presentan fallas y se encuentran en desuso debido al escaso mantenimiento tanto preventivo como correctivo. Este escenario se detectó por medio de la entrevista realizada al encargado del laboratorio profesor Wilmer Méndez.

A pesar de observarse un resultado no muy favorable para el laboratorio, se evidencia que existe un mínimo de fallas mecánicas, eléctricas, de lubricación, falta de limpieza en los demás equipos y se encuentran en funcionamiento. Todas las fallas presentes en los equipos de tecnología mecánica tienen que corregirse en su totalidad o a tiempo, porque de lo contrario podría disminuir la calidad de los mismos y crearse un ambiente inseguro para el operador y los estudiantes, todo por la falta de mantenimiento. La institución actualmente solo lleva un registro de fallas, que puede servir de base para diseñar planes, rutinas, paradas programadas de mantenimiento, lo cual podrá incidir favorablemente en el funcionamiento y uso de los equipos.

En cuanto a la identificación de las fallas funcionales, se siguió con el apoyo de la entrevista realizada al encargado del laboratorio, también se utilizó la escala de opinión, la ficha técnica, hoja de vida, estado de fallas de los equipos y el diagrama causa - efecto. Se detectó según la información recopilada que 2 equipos relacionados con las actividades de mantenimiento ejecutadas requieren cambio de piezas, reparaciones, lubricaciones, tienen el engranaje roto y los otros 5 equipos requieren mantenimiento preventivo rutinario para evitar su desgaste más rápido y

alargar su vida útil. Todos los datos fueron registrados con la intención de crear una base de datos que sirvió para establecer el mantenimiento preventivo.

Por último, se elaboró el programa de mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy, el cual se centra en medir, evaluar, mejorar las actividades y los costos asociados a los equipos: torno paralelo 1, torno paralelo 2, torno paralelo 3, torno paralelo 4, fresadora 1, fresadora 2 y esmeril 1, contribuyendo a optimizar la productividad y disminuir costos de mantenimiento correctivo, así como tiempos improductivos por inoperatividad.

Dentro de cualquier organización por muy pequeña que sea, el mantenimiento debe ser primordial para alcanzar buenos niveles de productividad, esto quiere decir, que si no se implementa, no se puede alcanzar la eficiencia y eficacia esperada. Por lo tanto, todos los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial deben estar sujetos a la aplicación constante de normas mantenimiento para garantizar la confiabilidad a la institución, al operador y a los usuarios, resaltando que el mantenimiento siempre será un proceso de interacción entre los equipos y el hombre que genera utilidades, por ello, las revisiones frecuentes ayudan a tomar decisiones acertadas para mantener parámetros técnicos adecuados.

En efecto, la enseñanza que ofrece la universidad a los estudiantes de ingeniería está condicionada en parte por la calidad de mantenimiento que se provea a cada una de sus equipos de tecnología mecánica, siendo importante tener una visión a futuro que permita planificar y programar el mantenimiento preventivo para cubrir todas las áreas del laboratorio en el tiempo previsto y prevenir fallas, disminuir los costos de reparación y materiales, asegurar la productividad y fortalecer la mejora continua.

### **Recomendaciones**

- Aplicar semestralmente las revisiones de mantenimiento preventivo de los equipos de tecnología mecánica: torno 1, torno 2, torno 3, torno 4, fresadora 1, fresadora 2 y esmeril 1, a fin de apoyar la toma de decisiones relacionadas con los criterios de ingeniería y desempeño operativo.

- Evaluar trimestralmente la planificación para monitorear los mantenimientos correctivos que se aplican al torno 1, torno 2, torno 3, torno 4, fresadora 1, fresadora 2 y esmeril 1, permitiendo llevar un histórico de desempeño y prevención de fallas.

- Implementar un análisis de criticidad de los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial para llevar un óptimo control y registro sobre las fallas y condiciones de los mismos.
- Asumir como norma el análisis del mantenimiento RCM para mantener al día la codificación según criticidad de los equipos de tecnología mecánica.
- Seguir las sugerencias del fabricante o proveedor de los equipos de tecnología mecánica, para aplicar correctamente los procedimientos de manipulación y uso.
- Identificar los equipos de tecnología mecánica que presentan fallas e impacto operativo en el laboratorio, para proponer políticas de mejora y lograr la sustentabilidad.
- Establecer objetivos de mantenimiento, claros y precisos para garantizar el buen funcionamiento de los equipos de tecnología mecánica.
- Definir una evaluación trimestral para monitorear continuamente las fallas y resultados de mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- Aplicar planes y rutinas para la ejecución del mantenimiento de los equipos de tecnología mecánica, en función de optimizar el servicio y disminuir costos.
- Analizar la frecuencia de fallas, para ampliar y ajustar las actividades de mantenimiento según las necesidades requeridas.
- Ordenar y codificar todos los equipos de tecnología mecánica del laboratorio para contar una base de datos eficiente.
- Diseñar formatos para el registro de las actividades y costos relacionados con el mantenimiento de los equipos de tecnología mecánica, que sirvan de base para diseñar un programa de mantenimiento preventivo.
- Ejecutar el programa de mantenimiento preventivo propuesto según lo planeado para cumplir con el alcance del proyecto.

## CAPÍTULO VI. PROPUESTA

Cuando se habla de mantenimiento es muy importante considerar que los planes cambian dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el equipo, para ello se genera un programa de mantenimiento que se ajuste a cada caso en particular, teniendo en cuenta las variaciones que pueden existir entre equipos.

### **Programa de mantenimiento preventivo**

Para la elaboración de la propuesta se plantean y estructuran todas y cada una de las acciones a desarrollar para mejorar el mantenimiento preventivo de los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy. Igualmente se definen y establecen todos los aspectos del mantenimiento a implementar, apoyando de esta manera a la inspección y a la ejecución de las actividades de mantenimiento cronológicamente ordenadas sobre cada uno de los equipos y fallas recurrentes.

El plan de mantenimiento preventivo para los tornos, fresadoras y esmeril, se centra en una inspección frecuente para la corrección y reparación de los mismos, por lo menos dos veces (2) al año, es decir, deben someterse a una revisión parcial, determinando así el cumplimiento de las condiciones técnicas, mecánicas y de seguridad.

### **Objetivos del programa de mantenimiento preventivo**

#### ***Objetivo general***

Dar a conocer las posibles fallas existentes en los equipos de tecnología mecánica del área de mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy, para su respectivo mantenimiento preventivo.

#### ***Objetivos específicos***

- Optimizar el mantenimiento de los equipos de tecnología mecánica.
- Disminuir los costos de mantenimiento.
- Maximizar la vida útil de los equipos de tecnología mecánica
- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas que se presenten.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.

- Evitar accidentes y aumentar la seguridad para el operario y usuarios.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento.

### **Planificación del mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica**

El programa está constituido por procedimientos interrelacionados entre sí, que proveen al operario toda la información necesaria para ejecutar el mantenimiento preventivo de los equipos de tecnología mecánica. También contiene los formatos de registro fundamentados en las normas COVENIN 2500-93 y 3049-93. En este sentido, la planificación del mantenimiento de los equipos de tecnología mecánica permite contar con la programación digital y organizada del tiempo y la rutina en el cual los equipos deben ser sometidos o le corresponde el mantenimiento preventivo. La planificación está establecida para un período de tiempo de un año (12 meses). La fecha estipulada en el cronograma de mantenimiento está definida de acuerdo a cada equipo, tomando en cuenta su tiempo de funcionamiento y vida útil.

### **Ejecución de la planificación del mantenimiento para los equipos de tecnología mecánica**

La ejecución de la planificación del mantenimiento preventivo conlleva a extender la vida útil de los equipos de tecnología mecánica, aumentando su capacidad y aportando un alto porcentaje de seguridad al operario y usuarios del laboratorio específicamente del área de mecánica, evitando realizar trabajos y usos innecesarios en los equipos, lo que a su vez permite disminuir las paradas no planificadas por fallas.

Tabla

16

#### *Procedimiento del mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica*

<b>Etapa</b>	<b>Definición de la etapa</b>	<b>Responsable</b>	<b>Registro</b>
Implementación	Implementar el cronograma de mantenimiento con el fin de prever fallas	Encargado del laboratorio	- Cronograma de mantenimiento preventivo
Reporte de cronogramas	Hacer entrega del cronograma al encargado de mantenimiento	Encargado del laboratorio	- Ficha técnica - Rutinas de mantenimiento. - Orden de mantenimiento
Cumplimiento	Cumplir con las actividades programadas y registrar	Ejecutor de mantenimiento	- Registro de fallas - Reporte de mantenimiento - Notificación de parada
Verificación del cumplimiento	Verificar que el cronograma se cumpla, de lo contrario, reportar	Encargado de mantenimiento	- Actividades de mantenimiento preventivo

Fuente: Godoy (2021)

Estos procedimientos deben ser cumplidos por el encargado del laboratorio, el operario de los equipos, el encargado y ejecutor de mantenimiento para un mejor rendimiento, precisión y calidad en la pieza trabajada, permitiendo una mayor durabilidad del equipo.

### ***Formatos de registro y evaluación del mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica***

#### ***Ficha técnica del equipo***

La ficha técnica se diseña con el fin de obtener de forma sencilla y rápida una noción general de las condiciones de los equipos de tecnología mecánica; la información de esta ficha permite planificar las herramientas y materiales que se requieren para la aplicación del mantenimiento preventivo, puesto que contiene información general del sistema técnico, mecánico, eléctrico y electrónico de cada equipo.

Tabla

17

#### ***Ficha técnica***

<b>FICHA TÉCNICA</b>		
1. Laboratorio:	2. Área:	3. Condición actual:
4. Equipo:	5. Código:	6. Ubicación:
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>		
7. Marca:		
8. Modelo:		
9. Capacidad:		
10. Diámetro:		
11. Dimensiones:		
12. Criticidad:		
13. Carga:		
<b>OTROS DATOS DE INTERÉS</b>		
<b>LISTA DE REPUESTOS CRÍTICOS</b>		
<b>14. Cantidad</b>	<b>15. Código N.º</b>	<b>16. Descripción</b>

Fuente: Godoy (2021)

#### ***Rutinas de mantenimiento preventivos***

A fin de cumplir de manera eficiente con la planificación del mantenimiento preventivo de los equipos de tecnología mecánica se presentan las rutinas de mantenimiento, las cuales



*Instrucciones del registro de la orden de mantenimiento:*

1. Mantenimiento N°: colocar el número de orden de trabajo correspondiente al orden numérico llevado en las órdenes anteriores.
2. Nombre del solicitante: colocar el nombre del supervisor que solicita el trabajo de mantenimiento del equipo. El trabajo puede ser solicitado por el personal de cualquier área del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy, sin embargo solo está autorizado el encargado de dichas áreas.
3. Área: se coloca el área del laboratorio que está solicitando el trabajo de mantenimiento bien sea: computación, química, soldadura, fundición y mecánica.
4. Equipo: en este renglón se debe indicar el código interno del equipo de tecnología mecánica y el nombre del mismo.
5. Prioridad: se indica la premura con la que se solicita el trabajo de mantenimiento, va directamente ligado a lo necesario que es el equipo dentro del área, la prioridad esta previamente clasificada en: normal, urgente y programada.
6. Descripción del trabajo solicitado: se anota lo que se espera se le realice al equipo, indicando la posible falla a reparar, y en caso de mantenimiento preventivo, se indica el trabajo que previamente está definido para realizar en el equipo.
7. Supervisor de mantenimiento: se coloca el nombre del encargado del área donde se lleva el equipo para que se efectúe la labor de mantenimiento.
8. Tipo de mantenimiento: se indica el tipo de mantenimiento a realizar, bien sea preventivo, correctivo o correctivo programado.
9. Área de mantenimiento: se coloca el área de mantenimiento encargado de la ejecución del trabajo, ya sea técnico, eléctrico, electrónico o mecánico.
10. Descripción del trabajo realizado: se realiza una descripción breve del trabajo que se efectuó en el equipo, puntualizando los aspectos más importantes, ya que esta información es utilizada para los historiales de mantenimiento del equipo.
11. Nombre y ficha del ejecutor del trabajo: se indica el nombre y el número de ficha de cada trabajador perteneciente a la cuadrilla que efectuó el trabajo en el equipo.
12. Parada del equipo: se coloca la fecha en la que el equipo dejó de funcionar, o en el que previamente se determino paralizar su funcionamiento, a fin de aplicarle mantenimiento.

13. Puesta en marcha del equipo: se coloca la fecha en la que finalmente el equipo queda nuevamente operativo.

14. Tiempo de ejecución: se coloca el estimado del tiempo que tomo aplicar mantenimiento, ya sea preventivo, correctivo o correctivo programado.

15. Fecha: se coloca la fecha en la que el supervisor recibe la orden de trabajo.

16. Hora: se indica la hora en que recibe la orden de trabajo el supervisor de mantenimiento (se coloca la hora a fin de establecer el turno que recibió la orden de trabajo).

17. Entregado por: se coloca el nombre del trabajador que forma parte de la ejecución del trabajo, que finalmente entrega el equipo al operario a quien se le encargo la tarea de solicitar el mantenimiento.

18. Recibido por: se coloca el nombre del operario que finalmente le entregan el equipo luego de hacerle mantenimiento. Además de su nombre debe indicar su número de ficha.

19. Fecha: se coloca la fecha en la que se está entregando el equipo en mantenimiento al área de mecánica.

### ***Registro de fallas***

Este formato sirve para controlar los mantenimientos correctivos, debido a que permite al operador de los equipos, reportar formalmente cualquier desperfecto técnico, mecánico, eléctrico o electrónico que presenten los mismos en un momento dado. El formato solicita la autorización de la ejecución de la reparación por parte del encargado del área donde funciona el equipo, factor que le da mayor validez al reporte, quedando por ende un registro de la falla, dato indispensable para futuros análisis estadísticos de fallas.

Tabla

19

### *Registro de fallas*

---

#### **REGISTRO DE FALLAS**

---

1. Fecha:
2. Operador:
3. Área:
4. Reporte de falla:

5. Supervisor de área:
  6. Planificador de mantenimiento:
  7. Firma:
- 

Fuente: Godoy (2021)

*Instrucciones del registro del registro de falla:*

1. Fecha: se coloca la fecha en la que se está reportando la falla.
2. Operador que reporta la falla: en este renglón se indica el nombre y apellido de quien reporta la falla.
3. Área: se coloca el área del laboratorio donde se desenvuelven el operador y el equipo.
4. Reporte de falla: se plasma de forma breve y específica el problema que está presentando el equipo, indicando la posible falla y la hora en la que se produjo.
5. Supervisor del área: se coloca el nombre del supervisor o encargado del área de mecánica que está reportando la falla.
6. Planificador de mantenimiento: se indica el número de ficha, nombre y la firma de quien planifica el mantenimiento.

***Reporte de mantenimiento***

El reporte de mantenimiento se realiza para asentar los servicios de mantenimiento, bien sean preventivo, correctivo o programado. Lleva el control de los materiales y herramientas, así como la fecha de ejecución, el turno en que se efectúa el servicio del equipo y área involucrada.

Tabla

20

*Reporte de mantenimiento*


---

**REPORTE DE MANTENIMIENTO**


---

1. Área:
2. Equipo:
3. Turno del servicio de mantenimiento:
4. Tipo de mantenimiento:           Preventivo: \_\_\_\_           Correctivo: \_\_\_\_           Programado: \_\_\_\_
5. Descripción del trabajo de mantenimiento:

6. Nombre del operador:

7. Materiales:

8. Herramientas:

9. Supervisor de área:

Fuente: Godoy (2021)

*Instrucciones para el registro del reporte de mantenimiento:*

1. Área: se coloca el área involucrada en la ejecución del mantenimiento, bien sea electrónico, mecánico o electricidad.
2. Equipo: se indica el equipo al que se le está realizando el servicio, es necesario colocar el código y nombre del mismo.
3. Turno: se coloca el horario en el que se está efectuando la actividad de mantenimiento.
4. Fecha: se indica la fecha (el día, mes y año) en que se está llevando a cabo el servicio de mantenimiento.
5. Tipo de mantenimiento: en este renglón se selecciona el tipo de mantenimiento a realizar, bien sea preventivo, correctivo o programado.
6. Descripción del trabajo de mantenimiento realizado: en este punto se hace un descripción breve del todo el trabajo que realiza sobre el equipo.
7. Nombre y ficha del operario que realizo el trabajo: en este renglón se indica el nombre y el número de ficha de cada trabajador que efectuó el trabajo en el equipo.
8. Materiales y herramientas utilizadas: se anotan todos los materiales y las herramientas empleadas para llevar a cabo el trabajo de mantenimiento.
9. Supervisor de área: se coloca el nombre, número de ficha y firma del supervisor o jefe de grupo encargado del trabajo.

***Notificación de parada***

El formato se utiliza para apoyar la planificación del mantenimiento preventivo, allí se registra la necesidad de la parada de los equipos de tecnología mecánica, siempre y cuando este programado.

Tabla	21
<i>Notificación de parada</i>	

1. Maquinaria	2. Modelo	3. Trabajo útil		4. Tiempo de paradas	5. Causas
		Total	Hasta el fallo		

---

Fuente: Godoy (2021)

Una vez aplicados los formatos de registro y evaluación del mantenimiento preventivo del programa, se describen las actividades y los responsables de la gestión de mantenimiento, que abarca desde lo preventivo hasta lo correctivo. Con estas actividades se espera agilizar y optimizar los procesos de mantenimiento, disminuyendo los tiempos de espera en la productividad de la enseñanza, ayudando a optimizar la gestión y administración del mantenimiento preventivo de los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy.

Tabla

22

*Actividades de mantenimiento correctivo propuestas*

<b>Responsabilidad</b>	<b>Actividades</b>	<b>Observaciones</b>
Operador	1. Detecta la falla en el funcionamiento del equipo. 2. Solicita al encargado del laboratorio el registro de fallas. 3. Realiza el registro del reporte de fallas. 4. Entrega al encargado del laboratorio el registro de fallas. 5. Recibe el registro de fallas del operador del equipo y analiza la situación.	
Encargado del laboratorio	6. Determina la necesidad de una intervención al equipo 7. Firma el registro de fallas. 8. Valida el registro de fallas. 9. Realiza la orden de trabajo. 10. Autoriza al operador de llevar el registro de fallas y la orden. 11. Recibe y firma el registro de fallas	
Encargado de mantenimiento	12. Analiza el tipo de falla descrita. 13. Indica al operador del equipo el área a la que se debe mantener, bien sea técnica, mecánica, eléctrica o electrónica.	
Operador	14. Entrega al ejecutor de mantenimiento la orden de mantenimiento y el equipo que será objeto de reparación. 15. Recibe la orden de trabajo de mantenimiento.	
Ejecutor de mantenimiento	16. Delega a la cantidad de personas según la magnitud de la situación la reparación del equipo, entregando la orden de trabajo y un formato de reporte de mantenimiento. 17. Evalúa la falla del equipo, si es necesario el cambio de una de sus partes, busca los repuestos, si no hay en el stock la pieza requerida, procede a solicitar su compra. 18. Llena y entrega la solicitud de compra al encargado del área. 19. Realiza los trámites para efectuar la compra de la pieza solicitada, en el periodo establecido.	
Ejecutor de mantenimiento	20. Entrega la pieza al encargado de mantenimiento. 21. Recibe la pieza, y efectúa el trabajo en el equipo. 22. Llena la orden de trabajo y reporte de mantenimiento. 23. Reporta el estado actual del equipo al encargado. 24. Firma y entrega la orden de trabajo, reporte y formatos ya firmados al encargado de mantenimiento. 25. Indica al encargado la condición actual del equipo.	

Fuente: Godoy (2021)

Tabla

23

*Actividades de Mantenimiento preventivo propuestas*

<b>Responsabilidad</b>	<b>Actividades</b>	<b>Observaciones</b>
Encargado de mantenimiento	1. Revisa la planificación de mantenimiento anual para ver qué equipo debe ser intervenido. 2. Informa al encargado del laboratorio donde se encuentra el equipo que debe ser desincorporado de sus actividades para ser sometido a mantenimiento preventivo. Todo esto a través de una notificación de parada. 3. Realiza el llenado de una orden de mantenimiento con la fecha correspondiente a la planificación de mantenimiento anual, indicando la rutina de mantenimiento preventivo correspondiente. 4. Entrega la orden de mantenimiento con la descripción de la rutina de mantenimiento preventivo, al encargado de mantenimiento.	
Encargado del laboratorio	5. Recibe la notificación de parada e informa al operador del equipo en cuestión y el área de mecánica.	
Encargado de mantenimiento	6. Recibe la orden de trabajo y rutina de mantenimiento del equipo. 7. Delega su mando para la intervención del equipo, entregando la orden de trabajo, rutina de mantenimiento al ejecutor de mantenimiento. 8. Recibe la orden de trabajo, rutina de mantenimiento y reporte de mantenimiento, de acuerdo a las dimensiones físicas del equipo.	
Ejecutor de mantenimiento	9. Realiza al equipo las actividades correspondientes al mantenimiento preventivo. 10. Llena la orden de trabajo y registro de mantenimiento. 11. Indica que el equipo ya puede ser nuevamente incorporada a sus labores. 12. Firma la orden de trabajo y registro de mantenimiento.	
Encargado de mantenimiento	13. Entrega al encargado de mantenimiento los formatos ya firmados. 14. Indica al encargado del laboratorio la condición actual del equipo.	
Encargado del laboratorio	15. Envía al personal que considere a buscar el equipo, de lo contrario recibe el equipo operativo, ordenando su integración a las labores correspondientes, notificando al área de mecánica del laboratorio de Ingeniería Industrial.	

Fuente: Godoy (2021)

**Actividades de mantenimiento preventivo para los equipos de tecnología mecánica*****Actividades de mantenimiento preventivo para el torno paralelo***

El torno es una máquina herramienta adecuada para fabricar piezas de forma geométrica de revolución, haciendo girar la pieza a mecanizar, la cual está sujeta al cabezal, mientras una

herramienta de corte de un solo filo es empujada contra la superficie de la pieza, arrancando la viruta en una serie de operaciones de torneado diferentes.

Las principales partes del torno que requieren mantenimiento preventivo son:

- Bancada: es la parte del torno que soporta los demás elementos. Sobre la parte superior de la bancada están las guías.

- Conjunto de cabezal: esta pieza va sujeta de forma permanente a la bancada en el extremo izquierdo del torno, contiene el usillo del cabezal, el cual gira mediante piñones helicodales.

- Conjunto de contrapunto: consiste en dos piezas de fundición o partes principales, la parte inferior descansa directamente sobre las guías y la superior descansa sobre la primera, ambas se sujetan por medio de tornillos de ajuste.

- Carro longitudinal: consta de tres partes principales: montura, carro transversal y tablero, se utilizan para proveer la herramienta de corte a lo largo de la bancada del torno. La montura o soporte es una pieza fundida en forma de H montada en la parte superior de las guías del torno, que proporciona el medio para montar el carro transversal y el tablero.

Tomando en cuenta las partes del torno paralelo, se establece un mantenimiento preventivo de calidad, para lo cual se ejecutan los siguientes pasos:

- Limpiar la zona después de haber trabajado para dejarlo libre de virutas y rebabas, para que luego no presente problemas cuando se vuelva a utilizar.

- Lubricar el interior del equipo, lo cual se hace internamente en los piñones y los engranajes para que no exista ninguna falla posteriormente.

- Limpiar los engranajes, desmontando primero las piezas del torno para poder realizar su respectiva limpieza.

- Antes de desmontar las piezas internas hay que asegurarse de que el equipo esté apagado para prevenir accidentes.

- Luego de haber limpiado todos los piñones y engranajes se revisan que estén limpios al 100%.

- Finalmente se procede a montar nuevamente los piñones y engranajes en sus lugares correspondientes para utilizar posteriormente en otra ocasión.

Estos pasos son muy simples para realizar una limpieza leve del torno y si se quiere darle un mantenimiento a fondo, se desmontan todas las piezas para poder llegar a las uniones fijas del

torno con sus respectivos engranajes. En este caso solo se plantea dar el mantenimiento total del equipo, por lo tanto, hay que llegar al punto donde ya no se pueda desmontar las piezas, luego de esto se vuelve a montar todo lo desmontado y finalmente se arma todo para una previa demostración que funcione correctamente y dejar todo a punto para trabajar con tranquilidad por un largo tiempo.

### ***Actividades de mantenimiento preventivo para la fresadora***

Una fresadora es una máquina herramienta para realizar trabajos mecanizados por arranque de viruta, mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte, denominada fresa. Mediante el fresado se pueden mecanizar los más diversos materiales, como madera, acero, fundición de hierro, metales no férricos y materiales sintéticos, superficies planas o curvas, de entalladura, de ranuras, de dentado, entre otros. Además, las piezas fresadas pueden ser desbastadas o afinadas. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas.

La fresadora está compuesta por las siguientes partes:

- Base
- Bomba refrigerante.
- Cilindro.
- Mesa longitudinal.
- Mesa transversal.
- Consola apoyo de las mesas.
- Manivela palanca de avance y de medidas.
- Husillo principal.
- Motor.
- Bomba de lubricación.

Las actividades de mantenimiento preventivo que se deben ejecutar son las siguientes:

- Inspeccionar visualmente ruidos, fugas de aceite y de líquido refrigerante, entre otros.
- Revisar y limpiar los tableros eléctricos.
- Medir el consumo de corriente con el multímetro y comparar con los valores recomendados en la plaqueta del motor.

- Seguir atentamente el funcionamiento del equipo y al descubrir cualquier anomalía corregir inmediatamente el defecto.
- Verificar el funcionamiento de la bomba de refrigerante, realizar la limpieza del depósito y cambio si procede.
- Revisar completamente el grupo hidráulico desde la parte de donde se viene el lubricante por los conductos de lubricación e inspeccionar que no estén tapados.
- Reparar las conexiones eléctricas.
- Reajustar los tornillos de la base.
- Revisar el motor eléctrico y sus componentes.
- Revisar el nivel y precisión.
- Inspeccionar las velocidades de salida en rpm.
- Realizar el análisis de vibraciones para determinar el estado de los rodamientos.

### ***Actividades de mantenimiento preventivo para el esmeril***

El esmeril es un aparato mecánico que por medio de energía eléctrica, hace que una piedra o muela de diferentes materiales, en forma de disco, dé vueltas sobre su propio eje. Este movimiento permite realizar diferentes trabajos.

El esmeril está constituido por:

- Motor eléctrico elemento propulsor del equipo.
  - Cable de alimentación eléctrica cable blindado y enchufe con tierra de protección.
  - Disco de corte o desbaste.
  - Carcaza con mangos de soporte revestimiento resistente al desgaste, con dos mangos de operación.
  - Gatillo accionador interruptor eléctrico en mango principal.
  - Botón de funcionamiento continuo botón lateral a gatillo accionador.
- Las actividades de mantenimiento preventivo que se deben ejecutar son las siguientes:
- Inspeccionar el funcionamiento, energizando y presionando el botón de encendido para que comience a operar, mantener trabajando por 1 minuto buscando la presencia de algún olor a quemado, pérdidas de velocidad o vibraciones.
  - Inspeccionar visualmente para verificar que el esmeril se encuentre libre de polvo, de sustancias corrosivas, líquidos, grasas u óxido.

- Revisar de manera meticulosa si el esmeril presenta deformaciones, golpes, fisuras o fracturas a en alguna parte de su estructura.
- Revisar si las piedras de desbaste no presentan mellas, deformaciones, fisuras, fracturas o demasiado desgaste.
- Inspeccionar a detalle si alguna de las partes móviles se encuentra floja o demasiado rígida.
- Inspeccionar a detalle de manera visual y táctil el estado del cable de alimentación en búsqueda de desgaste o cortes en el forro.
- Verificar que la tornillería de sujeción de la base a la superficie se encuentre bien apretadas y aseguren la estabilidad del taladro.
- Anotar el número de identificación (ID) del esmeril que se inspeccionará.
- Registrar el resultado de la inspección y completar el informe del estado de la herramienta, calificándolo según su tabulador, en caso de ser necesario realizar anotaciones de observaciones o correcciones realizadas durante el mantenimiento.
- Realizar las correcciones según el listado de correcciones. En caso de que no se encuentren inconformidades, realizar únicamente el mantenimiento preventivo del equipo.
- Registrar en el informe los detalles encontrados.
- Corregir inconformidades en caso de que se encuentre herramienta en malas condiciones.
- El mantenimiento preventivo debe realizar la limpieza semanalmente con el compresor de aire o vacío retirar en su totalidad la viruta o pedazos de material que quedan dentro del cubre piedra, así como los que se encuentren en el área de trabajo.
- En caso de que la condición de la herramienta ponga en riesgo la seguridad del personal, que encargado de taller lo revise para su valoración.
- Limpiar con franela la grasa, polvo o cualquier líquido que tenga en cualquier parte del cuerpo del desarmador.
- Si afecta al funcionamiento del esmeril, verificar si se cuenta con garantía por parte del proveedor que cubra la inconformidad, en caso de que no se cuente con garantía o no se cubra, evaluar si es posible corregir la deformidad que presente, con ayuda de herramienta que se encuentre en buen estado, sin comprometer otra parte de la herramienta o dañarla más, en caso de ser posible, realizar la corrección, si la deformidad presentada es incorregible o representa un

riesgo para la seguridad del personal, sacar de operación y registrar en el informe para su valoración por parte del encargado de taller.

- Sacar de operación y registrar en el informe para su valoración por parte del encargado de taller y verificación de garantía.

- Verificar si es posible realizar el ajuste de la pieza sin afectar la integridad del esmeril o su estructura, en caso de que se necesite equipo o acciones especiales, corroborar con el encargado de taller si el esmeril cuenta con garantía vigente para el ajuste de la pieza, registrar en el informe para su valoración por parte del encargado de taller.

- Sacar de operación el esmeril, registrar en el informe para su valoración por parte del encargado de taller.

- Realizar el apriete necesario de la tornillería, en caso de que la base se encuentre en mal estado o ya no sea posible el apriete adecuado, registrar en el informe para su verificación por parte del encargado de taller.

- Inspeccionar a detalle el esmeril sin violar su garantía (si es que se cuenta con ella) en búsqueda del origen del aroma o calentamiento, registrar en el informe para su valoración por parte del encargado de taller.

Tabla

24

*Materiales y herramientas para el mantenimiento preventivo de los equipos de tecnología mecánica*

<b>Material</b>	<b>Herramienta</b>
Aceite 20w50	Engrasadora de aceite
Aceite 10w30	Engrasadora de aceite
Grasa especial	Engrasadora de aceite
	Compresor
	Termómetro
	Acelerómetro
	Tester multímetro
	Destornilladores

Fuente: Godoy (2021)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2017). *Proyecto de investigación. Guía para su elaboración*. (3<sup>ra</sup> ed). Venezuela: Editorial Episteme.

Beltrán, L. (2015). *Implantación de los sistemas de gestión de calidad ISO9000 y Mantenimiento*. Universidad de Cienfuegos. Cuba.

Bertalanffy, J. (2018). *Importancia de los sistemas de mantenimiento en las empresas*. Servicio Nacional de Aprendizaje. (SENA).

- Briceño L. y Alcántara, M. (2019). *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad*. Saltillo, México: Corporación Mexicana de Investigación en materiales.
- Brito, J. (2015). *Principios de administración*. Editorial Trillas.
- Cabral, H. (2012). *Manual del Ingeniero Industrial*. México: Editorial Alfa – Omega.
- Cepeda, M. (2018). *Curso de mantenimiento*. 8va Edición. Buenos Aires: Depalma.
- Chávez, N. (2012). *Cómo realizar un proyecto de investigación*. Caracas: Editorial B.L.
- Chiavenato, I. (2020). *Introducción a la teoría general de la administración*. México: Editorial Mc Graw Hill. 7ª Edición.
- Duffuaa (2014). *Administración del mantenimiento*. México: Editorial Limusa. Wiley S.A. 2ª Edición.
- Duffuaa, Raouf y Dixon (2012). *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. México: Editorial Limusa. Wiley S.A.
- El ABC de la gestión de mantenimiento.
- Gómez, C. (2017). *Sistemas administrativos. Análisis y diseño*. Colombia: Mc Graw Hill.
- González, R. (2018). *Sistemas de gestión de mantenimiento industrial*. Mc Graw – Hill. Interamericana Editores, S.A. Colombia.
- Grimardi y Simonds. (2014). *Mantenimiento preventivo y correctivo*. Mc Graw Hill. México.
- Hernández, Fernández y Baptista. (2015). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill. Interamericana S.A.
- Hurtado, J. (2016). *Metodología. Guía para la elaboración de diseños de investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Jelambi, L. (2016). *Sistemas, tecnología y organización*. Mc Graw-Hill Editores, S.A. Colombia.
- Klijin, J. (2016). *Productividad en el mantenimiento industrial*. México: Editorial CECSA.
- Luque, L. (2019). *Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales*. Santiago de Chile: Ril Editores.
- Mendizabal, G. *Gestión de proyectos de activos industriales*. Valencia: Editorial UPV.

- Meza, H. (2018). *Propuesta de un plan estratégico para las actividades de mantenimiento preventivo en el área de molienda 1 de harina de maíz precocida en Alimentos Polar comercial- planta Turmero.*
- Molina, C. (2014). *Análisis y planeación del mantenimiento.* Mc Graw Hill. México.
- Munch, L. (2020). *Fundamentos de la administración. Casos y prácticas.* Venezuela: Editorial Trillas.
- Nava, L. (2016). *Organización y gestión integral del mantenimiento.* México: Editorial Mc Graw Hill.
- Norma Venezolana Covenin 3049 – 93. (2001). *Mantenimiento. Definiciones.* Venezuela.
- Norma Venezolana Covenin 2500-93. *Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la Industria.* Venezuela.
- Sabino, C. (2012). *El proceso de investigación.* Panapo. Caracas. Publicado también por Ed. Panamericana, Bogotá, y Ed. Lumen, Buenos Aires.
- Salcedo, L. (2016). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.*
- Santos, O. (2020). *Administración del mantenimiento industrial.* México: Editorial Diana. Sexta impresión.
- Silva, D. (2015). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para las cavas de refrigeración de una empresa de alimentos congelados.*
- Sipire, K. (2018). *Ingeniería de manufactura.* México: Editorial CECSA. Tercera impresión.
- Tamayo y Tamayo, M. (2011). *El proceso de la investigación científica.* (4ta ed.) México: Editorial Limusa, S.A. Grupo Noriega Editores.
- Yucsy, W. (2012). *El análisis de fallas con diagramas de árbol.* Lutterwoth, United Kingdom: Aladon Lda.
- Zambrano, M. y Leal J. (2017). *Teoría y práctica de mantenimiento industrial avanzado.* México: Editorial Limusa.
- Zapata, E. (2016). *Manual y metodología de mantenimiento.* Buenos Aires: Talleres Gráficos R y C.



## **ANEXOS**

## GUÍA DE ENTREVISTA

### ORGANIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

1. Están establecidas las funciones y responsabilidades

---

---

2. Está definida la autoridad y autonomía

---

---

3. El sistema de información de la institución es funcional

---

---

### ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO

1. Están establecidas las funciones y responsabilidades de mantenimiento

---

---

2. Está definida la autoridad y autonomía del proceso de mantenimiento

---

---

3. Llevan correctamente un sistema de información de mantenimiento

---

---

### PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO

1. Están definidos los objetivos y metas de mantenimiento

---

---

2. Poseen políticas de planificación de mantenimiento

---

---

3. Llevan el control y evaluación del mantenimiento

---

---

### **MANTENIMIENTO RUTINARIO**

1. Planifican el mantenimiento rutinario

---

---

2. Tienen establecido una programación e implantación de mantenimiento rutinario

---

---

3. Controlan y evalúan las actividades de mantenimiento rutinario

---

---

### **MANTENIMIENTO PROGRAMADO**

1. Cuentan con la planificación del mantenimiento programado

---

---

2. Ejecutan correctamente la programación e implantación del mantenimiento programado

---

---

3. Controla y evalúan las actividades de mantenimiento programado

---

---

### **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

1. Planifican el mantenimiento correctivo

---

---

2. Realizan la programación e implantación de mantenimiento correctivo

---

---

3. Aplican el control y la evaluación del mantenimiento correctivo

---

---

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

1. Está establecida la determinación de parámetros para el mantenimiento preventivo

---

---

2. Planifican las actividades de mantenimiento preventivo

---

---

3. Tienen diseñada la programación e implantación de actividades de mantenimiento preventivo

---

---

4. Está definido el control y evaluación de las actividades de mantenimiento preventivo

---

---

### **PERSONAL DE MANTENIMIENTO**

1. Están cuantificadas las necesidades de personal de mantenimiento

---

---

2. Existe una selección y formación de personal de mantenimiento

---

---

3. Están definidos planes de motivación e incentivos para el personal de mantenimiento

---

---

### **APOYO LOGÍSTICO**

1. Cuentan con apoyo administrativo

---

---

2. Cuentan con apoyo gerencial

---

---

3. Cuentan con apoyo general

---

---

### **RECURSOS**

1. Cuentan con los equipos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento

---

---

2. Cuentan con las herramientas necesarias para realizar las actividades de mantenimiento

---

---

3. Cuentan con los instrumentos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento

---

---

4. Cuentan con los materiales necesarios para realizar las actividades de mantenimiento

---

---

5. Cuentan con los repuestos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento

