



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE LAS
ÁREAS ELÉCTRICAS Y DEL LABORATORIO DE
MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA MEDIANTE EL SOFTWARE SisMAC”**

HARO CAPELO JOHANA NATALY

TRABAJO DE TITULACIÓN

Para la obtención de título de:

INGENIERA DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA-ECUADOR

2016

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2015-10-08

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

HARO CAPELO JOHANA NATALY

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS
LABORATORIOS DE LAS ÁREAS ELÉCTRICAS Y DEL LABORATORIO DE
MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
MEDIANTE EL SOFTWARE SisMAC”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERA DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Eduardo Hernández
DIRECTOR

Ing. Verónica Chávez
ASESORA

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: HARO CAPELO JOHANA NATALY

TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE LAS ÁREAS ELÉCTRICAS Y DEL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA MEDIANTE EL SOFTWARE SisMAC”

Fecha de Examinación: 2016-11-29

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Eduardo Hernández DIRECTOR			
Ing. Verónica Chávez ASESORA			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORIA

El presente Trabajo de Titulación, es original y basado en el proceso de investigación y/o propuesta tecnológica establecida en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de la autora. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Haro Capelo Johana Nataly

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Haro Capelo Johana Nataly, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Haro Capelo Johana Nataly
Cédula de Identidad: 060356102-8

DEDICATORIA

Dedico este logro primeramente a mi familia, a mi madre y a mis hermanos por estar presentes en cada momento demostrándome su apoyo y comprensión para que pueda culminar con éxito esta gran etapa de mi vida. Pero no podía dejar atrás a una persona que es indispensable en mi vida, Andrés a ti por estar siempre a mi lado y no permitir que me rindiera, aprendí de ti que siempre se debe empezar bien para que el resultado sea el triunfo, gracias por todo.

Johana Nataly Haro Capelo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios por haberme otorgado la sabiduría necesaria para estar hoy aquí.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento a los señores Ingenieros Eduardo Hernández y Verónica Chávez director y asesora de mi trabajo de titulación respectivamente, por el apoyo incondicional que me han brindado para culminar mi trabajo, les agradezco mucho ya que gracias a ustedes he completado una etapa más de mi vida.

Johana Nataly Haro Capelo

CONTENIDO

Pág.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i>	2

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.	3
2.1 Fundamentos del Mantenimiento.	3
2.1.1 <i>Mantenimiento.</i>	3
2.1.2 <i>Objetivos de Mantenimiento.</i>	3
2.2 Tipo de Mantenimiento.	3
2.3 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM.	4
2.3.1 <i>Beneficios del RCM.</i>	5
2.3.2 <i>Preguntas básicas del RCM.</i>	5
2.3.3 <i>Estándares de funcionamiento</i>	5
2.3.4 <i>Las consecuencias de los modos de fallo.:</i>	5
2.4 Análisis técnico.....	7
2.4.1 <i>Técnicas preventivas de mantenimiento.</i>	7
2.4.2 <i>Termografía.</i>	7
2.4.3 <i>Análisis de vibraciones.</i>	7
2.5 Análisis de Criticidad.	8
2.5.1 <i>Rigurosidad del Mantenimiento</i>	8
2.5.2 <i>Capacitaciones Técnicas. r.</i>	9
2.5.3 <i>Reinversiones.</i>	9
2.5.4 <i>Stock de repuestos.</i>	9
2.5.5 <i>Matriz y Flujograma de Criticidad.</i>	9
2.6 Contexto Operacional.	10
2.7.1 <i>Criterios para evaluar el AMEF.</i>	11
2.7.2.1 <i>Función.</i>	12
2.7.2.2 <i>Falla Funcional.</i>	13
2.7.2.3 <i>Modo de Falla.</i>	13
2.7.2.4 <i>Efectos de falla.</i>	13
2.7.2.5 <i>Consecuencia de Falla.</i>	13
2.8 Tareas de Mantenimiento.	13
2.8.1 <i>Tareas Preventivas a Base de la Condición.</i>	13
2.9 Software de Mantenimiento.....	14
2.9.1 <i>Función</i>	14
2.9.2 <i>Beneficios</i>	15
2.10 SisMAC (Sistema de mantenimiento asistido por computadora).....	16
2.10.1 <i>Principales funciones SisMAC.</i>	17

CAPÍTULO III

3. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD	18
3.1 Evaluación de los planes de mantenimiento existentes.	18
3.2 Listado de los equipos de los laboratorios.....	20

3.2.1	<i>Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.</i>	21
3.2.2	<i>Laboratorio de las Áreas Eléctricas.</i>	22
3.2.2.1	<i>Laboratorio de Máquinas Eléctricas.</i>	22
3.2.2.2	<i>Laboratorio de Electricidad.</i>	23
3.2.2.3	<i>Laboratorio de Electrónica.</i>	23
3.3	Codificación de equipos	23
3.3.1	<i>Ubicación.</i>	24
3.3.2	<i>Área.</i>	24
3.3.3	<i>Sistema.</i>	24
3.3.4	<i>Número de sistemas.</i>	25
3.4	Ficha Técnica de Máquinas y Equipos.	26
3.5	Estado Técnico de los Equipos	29
3.6	Matriz de criticidad.	34
3.6.1	<i>Especificaciones de detalle de Costos de Mantenimiento de los laboratorios.:</i>	37
3.6.2	<i>Análisis de Criticidad del Laboratorio de Mantenimiento</i>	37
3.6.3	<i>Análisis de Criticidad del Laboratorio de Maquinas Eléctricas.</i>	39
3.6.4	<i>Análisis de Criticidad del Laboratorio de Electrónica.</i>	40
3.7	Contexto Operacional.	42
3.8	AMEF (Análisis de modo y efecto de falla)	44
3.9	Tareas de Mantenimiento para los Laboratorios	47
3.9.1	<i>Tareas De Mantenimiento de los Laboratorios de La Facultad de Mecánica</i>	47
3.10	Comparación de los planes de Mantenimiento analizado y el implementado.	49
3.11	Check List	49
CAPITULO IV		
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE SISMAC.	51
4.1	Ingreso e inicio de sesión de trabajo.	51
4.2	Descripción general del programa SisMAC.	52
4.3	Ingreso de información en el software SisMAC.	53
4.3.1	<i>Datos del nivel uno “Localización.-</i>	54
4.3.2	<i>Datos nivel dos “Área Del Proceso.</i>	54
4.3.3	<i>Datos nivel tres “Sistemas”</i>	55
4.3.4	<i>Datos del nivel cuatro “Equipos”</i>	56
4.4	Programación de las tareas de Mantenimiento.-	58
4.5	Programación de la frecuencia.	59
CAPITULO V		
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1	Conclusiones.	62
5.2	Recomendaciones.	62
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Equipos del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo	21
2. Equipos del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo	21
3. Equipos del Laboratorio de Máquinas Eléctricas	22
4. Equipos del Laboratorio de Electricidad	23
5. Equipos del Laboratorio de Electrónica.....	23
6. Codificación del Laboratorio de Electricidad.....	25
7. Codificación del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo	25
8. Codificación del Laboratorio de Electrónica.....	25
9. Codificación del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo	26
10. Codificación del Laboratorio de Máquinas Eléctricas.....	26
11. Ficha Técnica Motor –Banda.....	27
12. Ficha Técnica Alineador Laser.....	27
13. Ficha Técnica Banco de Prueba para Arrancadores de Motores.....	28
14. Ficha Técnica Banco de prueba circuitos eléctricos serie y paralelo.....	28
15.Ficha Técnica Osciloscopio.....	29
16.Estado Técnico Motor Banda	30
17. Análisis de Termografía de la caja	31
18. Análisis Técnico de las resistencias.....	31
19. Análisis Técnico de las conexiones de Amperímetro y Voltímetro	32
20. Análisis Técnico de Transformador.....	32
21. Estado técnico Banco de pruebas para arrancadores de motores.....	33
22. Estado técnico Banco de pruebas de circuitos con resistencias serie paralelo.....	34
23. Estado técnico Osciloscopio.....	34
24. Matriz de Criticidad.....	35
25.Impacto de tiempo y costos de mantenimiento.....	37
26. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.....	38
27. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.....	39
28. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Máquinas Eléctricas.....	40
29. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Electrónica.....	41
30. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Electricidad.....	42
31. AMEF del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo del equipo motor banda	45
32.AMEF del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo del equipo motor bomba.....	45
33. AMEF del Laboratorio de Máquinas Eléctricas	46
34. AMEF del Laboratorio de Electricidad.....	46
35. AMEF del laboratorio de electrónica.....	47
36. Tareas de Mantenimiento Osciloscopio.....	48
37. Tareas de Mantenimiento Motor Banda	48
38. Tareas de Mantenimiento banco de pruebas para arrancadores de motores.....	48
39. Tareas de Mantenimiento circuitos con resistencias serie paralelo.....	49
40. Comparación de planes de Mantenimiento.....	49
41. Check List de los laboratorios.....	50
42. Descripción Menú SisMAC.....	52
43. Descripción Submenú SisMAC.....	53
44. Descripción Submenú SisMAC.....	53
45. Resumen de las tareas de Mantenimiento del Laboratorio de Electricidad.....	60
46. Resumen de las tareas del laboratorio de Mantenimiento Predictivo.....	60
47. Resumen de las tareas del laboratorio de Máquinas Eléctricas.....	61
48. Resumen de las tareas del laboratorio de Electricidad.....	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Equipos del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo	21
2. Equipos del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo	21
3. Equipos del Laboratorio de Máquinas Eléctricas	22
4. Equipos del Laboratorio de Electricidad	23
5. Equipos del Laboratorio de Electrónica.....	23
6. Codificación del Laboratorio de Electricidad.....	25
7. Codificación del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo	25
8. Codificación del Laboratorio de Electrónica.....	25
9. Codificación del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo	26
10. Codificación del Laboratorio de Máquinas Eléctricas.....	26
11. Ficha Técnica Motor –Banda.....	27
12. Ficha Técnica Alineador Laser.....	27
13. Ficha Técnica Banco de Prueba para Arrancadores de Motores.....	28
14. Ficha Técnica Banco de prueba circuitos eléctricos serie y paralelo.....	28
15.Ficha Técnica Osciloscopio.....	29
16.Estado Técnico Motor Banda	30
17. Análisis de Termografía de la caja	31
18. Análisis Técnico de las resistencias.....	31
19. Análisis Técnico de las conexiones de Amperímetro y Voltímetro	32
20. Análisis Técnico de Transformador.....	32
21. Estado técnico Banco de pruebas para arrancadores de motores.....	33
22. Estado técnico Banco de pruebas de circuitos con resistencias serie paralelo.....	34
23. Estado técnico Osciloscopio.....	34
24. Matriz de Criticidad.....	35
25.Impacto de tiempo y costos de mantenimiento.....	37
26. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.....	38
27. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.....	39
28. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Máquinas Eléctricas.....	40
29. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Electrónica.....	41
30. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Electricidad.....	42
31. AMEF del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo del equipo motor banda	45
32.AMEF del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo del equipo motor bomba.....	45
33. AMEF del Laboratorio de Máquinas Eléctricas	46
34. AMEF del Laboratorio de Electricidad.....	46
35. AMEF del laboratorio de electrónica.....	47
36. Tareas de Mantenimiento Osciloscopio.....	48
37. Tareas de Mantenimiento Motor Banda	48
38. Tareas de Mantenimiento banco de pruebas para arrancadores de motores.....	48
39. Tareas de Mantenimiento circuitos con resistencias serie paralelo.....	49
40. Comparación de planes de Mantenimiento.....	49
41. Check List de los laboratorios.....	50
42. Descripción Menú SisMAC.....	52
43. Descripción Submenú SisMAC.....	53
44. Descripción Submenú SisMAC.....	53
45. Resumen de las tareas del laboratorio de Electricidad.....	60
46. Resumen de las tareas del laboratorio de Mantenimiento Predictivo.....	60
47. Resumen de las tareas del laboratorio de Máquinas Eléctricas.....	61
48. Resumen de las tareas de Mantenimiento del Laboratorio de Electricidad.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS

SisMAC	Sistema de mantenimiento asistido por computador.
RCM	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
AMEF	Análisis de modo y efecto de falla.
SS	Seguridad y Salud.
MA	Medio Ambiente.
NS	Nivel de Susceptibilidad.
FU	Frecuencia de Utilización.
MTBF	Tiempo medio entre Falla.
MT	Tiempo y Costos de Mantenimiento.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Cartas de Charlot
ANEXO B	Tabla de Criterios Valores cuantitativos para termografía
ANEXO C	Fichas Técnicas de los Laboratorios de las Áreas Eléctricas y del laboratorio de Mantenimiento Predictivo
ANEXO D	Estado técnico de los laboratorios de las Áreas Eléctricas y del laboratorio de Mantenimiento Predictivo
ANEXO E	AMEF de los laboratorios de las Áreas Eléctricas y del laboratorio de Mantenimiento Predictivo
ANEXO F	Tareas de mantenimiento de los laboratorios de las Áreas Eléctricas y del laboratorio de Mantenimiento Predictivo

RESUMEN

La implementación de un plan de Mantenimiento de los Laboratorios en las Áreas Eléctricas y del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo de la Facultad de Mecánica mediante el software SisMAC, es una guía para la ejecución de tareas de mantenimiento a los equipos de los laboratorios y talleres anteriormente mencionados a través de la metodología del RCM, además se cargó los datos al Software SisMAC, este ayudará a automatizar, controlar y monitorear los procesos de mantenimiento. Inicialmente se realizó el análisis del plan de mantenimiento existente, posterior al análisis del mismo se determina que es un plan de mantenimiento demasiado general y no otorga una información adecuada, es necesario mejorar dicho plan de mantenimiento en base al estado actual y contexto operacional, a continuación se realizó el levantamiento de información técnica de los diferentes equipos, para luego proceder a realizar las fichas técnicas de los mismos, se implementó la codificación de cada equipo según la estructura del software SisMAC, posteriormente se determinó el estado actual de los equipos mediante la aplicación técnicas predictivas (Termografía y Vibraciones), estas ayudaron a corroborar resultados, seguidamente se realizó el análisis de los modos y efecto de falla (AMEF), determinando así las tareas de mantenimiento que necesita cada laboratorio, finalmente se cargaron los datos al software SisMAC para así aumentar la Gestión de Mantenimiento acorde a las necesidades de la Facultad, además se efectuó un check list para todos los laboratorios. Estas actividades se deben de realizar antes y después de la operación de cada equipo. Con este trabajo de titulación se cargaron las tareas del plan de mantenimiento al software SisMAC siendo este el primer paso para la Gestión del Mantenimiento en la Facultad de Mecánica.

PALABRAS CLAVE: <SISTEMA DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADOR (SISMAC) >, <MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) >, <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <CONTEXTO OPERACIONAL>, <ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)>, <GESTIÓN DE MANTENIMIENTO>, <TERMOGRAFÍA>, <ANÁLISIS DE VIBRACIONES>.

ABSTRAC

The implementation of a Maintenance Plan of laboratories in Electric Areas and the Predictive Maintenance of the Laboratory in Mechanics Faculty through SisMAC software, is a guide for the execution of maintenance tasks to the equipment of laboratories and workshops previously mentioned through RCM Methodology, in addition the data was uploaded to the SisMAC software, this will help to automate, control and monitor the maintenance processes. Initially, the analysis of the existing maintenance plan was carried out. After the analysis of the maintenance plan, it was determined that it is a maintenance plan that is too general and does not provide adequate information. It is necessary to improve the maintenance plan based on the current state and operational context. The technical information of the different teams was taken up, then the technical data were implemented, the coding of each equipment was implemented according to the structure of SisMAC Software, and the current state of the equipment was then determined using the Application of predictive techniques (Thermography and Vibrations), these helped to corroborate results, followed by the analysis of fault-effect modes (AMEF), thus determining the maintenance tasks required by each laboratory, finally loading the data to the SisMAC Software in order to increase the maintenance management according to the Faculty's needs, also a check list was made for all the laboratories. These activities must be done before and after the operation of each equipment. With this graduating work, the task of the maintenance plan were uploaded to the SisMAC Software being this the first step for the Maintenance Management in the Mechanics Faculty.

KEYWORDS: <COMPUTER AIDED MAINTENANCE SYSTEM (SISMAC)>, <RELIABILITY CENTRIFIED MAINTENANCE (RCM)>, <MAINTENANCE PLAN>, <OPERATIONAL CONTEXT>, <MODE AND FAULT EFFECT (AMAEF)>, <MAINTENANCE MANAGEMENT>, <THERMOGRAPHY <VIBRATION ANALYSIS>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la Facultad de Mecánica desde su creación el 3 de abril de 1973 a se ha implementado talleres y laboratorios, los cuales han sido de valiosa ayuda para la formación de estudiantes que a diario atraviesan estos talleres, permitiendo llevar a la práctica lo aprendido en las aulas.

La Facultad de Mecánica hoy en día cuenta con diferentes laboratorios y talleres, entre ellos se encuentran los Laboratorios de las Áreas Eléctricas y el Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.

Los laboratorios de las Áreas Eléctricas cuentan con diferentes módulos que tienen una larga vida operacional ya que estos antes de ser donados por SECAP en el año 1984 eran utilizados en las prácticas por los alumnos de dicho instituto.

El laboratorio de Mantenimiento Predictivo fue creado en el año 2002, desde aquel momento los equipos y módulos se adquieren según las necesidades de los estudiantes por esta razón se puede decir que su vida operacional es corta.

En los laboratorios las fallas empiezan a darse por el desgaste natural de los módulos debido al paso del tiempo, por esto es necesario tener un plan de mantenimiento acorde al contexto operacional de cada módulo.

1.2 Justificación

En la actualidad los laboratorios cuentan con módulos y equipos que poseen un plan de mantenimiento; este fue desarrollado mediante tesis de grado en el año 2013; el plan de mantenimiento de los laboratorios fue desarrollado con base a los manuales del fabricante y recomendaciones generales de cada tipo de maquina; por lo que existe la necesidad de revisar esta información y someterla a los análisis de criticidad y del modo y efecto de falla, para de esta manera obtener un plan de mantenimiento acorde al

contexto operacional y a las necesidades de los laboratorios de la facultad, el cual constará con el respectivo análisis de factibilidad técnica.

Para llevar un adecuado control de las tareas de mantenimiento, se carga los datos en el Software de Gestión de Mantenimiento asistido por ordenador SisMAC, el cual se pretende implementar en toda la institución, como fase inicial de un proceso de modernización en los laboratorios de la Facultad de Mecánica.

En el presente trabajo de titulación se cargará los datos relacionados con el mantenimiento de los equipos y máquinas de los Laboratorios de las Áreas Eléctricas y el Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar un plan de mantenimiento para los laboratorios de las áreas eléctricas y el laboratorio de mantenimiento predictivo de la Facultad de Mecánica mediante el software SisMAC.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Evaluar el actual plan de mantenimiento en los laboratorios del área eléctrica y el laboratorio de Mantenimiento Predictivo de la Facultad.

Elaborar las hojas de datos técnicos de los equipos de los laboratorios del área eléctrica y laboratorio de Mantenimiento Predictivo.

Evaluar el estado actual de los módulos y equipos de los Laboratorios de las áreas eléctricas y del laboratorio de Mantenimiento Predictivo.

Realizar el análisis de criticidad de los módulos y equipos de los Laboratorios de las Áreas Eléctricas y del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.

Elaborar el plan de mantenimiento y cargar los datos al programa SisMAC.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Fundamentos del Mantenimiento.

Innumerables definiciones se le ha dado al mantenimiento con el pasar de los años, por lo que en la actualidad ejecutar mantenimiento no implica el realizar una reparación al equipo averiado, sino mantenerlo operando bajo los niveles establecidos por los fabricantes, dentro los índices de producción de la empresa, se utiliza para ahorrar costos y para maximizar la vida útil de los equipos. (DUFFUAA S, 2000, p.22)

2.1.1 *Mantenimiento.* Es la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y gerenciales durante el ciclo de vida de un activo con el fin de mantenerlo o restaurarlo, a un estado en el cual pueda desempeñar la función requerida (UN EN 13306, 2011).

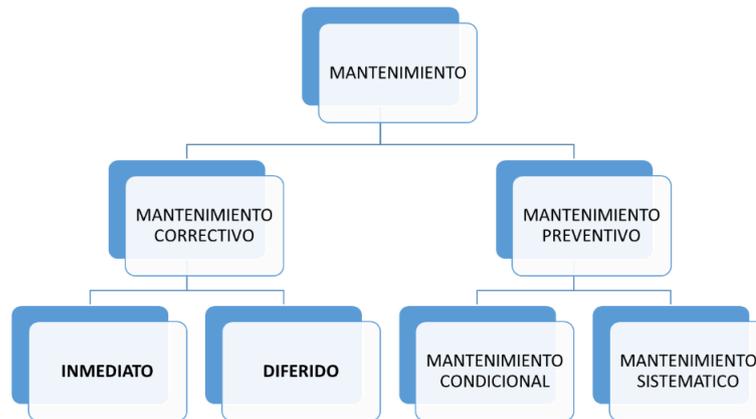
2.1.2 *Objetivos de Mantenimiento.* Actualmente el mantenimiento por estar inmerso en todas las actividades empresariales, juega un papel cada vez más importante que abarca más responsabilidades, sus objetivos son:

- La disponibilidad, mismo que determina el tiempo bruto de productividad.
- El costo, ya que los paros imprevistos presentan cuantiosas pérdidas.
- La seguridad, al disminuir en riesgo en el manejo y operación de los equipos.
- La integridad ambiental, al producir sin contaminar debido al buen estado en que se encuentran los equipos.
- Eficiencia energética, al proporcionar el funcionamiento eficiente de los equipos.
- La calidad de los productos, al no producir defectuosos.

2.2 Tipo de Mantenimiento.

A continuación en la figura 1 se muestra una clasificación del mantenimiento. (UN EN 13306, 2011).

Figura 1. Tipos de Mantenimiento.



Fuente Norma AENOR UN –EN 13306

- **Mantenimiento Correctivo** Mantenimiento ejecutado después del fallo, y destinado a llevar un elemento a un estado en el que se pueda desarrollar una función requerida.
- **Mantenimiento Correctivo Inmediato** es aquel que se realiza inmediatamente de distinguir la avería con los recursos que se obtiene en ese momento.
- **Mantenimiento Correctivo Diferido** al producirse la avería, se origina un paro del equipo para posteriormente afrontar la reparación con los recursos necesarios.
- **Mantenimiento Preventivo** es el que se realiza actividades periódicas en un intervalo de tiempo para reducir la probabilidad de fallo o la degradación de funcionamiento de un elemento.
- **Mantenimiento Preventivo Condicional** se basa en el monitoreo del funcionamiento de los parámetros de los elementos y las acciones subsiguientes.
- **Mantenimiento Preventivo Sistemático** se ejecuta a través de intervalos de tiempos establecidos.

2.3 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM.

El RCM nace en los años 70's, en el Departamento de Defensa de los E.E.U.U. ya que en el año 1950 dos tercios de los accidentes aéreos eran causados por fallas en los equipo, eso significaba 2 accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo. Esta alta tasa de accidentalidad indicaba que la industria tenía que empezar a hacer algo para mejorar la seguridad. Desde aquel tiempo, el RCM es utilizado para ayudar a enunciar estrategias de gestión de activos físicos en todos los países industrializados del mundo.

Desde el punto de vista de gestión podemos decir que:

Es una técnica organizativa que nos ayuda a replantear todo el mantenimiento en base a la fiabilidad o análisis de falla es utilizado como táctico de mantenimiento tras el análisis de dichas fallas. (MOUBRAY, 2004 p.6).

2.3.1 *Beneficios del RCM.*

- El RCM genera un programa de mantenimiento preventivo.
- Detectar las fallas tempranamente, para subsanar rápidamente sin que exista paradas del sistema.
- Eliminar las causas de las fallas antes que aparezcan.
- Eliminar las causas de las fallas antes que aparezcan mediante un re diseño.
- Identificar aquellas fallas que pueden producirse sin generar pérdidas en la seguridad del sistema.

2.3.2 *Preguntas básicas del RCM.* El proceso de RCM incita a responder las siguientes siete preguntas sobre el bien o sistema bajo revisión: (SAE JA1011, 1999).

1. ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
2. ¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
3. ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
5. ¿De qué modo afecta cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

2.3.3 *Estándares de funcionamiento.* Cada elemento de los equipos deberá tener una función o funciones específicas para las cuales fueron creadas, la pérdida total o parcial de esta afecta en el funcionamiento del equipo. La influencia total sobre la organización depende de La función del equipo en su contexto operacional.

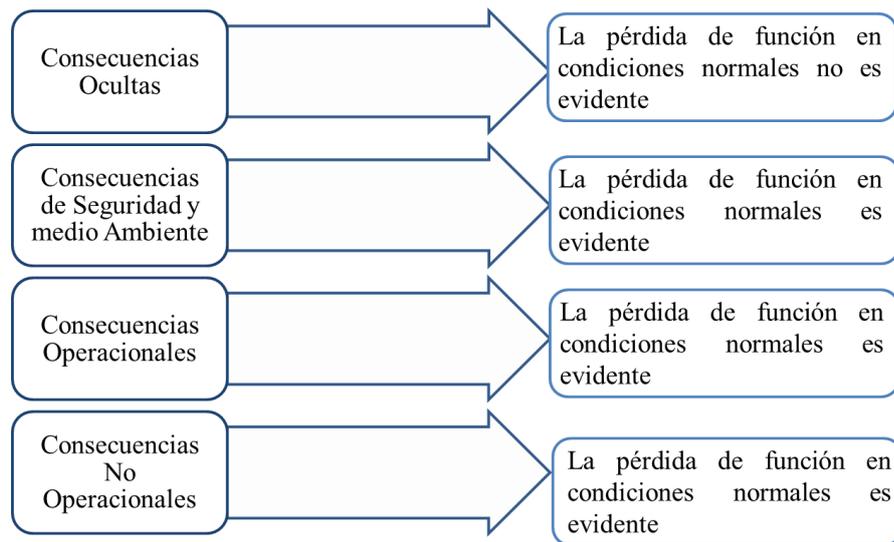
2.3.4 *Las consecuencias de los modos de fallo.* El impacto que cualquier modo de fallo

puede tener sobre la organización, dependerá básicamente de tres factores:

- Contexto operacional donde se encuentra el equipo.
- Estándar de ejecución deseado, asociado a una determinada función.
- Los efectos y consecuencias que puede provocar cada modo de falla.

La combinación de los tres factores antes mencionados, hace que cada modo de fallo tenga una forma característica de impactar al medio ambiente, seguridad y a las operaciones.

Figura 2. Clasificación de las Consecuencia de fallas



Fuente. Autor

- *Consecuencia de fallas ocultas:* no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas. (La mayoría están asociadas a sistemas de protección sin seguridad inherente)
La aparición de modo de falla con consecuencias ocultas no será evidente dentro del desarrollo normal de las operaciones de un determinado sistema.
- *Consecuencias ambientales y para la seguridad:* aparecen a partir de una función evidente de los equipos, cuyas fallas funcionales afectan en primer lugar a la seguridad humana, en segundo lugar al medio ambiente.
- *Consecuencias operacionales:* si afecta a la producción, además del costo directo de la reparación.
- *Consecuencias no-operacionales:* las fallas que caen esta categoría no afectan a la seguridad ni la producción, sólo se relacionan con el costo directo de la reparación.

Si una falla tiene consecuencias significativas en estas categorías, es inevitable tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no necesita hacer cualquier tipo de mantenimiento (GERENCIA DE MANTENIMIENTO).

2.4 Análisis técnico.

2.4.1 *Técnicas preventivas de mantenimiento.* Ayuda a asegurar que un equipo permanezca completamente funcional. Tienen los siguientes beneficios que son:

- Mayor rendimiento.
- Mayor confiabilidad.
- Menores costos de reparación.

2.4.2 *Termografía.* Es un método de inspección de equipos eléctricos y mecánicos mediante la obtención de imágenes de su distribución de temperatura. Este método de inspección se basa en que la mayoría de los componentes de un sistema muestran un incremento de temperatura en mal funcionamiento. El incremento de temperatura en un circuito eléctrico podría deberse a una mala conexión o problemas con un rodamiento en caso de equipos mecánicos. Observando el comportamiento térmico de los componentes pueden detectarse defectos y evaluar su seriedad.

La herramienta de inspección utilizada por los termógrafos es una cámara térmica. Son equipos sofisticados que miden la emisión natural de radiación infrarroja procedente de un objeto y generan una imagen térmica. Las cámaras de termografía modernas son portátiles y de fácil manejo. Al no necesitar contacto físico con el sistema, las inspecciones pueden realizarse a pleno funcionamiento sin pérdida o reducción de productividad. (GALLAR Iván & PANTALLI Daniel, 2009,p.98).

2.4.3 *Análisis de vibraciones.* El análisis espectral de vibraciones consiste simplemente en realizar una transformación de una señal en el tiempo al dominio de la frecuencia, donde podemos identificar la vibración característica de cada uno de los componentes o defectos que puede presentar nuestro equipo.

El análisis de vibraciones es uno de los indicativos más claros del estado de una máquina. Bajos niveles de vibración indican equipo en buen estado, cuando estos niveles

se elevan está claro que algo comienza a ir mal.

Hasta ahora, se considera como medida de la amplitud de la vibración de un objeto el desplazamiento, el desplazamiento es sencillamente la distancia al objeto desde una posición de referencia o punto de equilibrio. La velocidad se define como la proporción de cambio en el desplazamiento y se mide por lo general en in/s (pulgadas por segundo) o mm/s. La aceleración se define como la proporción de cambio en la velocidad y se mide en g o mm/s². (GALLAR Iván & PANTALLI Daniel, 2009,p.81).

Para realizar el analisis tecnico con analisis de vibraciones se emplea como referencia las Cartas de Charlt que se menciona en el anexo A, para realizar termografía se utilizará las tablas de severidad de termografía estas se indica en anexo B.

2.5 Análisis de Criticidad.

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Sin importar el tipo o tamaño de una empresa, este análisis constituye el primer paso que debe realizarse como punto de partida a nivel de ingeniería de mantenimiento.

El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componente, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento.

El análisis de criticidades genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: crítico, semicrítico y no crítico. (JUAREZ, 2007 p.30-34).

2.5.1 Rigurosidad del Mantenimiento. Permitirá identificar a los activos físicos críticos de una empresa que requerirán de mayor atención ya sea en la aplicación de posteriores herramientas especializadas de gestión que posiblemente dará como resultado un incremento en la calidad de las actividades de mantenimiento; y, en los activos físicos no críticos se podría disminuir la intensidad del mantenimiento con el propósito de optimizar recursos.

2.5.2 *Capacitaciones Técnicas.* Permite potenciar el adiestramiento y el desarrollo de habilidades en el personal, tomando en cuenta las áreas más críticas, que es en donde se concentra las mejores oportunidades iniciales de mejora que agregan el máximo valor.

2.5.3 *Reinversiones.* Da el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y de renovaciones en los procesos, equipos de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.

2.5.4 *Stock de repuestos.* Indica el nivel de equipos y piezas d repuestos que deben existir en la bodega central, así como los requerimientos de partes, materiales y herramientas que deben estar disponibles en los talleres, logrando un costo óptimo de inventario.

2.5.5 *Matriz y Flujograma de Criticidad.* La matriz de criticidad envuelve aspectos gerenciales y criterios de decisión que tratan de abordar los aspectos de impacto global con miras a descubrir los ítems donde deberíamos atacar las consecuencias de las fallas, alineando de esta manera con los paradigmas modernos del mantenimiento. Típicamente contiene elementos englobados:

- Misión de la planta.
- Costos del mantenimiento.
- Frecuencias de falla.
- Pérdidas de producción.
- Riesgos involucrados (humano, seguridad, etc.).

El análisis se efectúa a través de una matriz que contiene seis áreas de impacto con los criterios respectivos que ubica a cada ítem en una de tres posibilidades:

- Riesgo alto.
- Riesgo medio.
- Riesgo bajo.

Los aspectos para efectuar un análisis de criticidad están relacionados con el contexto operacional en el cual se encuentran los equipos, es así que para el contexto operacional

de los equipos de los laboratorios de la Facultad de Mecánica, se ha establecido los siguientes parámetros.

- S&S Seguridad y Salud
- MA Medio Ambiente
- NS Nivel de Susceptibilidad al daño
- PU Frecuencia de utilización
- TBF Intervalos entre actividades
- MT Tiempo y Costos de Mantenimiento

El uso del análisis de criticidad permite la toma de decisiones acertadas y correctas, permitiendo disminuir costos y priorizar tareas.

Adicionalmente se encuentran otros beneficios por direccionar el presupuesto en áreas de mayor rentabilidad para una organización.

La lista realizada, permite definir prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

2.6 Contexto Operacional.

El contexto operacional es muy importante: Las estrategias de mantenimiento deberían ser distintas en el caso de que equipos (iguales en diseño) estén instalados en ambientes diferentes, por ejemplo uno en una sala a temperatura ambiente y otro cerca de un horno de fundición. Lo mismo con ambientes polvorientos o agresivos para los equipos.

Con lo dicho anteriormente contexto operacional es el medio en el cual el equipo funciona bajo determinadas circunstancias. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento completamente distintos si sus contextos operacionales son diferentes. Es por ello que antes de comenzar el análisis se debe identificar claramente el contexto operacional en el cual funciona el equipo.

Para realizar un plan de mantenimiento se debe tener en cuenta los siguientes aspectos.

La definición de contexto operacional es el entorno de trabajo donde funciona el equipo.

Se debe de tomar en cuenta los siguientes parámetros para identificar el contexto operacional estos son resumen operativo, personal, división de proceso. (Grupo de Investigación y Desarrollo del Mantenimiento en el Ecuador , 2015).

- Se debe ubicar el equipo dentro de su respectivo nivel jerárquico.
- Describir que misión cumple específicamente en el sistema.
- Describir el equipo usando las fichas técnicas y características del activo.
- Describir el proceso empleando el diagrama de proceso donde está instalado el proceso.
- Enlistar los dispositivos de seguridad que posea el equipo.
- Diagrama de entrada y salida del proceso permite una fácil visualización del sistema, para un posterior análisis.
- Se debe de tomar en cuenta los turnos a trabajar de los equipos.
- Forma de operar de los equipos.
- Tipos de mantenimiento antes utilizados y el mantenimiento que se va a utilizar posteriormente del análisis.
- Parámetros de control de calidad que existen o se puedan implementar.
- Se debe delimitar los límites que tiene los sistemas.

El RCM está dirigido hacia la mitigación de las consecuencias de las fallas más que hacia la prevención de las mismas.

2.7 Análisis del Modo y Efecto de Falla (AMEF).

Es la principal herramienta del mantenimiento centrado en la confiabilidad cuyas siglas significan “*Análisis del Modo y Efecto de Falla*”.

El AMEF se desarrolló inicialmente por los ingenieros de la NASA en el año de 1949. Se utilizó como técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas. (BERNAL, Laura, 2013).

2.7.1 *Criterios para evaluar el AMEF en un proceso.* Para evaluar el efecto y modo de

falla se emplean los criterios de severidad, ocurrencia y detección.

- *Severidad.* - evalúa la magnitud o gravedad del efecto provocado por el modo de falla.
- *Ocurrencia.* - evalúa la ocurrencia del modo de falla en términos de porcentajes o frecuencias.
- *Detección.* - evalúa la efectividad de las formas o medios de detección de modo de falla.

Para la elaboración del AMEF se debe tomar en cuenta varios parámetros detallados a continuación:

- Análisis funcional.
- Falla funcionales.
- Modo de falla.
- Efectos de falla.
- Modo de falla ocultas.
- Consecuencia de las fallas.
- Tareas de mantenimiento.

2.7.2 *Funciones y niveles de desempeño.* Cuando se implanta el funcionamiento deseado cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos se desarrollarán en la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas de medio ambiente, costos operacional, y de seguridad.

2.7.2.1 *Función.* Es la misión de un activo para el cual fue adquirido, la enunciación de una función debe consistir de un verbo, un objeto, y el nivel de desempeño deseado.

- *Función Principal.* La función que constituye la razón principal por las que el activo físico o sistema es adquirido por su usuario. (SAE JA1012, 2002).
- *Función Secundaria.* Las funciones que un activo físico o sistema tiene que cumplir a parte de su función primaria, así como aquellas que necesitan cumplir con los requerimientos reguladores o a las cuales conciernen los problemas de

protección, control, confort, apariencia, eficiencia de energía e integridad estructural. (SAE JA1012, 2002).

2.7.2.2 Falla Funcional. Un estado en el que un activo físico no se encuentra disponible para ejercer una función específica a un nivel de desempeño deseado. (SAE JA1012, 2002).

2.7.2.3 Modo de Falla. Son síntomas de anomalías elementales o profundas que pueden ocasionar una falla funcional. (SAE JA1012, 2002).

2.7.2.4 Efectos de falla. Cuando se identifica los modos de fallo también deben de registrarse, en otras palabras lo que pasaría si ocurriera. Deben registrarse y permite decidir la importancia de cada falla por ende se analiza el mantenimiento que necesita. (SAE JA1012, 2002).

2.7.2.5 Consecuencia de Falla. Los efectos que pueden provocar un modo de falla o una falla múltiple (evidencia de falla, impacto en la seguridad, en el ambiente, en la capacidad operacional, en los costos de reparación directos e indirectos). (SAE JA1012, 2002).

2.8 Tareas de Mantenimiento.

Las actividades de mantenimiento a ejecutar se clasifican en dos grandes grupos, las actividades preventivas y las actividades correctivas, estas últimas se ejecutan solo en caso de no encontrar una actividad efectiva de mantenimiento preventivo.

2.8.1 Tareas Preventivas a Base de la Condición. Las realizamos después de verificar en que condición se encuentran los equipos y solo dicha condición indica que la reparación sea necesaria.

En estos casos buscamos Restaurar o Cambiar el elemento que produce el modo de fallo, antes de que ese modo de fallo produzca el fallo funcional. Con esto evitamos las consecuencias que el fallo funcional traería consigo si lo dejamos ocurrir, es decir evitamos “esperar el fallo” para corregirlo sólo después de ocurrido” (Grupo de Investigación y desarrollo del Mantenimiento en el Ecuador , 2015).

Nótese que no evitaremos la reparación ni los costos que ocasionará dicha reparación. Pero sí evitaremos las consecuencias que tendríamos si dejamos que el fallo ocurra.

2.9 Software de Mantenimiento

La Gestión de mantenimiento asistido por ordenador, también conocida por las siglas GMAO, es una herramienta de software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento de una empresa. Básicamente es una base de datos que contiene información sobre la empresa y sus operaciones de mantenimiento. Esta información sirve para que todas las tareas de mantenimiento se realicen de forma más segura y eficaz. También se emplea como herramienta de gestión para la toma de decisiones.

Las plataformas de gestión del mantenimiento asistido por computadora pueden ser utilizadas por cualquier organización que necesite gestionar el mantenimiento de sus equipos, activos y propiedades. Algunas de las soluciones existentes están enfocadas a mercados específicos (mantenimiento de flotas de vehículos, infraestructuras sanitarias, etc.) aunque también existen productos que enfocados a un mercado general.

El software ofrece una amplia variedad de funcionalidades, dependiendo de las necesidades de cada organización, existiendo en el mercado un gran rango de precios. Puede ser tanto accesible vía web, mientras que la aplicación se encuentra alojada en los servidores de la empresa que vende el producto o de un proveedor de servicios TI o accesible vía LAN si la empresa adquisidora del producto lo aloja en su propio servidor. (GARCÍA Olivero, 2012, p. 114)

2.9.1 Función

Las funciones principales de un software de gestión del mantenimiento son:

- La entrada, salvaguarda y gestión de toda la información relacionada con el mantenimiento de forma que pueda ser accesible en cualquier momento de uno u otro modo.
- Permitir la planificación y control del mantenimiento, incluyendo las herramientas necesarias para realizar esta labor de forma sencilla.

- Suministro de información procesada y tabulada de forma que pueda emplearse en la evaluación de resultados y servir de base para la correcta toma de decisiones.
- Las distintas aplicaciones comerciales inciden más o menos profundamente en cada uno de estos puntos, originando productos adecuados para todas las necesidades. Aunque conceptualmente un software de gestión del mantenimiento es un producto genérico, aplicable a cualquier tipo de organización, existen desarrollos específicos dirigidos a algunos sectores industriales.
- Estas herramientas también deben ser adecuadas independientemente de la metodología o filosofía empleada para la gestión del mantenimiento, si bien algunos productos ofrecen módulos especiales en este sentido para facilitar su implantación.

Otra tendencia muy importante en estos momentos es la posibilidad de conectar estas aplicaciones con los sistemas de gestión de la organización ERP o bien integrarlos completamente en estos, para facilitar el intercambio de información entre los diversos sectores implicados. (GARCÍA Olivero, 2012, p.120)

2.9.2 *Beneficios*

- Optimización de los recursos
- Laborales: Mejora de la planificación, seguimiento y aplicación.
- Materiales: Mayor disponibilidad, disminución de existencias, fácil localización.
- Mejoras en la calidad y productividad de la organización.
- Disminución de los tiempos de paro en elementos productivos. Mayor fiabilidad y disponibilidad.
- Información actualizada, inmediata de todos los componentes del proceso.
- Mejora de los procesos de actuación establecidos.
- Posibilidad de realizar estudios y anticipar cargas de trabajo o consumo de piezas.
- Conocimiento inmediato de los gastos originados por cualquiera de los elementos controlados.
- Ajuste de los planes de mantenimiento a las características reales.
- Permitir la participación en un TPM
- Trazabilidad del equipamiento.

- Posibilidad de implementar cualquiera de las metodologías de mantenimiento existentes.
- Mejor control de actividades subcontratadas.
- En general el control de cualquiera de los procesos implicados en el mantenimiento.

2.10 SisMAC (Sistema de mantenimiento asistido por computadora)

Años atrás se pensaba que el mantenimiento consistía solamente en reparar equipos cuando estos se dañaban, en nuestros días este concepto es obsoleto. En la actualidad se utiliza herramientas tecnológicas como es el software de mantenimiento que se ha convertido en un campo altamente especializado, estos programas suelen conocerse como GMAO (Gestión de mantenimiento asistida por ordenador).

En estos programas se requiere información inmediata en lo referente a: costos de mantenimiento, índices de mantenimiento, disponibilidad de equipos, fiabilidad, cronogramas de mantenimiento, etc. Para poder planificar, ejecutar y evaluar la administración y ejecución del mantenimiento.

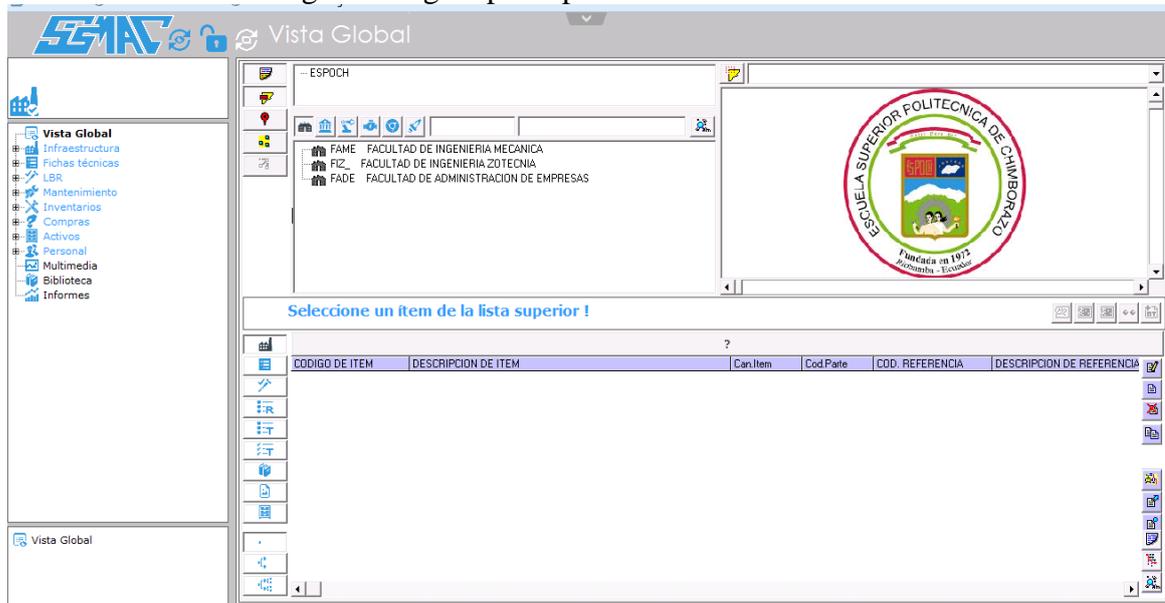
El SisMAC es un programa especializado en la gestión del mantenimiento. Esta herramienta informática permite automatizar, controlar y monitorear procesos de mantenimiento. Para alcanzar una mayor disponibilidad de todos los equipos, es un programa versátil, amigable con el usuario y se adapta fácilmente a las necesidades de cada empresa.

Este ha sido periódicamente actualizado en sus técnicas y conocimientos informáticos, se podría decir que se encuentra a la vanguardia del avance de la tecnología. El programa se enfoca en las siguientes áreas de Mantenimiento:

- Mantenimiento Mecánico.
- Mantenimiento Eléctrico.
- Mantenimiento Electrónico.
- Mantenimiento Informático.
- Mantenimiento Hidráulico.

El SisMAC es un software para la gestión del mantenimiento muy interactivo con gráficas, módulos, parámetros de gestión incluso en la actualidad con aplicación móvil.

Figura 3 Página principal del software SisMAC



Fuente: Sismac.net

2.10.1 Principales funciones SisMAC.

- Se puede asignar calendarios y programas de mantenimiento para cada una de las instalaciones.
- Permite desglosar los bienes - equipos con sus respectivos códigos de parte para facilitar los pedidos de compra.
- Permite vincular materiales, repuestos, herramientas existentes en bodega con cada uno de los equipos y asignarlos a cada una de las tareas de mantenimiento de los mismos.
- Permite crear vínculos con la documentación técnica (manuales, planos no digitalizados, etc.) que posee la empresa en su archivo técnico (biblioteca).
- Permite asignar a cada uno de los bienes / equipos información técnica computarizada como son: planos en AutoCAD, fotografías digitales, imágenes.
- Posee una poderosa herramienta de interfaz con otras aplicaciones, que permite vincular entre otras, la información de inventarios de bodega, la misma que debe estar disponible de manera permanente para una adecuada planificación de las actividades a realizar.

CAPÍTULO III

3. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD

3.1 Evaluación de los planes de mantenimiento existentes.

Plan de Mantenimiento de los Laboratorios de Mantenimiento Preventivo y de las áreas eléctricas.- Los Planes de Mantenimiento fueron desarrollados mediante tesis de grado los cuales se basan principalmente en los manuales del fabricante y recomendaciones generales de cada encargado de laboratorio, por lo que existe la necesidad de revisar esta información.

Los planes de mantenimiento existentes figura 4, van a ser analizados y evaluados con la finalidad de mejorar y crear un nuevo plan de mantenimiento el mismo que cubra todas las necesidades de todos los equipos y módulos.

Figura 4. Plan de Mantenimiento del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo vigente

		Tareas de mantenimiento	
Versión: 2013		LABORATORIO DE ANÁLISIS VIBRACIONAL	
#	Tarea	Ide.	Superficie
01	LIMPIEZA EXTERNA	a b	Pintura Mixto
#	Tarea	Ide.	Superficie
02	LIMPIEZA INTERNA	a b	Metálica Circuitos
#	Tarea	Ide.	Superficie
03	INSPECCIÓN	a b	Externa Interna
#	Tarea	Ide.	Tipo
04	LUBRICACIÓN O ENGRASE	a b	Externo Interno
#	Tarea	Ide.	Tipo
05	AJUSTES	a b	Internos Externos
#	Tarea	Ide.	Lugar
06	CONDICIONES AMBIENTALES	a b	Opera Almacena
#	Tarea	Ide.	Tipo
07	PRUEBAS FUNCIONALES	a b	Completa Por Partes.
#	Tarea	Ide.	Tipo
08	CORRECCIÓN DE SUPERFICIE	a b	Pintura Metálica
#	Tarea	Ide.	Partes
09	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	a b	Eléctricas Mecánicas 1. Rodamientos 2. Bandas 3. Acoples

Fuente: Tesis Mejía Pérez Diego 2014

Figura 5. Resumen de Frecuencias de Mantenimiento.

Área	Mantenimiento
Laboratorio de Máquinas Eléctricas	Cada 6 meses y 12 meses
Laboratorio de Electrotecnia	Cada 6 meses
Laboratorio de Electrónica	Cada 4 meses o recambio
Laboratorio de Vibraciones	Mantenimiento a demanda

Fuente: Mejía Pérez Diego 2014

El plan de mantenimiento de los laboratorios es muy generalizado por tal razón no es eficiente, el contexto operacional de cada laboratorio es diferente por lo cual no se puede realizar un solo plan de mantenimiento para todos estos, todos los equipos deben ser analizado previamente para saber que tareas deben realizarse, y brindarles un mantenimiento afín a su estado actual.

A continuación se analiza las tareas establecidas en este plan de mantenimiento:

- Limpieza interna esta tarea es muy general, para realizar un buen plan de mantenimiento se necesita ser más específico como detallar en qué área, sección se va a realizar la limpieza.
- Limpieza externa esta tarea se le puede realizar a todos los equipos debido a que los laboratorios siempre están expuestos al polvo.
- Inspección general de los equipos esta tarea ayuda a reconocer ruidos extraños, sobrecalentamiento, excesiva vibración de cada uno de los módulos, en vez de esta tarea es recomendable realizar una inspección para cada módulo y equipo.
- Lubricación es una tarea esencial para las máquinas rotativas pero en los laboratorios debemos ver la factibilidad de realizar este proceso ya que en algunos motores los rodamientos están sellados los cuales no permiten lubricarlos, en vez de esta tarea se aconseja generar una actividad para prevenir el deterioro del lubricante.
- Ajuste interno y externo esta tarea es muy generalizada se debe especificar donde y con qué frecuencia se la debe de realizar y que equipos la necesitan.
- Las tareas siguientes como, pruebas funcionales completa y por partes, corrección de superficie y mantenimiento correctivo eléctrico y mecánico no son tareas de mantenimiento preventivas ya que estas tareas mencionadas anteriormente son ya

tareas correctivas y deben ser replantearlas, el fin de realizar un plan de mantenimiento preventivo es tratar de evitar los modos de fallas.

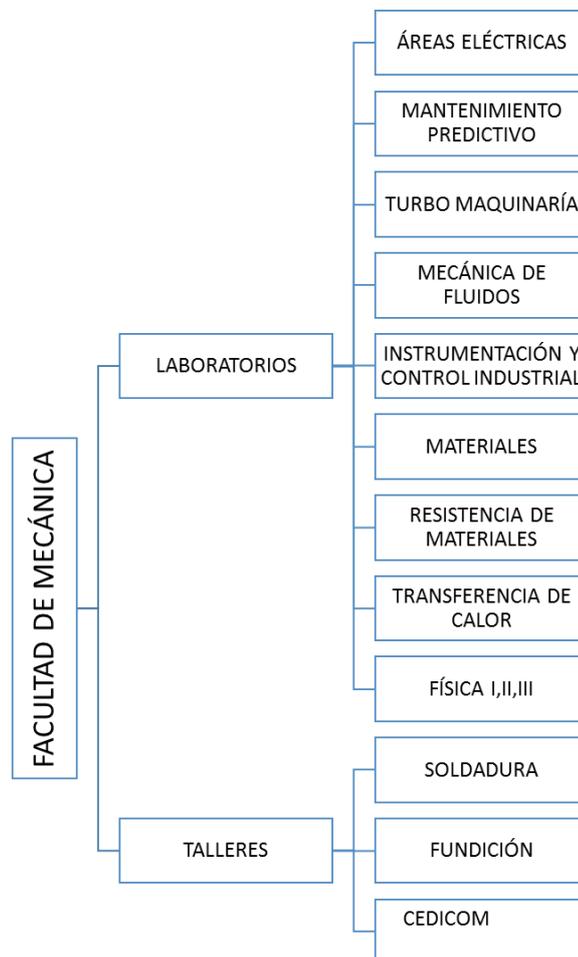
- El ítem número 6 menciona a las condiciones ambientales de operación esta no se considera una tarea de mantenimiento.

Luego de haber examinado cada una de las tareas del plan de mantenimiento existente se procede a realizar un nuevo plan de mantenimiento más completo enfocado a las necesidades y condiciones de los equipos, para lo cual se examina el estado actual de los mismos; y luego se procede a realizar el análisis del modo y efecto de falla (AMEF) de cada equipo y así determinar las tareas que realmente necesitan.

3.2 Listado de los equipos de los laboratorios.

La Facultad de Mecánica cuenta con los siguientes laboratorios y talleres:

Figura 6. Laboratorios y talleres de la Facultad de Mecánica



Fuente: Autor.

Los Laboratorios que se van a analizar son los de las áreas Eléctricas y el Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.

3.2.1 *Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.* Las actividades que se realizan en el laboratorio de mantenimiento predictivo comprenden: Análisis de vibraciones, análisis de termografía, alineación laser, análisis de ultrasonido para estas actividades existen diferentes equipos y máquinas que se detallan a continuación:

Tabla 1. Equipos del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo

 Laboratorio De Mantenimiento Predictivo			
Control de Bienes	Máquinas	Estado de Operatividad	Veces utilizadas en el semestre
59706	Motor banda	Operativo	3
59704	Motor bomba	Operativo	3
88467	Motor engrane	No Operativo	3
1784	Motor ventilador	Operativo	3
59705	Mecanismo de bandas	Operativo	3
59707	Mecanismo de alineación	Operativo	3
1783	Generador de vibraciones	Operativo	3
Sn- Cód.	Vibra espectro	Operativo	3
Sn- Cód.	Fugas de sistema de aire comprimido	Operativo	3

Fuente: Autor

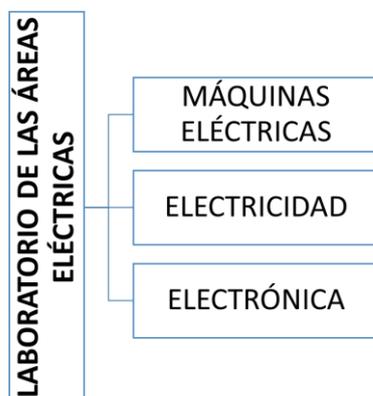
Tabla 2. Equipos del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo

 Laboratorio De Mantenimiento Predictivo			
Control de Bienes	Equipo	Estado de Operatividad	Veces utilizadas en el semestre
Sn- Cód.	Cámara termografía	Operativo	12
45876	Alineador laser (Optaling plus)	Operativo	12
Sn- Cód.	Calidad energética (Fluke II)	Operativo	12
Sn- Cód.	Vibracheck abg-200	Operativo	12
Sn- Cód.	Ultrasonido	Operativo	12
Sn- Cód.	Ultraprobe	Operativo	12

Fuente: Autor

3.2.2 *Laboratorio de las Áreas Eléctricas.* Los laboratorios de las áreas eléctricas se sub dividen en tres áreas esenciales para el estudio de la electricidad y electrónica los cuales están ubicados en las distintas escuelas de la Facultad, a estos se les va a detallar a continuación:

Figura 7. Laboratorio de las Áreas Eléctricas



Fuente: Autor

3.2.2.1 *Laboratorio de Máquinas Eléctricas.* Las actividades que se realizan en el laboratorio de máquinas eléctricas comprenden:

Prácticas para simular y analizar los circuitos de potencia con motores eléctricos sus distintos tipos de conexiones, tipo de arranques etc, circuitos para analizar el funcionamiento de transformadores. Este laboratorio cuenta con las siguientes máquinas y equipos que son:

Tabla 3. Equipos del Laboratorio de Máquinas Eléctricas

 Laboratorio De Máquinas Eléctricas		
Equipo	Estado de Operatividad	Veces utilizadas en el semestre
Banco de Pruebas para arrancadores de motores	Operativo	10
Banco de Pruebas para tipo de arranque de motores	Operativo	10
Banco automático para medidas eléctricas	Operativo	10
Banco de pruebas motor CC Y generadores Sincrónico	Operativo	10
Banco de pruebas motor asincrónico y trifásicos	Operativo	10
Banco de pruebas de transformadores	Operativo	10

Fuente: Autor

3.2.2.2 *Laboratorio de Electricidad.* Las actividades que se realizan en el laboratorio de electricidad comprenden: conexión de circuitos eléctricos con sus respectivas mediciones de voltaje corriente y potencia, se simula cargas de eficiencia energética, este laboratorio cuenta con las siguientes máquinas y equipos:

Tabla 4. Equipos del Laboratorio de Electricidad

 Laboratorio De Electricidad		
EQUIPO	Estado de Operatividad	Veces utilizadas en el semestre
Banco de pruebas de circuitos con resistencias serie paralelo	Operativo	8
Banco de pruebas para realizar conexiones de medidores	Operativo	8
Módulo de motor asincrónico jaula de ardillas	Operativo	8

Fuente: Autor

3.2.2.3 *Laboratorio de Electrónica.* Las actividades que se realizan en el laboratorio de electrónica están destinadas a simular los diferentes circuitos electrónicos para permitir tomar las distintas mediciones de los circuitos como la intensidad, voltaje.

Tabla 5. Equipos del Laboratorio de Electrónica

 Laboratorio De Electrónica			
Código	Equipos	Estado de Operatividad	Veces utilizadas en el semestre
93687 a 93692	Módulos de Alimentación	Operativo	8
Sn- Cód.	Osciloscopio	Operativo	8

Fuente: Autor

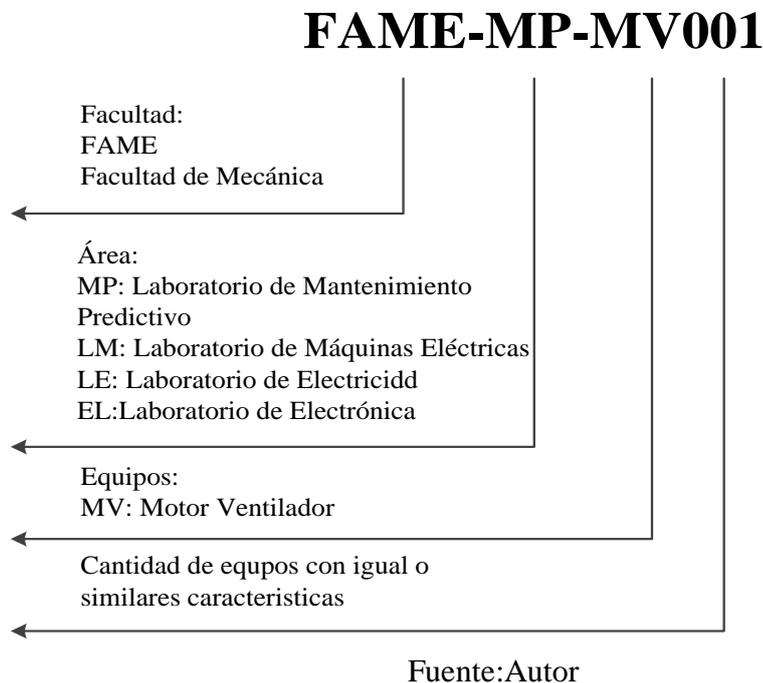
3.3 Codificación de equipos

Para la codificación de los Laboratorios de las Áreas Eléctricas y el Laboratorio de Mantenimiento Predictivo se asigna combinaciones alfa–numéricas a cada equipo, para una ubicación rápida, secuencial, y lógica dentro de los laboratorios.

En la codificación de cada equipo y máquina que conforman los distintos laboratorios de la Facultad de Mecánica, se debe utilizar la estructura de codificación del software de Gestión de Mantenimiento SisMAC, además se recomienda que esta codificación sea de

uso interno de la facultad e independiente al código de la Unidad de Control de Bienes de la ESPOCH.

Figura 8. Codificación de Laboratorios



Para la codificación de los equipos de la Facultad de Mecánica se establece la siguiente estructura:

3.3.1 *Ubicación.* Es el primer nivel; abarca la facultad, administraciones, servicios presentes dentro de las instalaciones compuesta por cuatro letras que los identifique.

Facultad de Mecánica **FAME**

3.3.2 *Área.* Es el segundo nivel dentro de la codificación comprende los laboratorios, escuelas, oficinas y demás espacios dentro de cada facultad, se caracteriza por dos letras.

Laboratorio de Mantenimiento Predictivo **LP**

3.3.3 *Sistema.* Es el grupo al cual pertenece el equipo o máquinas previamente clasificadas dentro de cada uno de los talleres y laboratorios.

Motor ventilador **MV**

3.3.4 *Número de sistemas.* Cantidad de sistemas con similares o iguales características de acuerdo a la clasificación previamente realizada, basados en números de dos cifras.

Motor ventilador **MV01**

Con lo expuesto anteriormente se detalla la codificación de todos los equipos.

Tabla 6. Codificación del Laboratorio de Electricidad.

 Laboratorio De Electricidad	
Equipos	Código SisMAC
Banco de pruebas de circuitos con resistencias serie paralelo	FAME-LE-SP01
Banco de pruebas para realizar conexiones de medidores	FAME-LE-CM01
Módulo de motor asincrónico jaula de ardillas	FAME-LE-JA01

Fuente: Autor

Tabla 7. Codificación del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo

 Laboratorio de mantenimiento Predictivo	
Equipo	Código SisMAC
Motor Banda	FAME-MP-BA01
Motor Bomba	FAME-MP-BO01
Motor Engrane	FAME-MP-ME01
Motor Ventilador	FAME-MP-MV01
Mecanismo de Bandas y Poleas	FAME-MP-BP01
Mecanismos de Alineación	FAME-MP-MA01
Generador de Vibraciones	FAME-MP-GV01
Vibra Espectro	FAME-MP-VE01
Fugas de sistemas de aire	FAME-MP-SA01

Fuente: Autor

Tabla 8. Codificación del Laboratorio de Electrónica.

 Laboratorio De Electrónica	
Equipos	Código SisMAC
Módulos de alimentación	FAME-EL-MA01
Osciloscopio	FAME-EL-OS01

Fuente: Autor

Tabla 9. Codificación del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo

 Laboratorio de mantenimiento Predictivo	
Equipo	Código SisMAC
Cámara Termográfica	FAME-MP-CT01
Alineador Laser (Optaling Plus)	FAME-MP-AL01
Calidad Energética (Fue II)	FAME-MP-CE01
Vibracheck ABG-200	FAME-MP-VB01
Ultrasonido	FAME-MP-UT01

Fuente: Autor

Tabla 10. Codificación del Laboratorio de Máquinas Eléctricas

 Laboratorio De Máquinas Eléctricas	
Equipos	Código SisMAC
Banco de Pruebas para arrancadores de motores	FAME-ME-AM01
Banco de Pruebas para tipo de arranque de motores	FAME-ME-AT01
Banco automático para medidas eléctricas	FAME-ME-BA01
Banco de pruebas motor CC Y generadores Sincrónico	FAME-ME-BC01
Banco de pruebas motor asincrónico y trifásicos	FAME-ME-MA01
Banco de pruebas de transformadores	FAME-ME-PT01

Fuente: Autor

3.4 Ficha Técnica de Máquinas y Equipos.

En la gestión de mantenimiento uno de los puntos más importantes es la elaboración de la ficha técnica de los equipos, para la manipulación y la elaboración del plan de mantenimiento de los equipos y máquinas, la información que se saque en esta ficha es un punto de referencia para la elaboración de trabajos de mantenimiento.

La elaboración de esta ficha consiste en redactar dentro de campos previamente establecidos las diferentes características de los equipos y máquinas dentro de los laboratorios y talleres de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

Ésta contiene la siguiente información: marcas, modelos, materiales, país de fabricación, capacidades de los equipos, dimensiones, materiales, rangos de operación, etc.

Algunos puntos pueden o no estar dentro de la ficha ya que estos deben adaptarse a la

información que se tenga dependiendo del taller o laboratorio.

Tabla 11. Ficha Técnica Motor –Banda.

	Motor Banda		Ficha: 1:1	
	Datos Técnicos		Sección:	
	ESPOCH		Lab. Mant. Predictivo	
	Facultad De Mecánica			
Equipo	Datos Técnicos			
Volante chumacera eje motor de cc sistema de bandas	Marca	Modelo	Serie	
	Weg	1umoic4nxx	11020	
	Color	Código	País de Fabric	
	plomo-	59706	Brasil	
	Características Generales			
	Motor cc			
	Pf: 0.71	Ph: 1	RPM: 3520 RPM	Volt: 110/ 220 V
	Intensidad: 14.20/7.10 A		Potencia: 1 kW	Frecuencia: 60 Hz
	Volante: 20 cm diámetro			

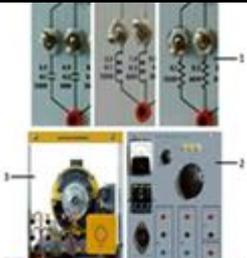
Fuente: Autor

Tabla 12. Ficha Técnica Alineador Laser.

	Alineador Laser		Ficha: 1:11
	Datos Técnicos		Sección:
	ESPOCH		Lab. Mant. Predictivo
	Facultad De Mecánica		
Equipo	Datos Técnicos		
Fijaciones, Transductor, Reflector, Unidad de control	Marca	Modelo	Serie
	OPTALING PLUS	XXXX	XXXX
	Color	Código	Año de Fabricación
	Negro	Sin Código	XXXX
	Características Generales		
	Soporta comunicación bidireccional		
	Optimiza las correcciones de alineación		
	Copia archivos de medición en una archivo		
	Imprime la alineación personalizada		
	informes con logotipo de la empres		

Fuente: Autor

Tabla 13. Ficha Técnica Banco de Prueba para Arrancadores de Motores.

	Banco De Prueba Para Arrancadores De Motores		Ficha: 2:1
	Datos Técnicos		Sección:
	ESPOCH		Maquinas Eléctricas
	Facultad De Mecánica		
Equipo	Datos Técnicos		
Arrancador CC, Voltímetro y Amperímetro, Motor CC	Marca	Modelo	Serie
	LAB-VOLT.	EMS 8412 – 2	XXXX
	Color	Código	Año de fabricación
	Gris	93688	14/11/1984
	Características Generales		
	Motor Volt. 208 V		Corriente: 1,3 A
	RPM.1500		
	Fuente Ten línea: 120/208 V		Frecuencia 60 Hz
	Corriente línea: 15 A		
	Arrancador Corriente: 9 A Corriente de campo: 1,25 A		
Voltaje: 208 V - 120 V CC			
Voltímetro y Amperímetro CC Vol. 0 - 20 / 200 V			
Miliamperímetro: 0-500 mA			

Fuente: Autor

Tabla 14. Ficha Técnica Banco de prueba circuitos eléctricos serie y paralelo.

	Circuitos Eléctricos Serie Y Paralelo		Ficha: 3:1
	Datos Técnicos		Sección:
	ESPOCH		Laboratorio De Electricidad
	Facultad De Mecánica		
Equipo	Datos Técnicos		
Módulo de alimentación Miliamperímetro voltímetro Resistencias	Marca	Modelo	Serie
	LAB-VOLT.	EMS 8255	XXXXXX
	Color	Código	Año de fabricación
	Amarilla	8755	01/09/1979
	Características Generales		
	Fuente		
	Tención línea.: 120/208 V – 60 Hz Corr. lín: 15 A		
	Carac. red: 20 A; trifásica; de 5 conductores conectados en estrella; incluyendo el neutro y tierra		
	Resistencias 40W 10ohmios a1000ohmios		
	Volt: 0 - 20 / 200 V		
Miliamperímetro 0-500 mA			

Fuente: Autor

Tabla 15.Ficha Técnica Osciloscopio.

	Osciloscopio		Ficha: 4:2
	Datos Técnicos		Sección:
	ESPOCH		Laboratorio De Electrónica
	Facultad De Mecánica		
Equipo			
Voltios/Div Canal Pantalla Tiempo/Div	Datos Técnicos		
	Marca	Modelo	Serie
	LAB-VOLT.	XXXXXX	XXXXXX
	Color	Código	Año de fabric
	Plomo	792	12/09/2014
Características Generales			
Volt: 0.200V Intensidad: 7 A Frecuencia 60HZ			

Fuente: Autor

Todas las fichas técnicas se encuentran cargadas al software de mantenimiento SisMAC, y también se las puede encontrar en el anexo C.

3.5 Estado Técnico de los Equipos

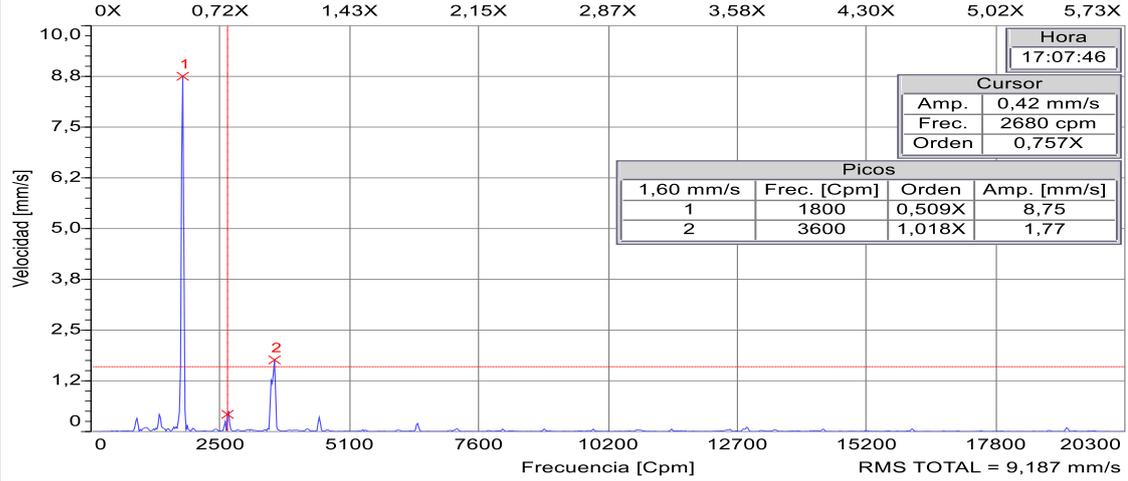
Antes de realizar el análisis del estado actual de los equipos debemos tener claro el contexto operacional de los mismos, por ejemplo, dos activos idénticos en dos distintos talleres o laboratorios no van a tener el mismo plan de mantenimiento porque su contexto operacional es diferente.

Se determina el estado técnico de los laboratorios de las áreas Eléctricas y del laboratorio de mantenimiento predictivo, con el fin de saber las condiciones técnicas y funcionales que presentan actualmente los equipos.

Partiendo del estado técnico actual se tiene una idea más clara de lo que es necesario para realizar un mantenimiento adecuado.

Para llegar al estado técnico actual de los equipos se debe realizar inspecciones visuales, técnicas, utilizando técnicas predictivas de mantenimiento (Análisis de vibraciones, Termografía) según el contexto operacional de cada uno de los equipos.

Tabla 16.Estado Técnico Motor Banda

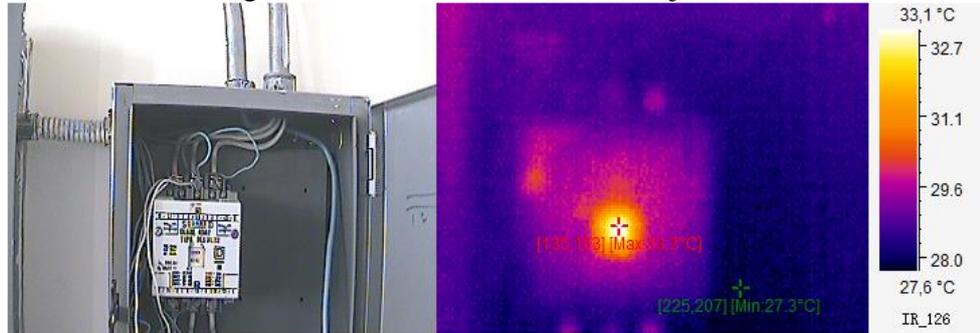
	Evaluación Técnico Motor Banda				Laboratorio de Mantenimiento Predictivo	
	Marca: WEG 1UMOIC4NXX Código de control de bienes: 59706 Código técnico: FAME-MP-BA01 Responsable: Ing. Eduardo Hernández					
Información	Manuales		Planos		Repuestos	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
		X		X		X
Estado Técnico						
						
Conclusión	<p>La velocidad del motor es de 2567RPM tiene una amplitud de 0,42mm/s, la velocidad de la polea es de 1783RPM su amplitud es 8,75mm/s, este equipo tiene una polea para tensar a la banda la velocidad es de 3455RPM la amplitud es de 1,77mm/s; se evidencia que el espectro predominante es el de la polea. El equipo presenta un desbalanceo. La Vibración total en RMS es de 9,187mm/s.</p>					
Estado del Equipo	<p>Mediante el análisis del espectro con ayuda de las cartas de Charlot este equipo esta óptimo para realizar las prácticas de desbalanceo.</p>					

Fuente: Autor

Para revisar las demás fichas técnicas ir a anexo D

3.2 Estado Técnico actual de los Equipos del laboratorio de Maquinas Eléctricas electrónica y electricidad.- En este laboratorio se realizó termografía y en los motores análisis de vibraciones, en cada módulo se utiliza los mismos equipos por lo cual se realiza un análisis general de todo el laboratorio.

Figura 9. Análisis Técnico de la Caja



Fuente: Autor

Tabla 17. Análisis de Termografía de la caja

Temp. Mínima	27,3°C
Emisividad	0,95
Temp. Máxima	33,3°C
Distancia	1M
Temp. Ambiente	18°C
ΔT (TO-T1)	15,3°C
Sobrecalentamiento normal por el uso	

Fuente: Autor

Figura 10. Análisis Técnico de la las resistencias



Fuente: Autor

Tabla 18. Análisis Técnico de las resistencias

Temp. Mínima	28,3°C
Emisividad	0,95
Temp. Máxima	208,°C
Distancia	1m
Temp. Ambiente	18°C
ΔT (To-T1)	179,7°C
Sobrecalentamiento normal por el uso	

Fuente: Autor

Figura 11. Análisis Técnico de las conexiones de Amperímetro y Voltímetro



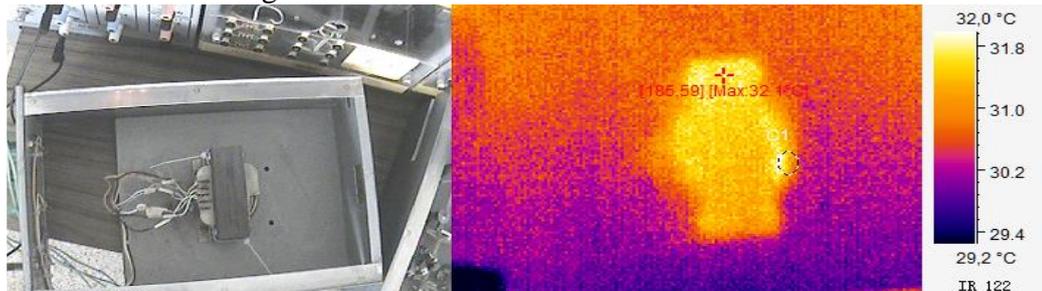
Fuente: Autor

Tabla 19. Análisis Técnico de las conexiones de Amperímetro y Voltímetro

Temp. Mínima	28,1°C
Emisividad	0,95
Temp. Máxima	33,8°C
Distancia	1m
Temp. Ambiente	18°C
ΔT (To-T1)	15,8°C
Sobrecalentamiento en terminales	
Terminales Flojos	

Fuente: Autor

Figura 12. Análisis Técnico de Transformador



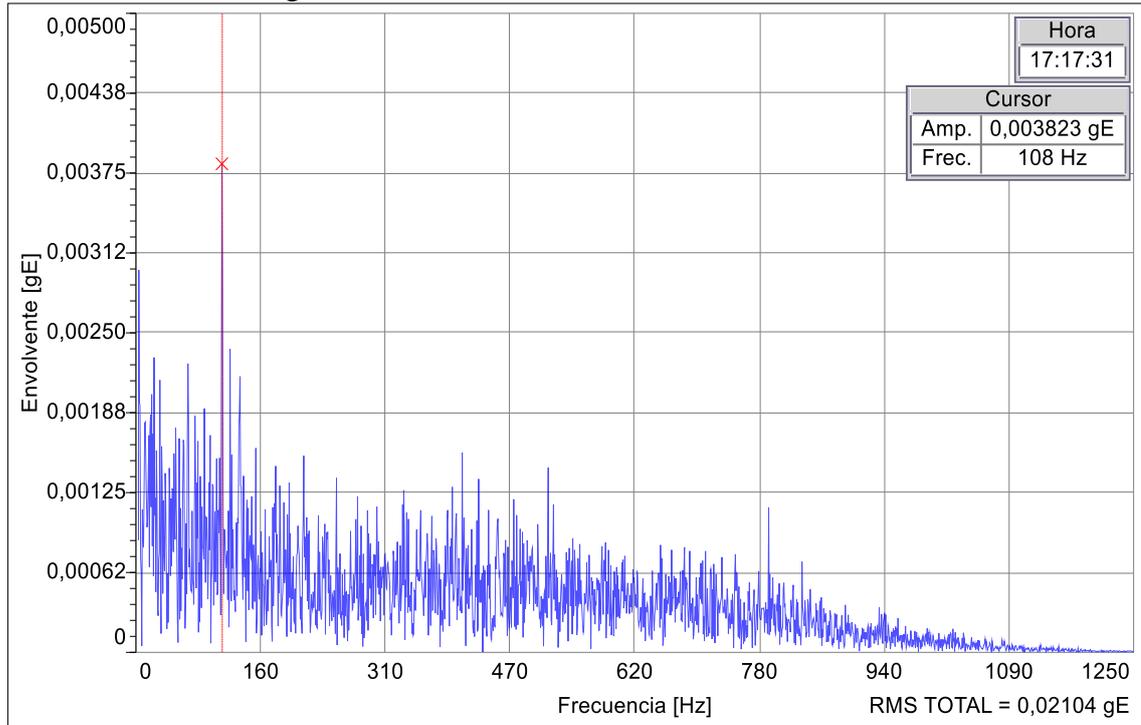
Fuente: Autor

Tabla 20. Análisis Técnico de Transformador

Temp. Mínima	28,6°C
Emisividad	0,95
C1: Max Temp.	32,1°C
Temp. Máxima	32,1°C
Distancia	1m
Temp. Ambiente	18°C
ΔT (To-T1)	14,1°C
Sobrecalentamiento normal por el uso	

Fuente: Autor

Figura 13. Análisis de vibraciones de los motores



Fuente: Autor

El espectro de envolvente nos muestra que el lubricante de los rodamientos ya a llegado al fin de su vida útil, si el uso no es continuo como en este caso, se puede operar normalmente, se debe de incorporar un análisis de vibraciones rutinario, y cuando los rodamientos se encuentren en la fase tres se deberá realizar un cambio.

Tabla 21. Estado técnico Banco de pruebas para arrancadores de motores.

		Evaluación Banco De Pruebas Para Arrancadores De Motores		Laboratorio De Máquinas Eléctricas		
Marca: LAB-VOLT. EMS 8331-2						
Código de control de bienes: 93687						
Código técnico: FAME-ME-AM01						
Responsable: Tlgo. Marcelo Chugñay						
Información	Manuales		Planos		Repuestos	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
		X		X		X
Conclusión			Sobrecalentamiento normal Terminales Flojos Motores inicio de falla de los rodamientos			
Estado del Equipo			Mediante el análisis de las tablas de severidad se evidencia que el equipo tiene un Funcionamiento aceptable			

Fuente: Autor

Tabla 22. Estado técnico Banco de pruebas de circuitos con resistencias serie paralelo.

		Evaluación Circuitos Con Resistencias Serie Paralelo				Laboratorio De Electricidad	
Marca: LAB-VOLT. EMS 8341-2							
Código de control de bienes: 93687							
Código técnico: FAME-LE- SP01							
Responsable: Tlgo. Marcelo Chunga							
Información	Manuales		Planos		Repuestos		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
		X		X		X	
Conclusión			Sobrecalentamiento normal Terminales Flojos Motores inicio de falla de los rodamientos				
Estado del Equipo			Mediante el análisis de las tablas de severidad se evidencia que el equipo tiene un Funcionamiento aceptable				

Fuente: Autor

Tabla 23. Estado técnico Osciloscopio.

		Evaluación Osciloscopio				Laboratorio De Electrónica	
Marca: LAB-VOLT. EMS 8341-2							
Código de control de bienes: 93687							
Código técnico: FAME-EL-OS01							
Responsable: Tlgo. Marcelo Chunga							
Información	Manuales		Planos		Repuestos		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
		X		X		X	
Conclusión			Sobrecalentamiento normal				
Estado del Equipo			Mediante el análisis de las tablas de severidad se observa que el equipo Óptimas condiciones para las prácticas				

Fuente: Autor

3.6 Matriz de criticidad

La matriz de criticidad permite priorizar los programas y planes de mantenimiento de tal modo que se podrá determinar la rigurosidad con que se mantendrá a un determinado equipo.

Con lo que permitirá delimitar y especificar el tipo de actividad a realizarse e incluso se podría disponer posibles modificaciones menores.

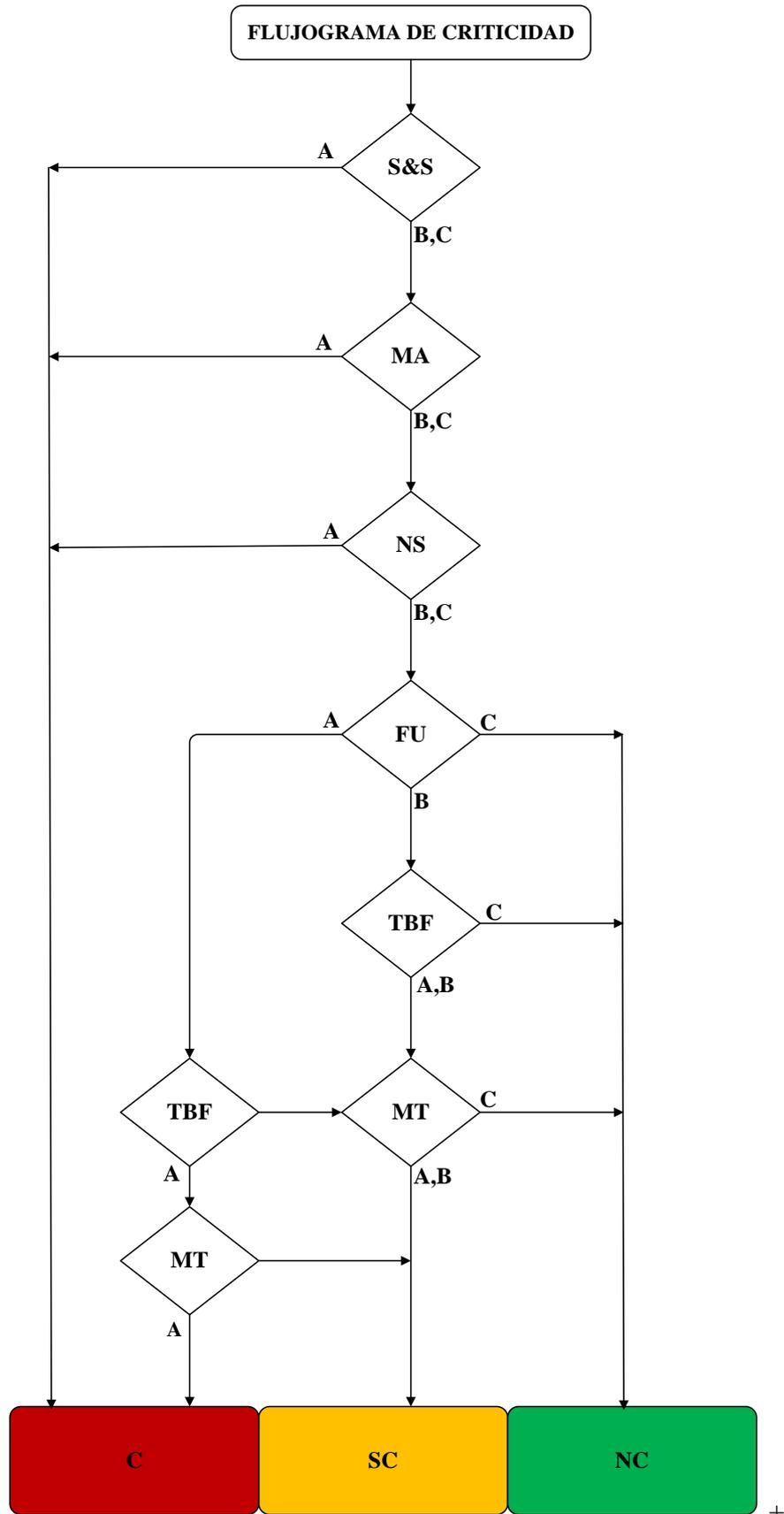
Para realizar el análisis de criticidad se toma en cuenta la matriz y el flujograma de criticidad estos se mencionan a continuación:

Tabla 24. Matriz de Criticidad.

Matriz De Criticidad			
Causas de paradas no planeadas			
Área de impacto	A Riesgo Alto	B Riesgo Medio	C Riesgo Bajo
Seguridad y salud (SS)	Alto riesgo de vida del personal	Riesgo de vida significativa del personal	No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal
	Daños graves en la salud del personal	Daños menores en la salud del personal	No existe daño en la salud del personal
Medio ambiente (MA)	Alto excedente de los límites permitidos de derrames y fugas	Excedente de los límites permitidos y repetitivos de derrames y fugas	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos
Operación del equipo			
Área de impacto	A Riesgo Alto	B Riesgo Medio	C Riesgo Bajo
Nivel de susceptibilidad al daño (NS)	Muy susceptible al daño	Nivel medio de susceptibilidad	No es muy susceptible al daño
Frecuencia de utilización (FU)	Más de 3 veces al semestre	De 1 – 2 veces utilizados al semestre	No se utiliza ninguna vez en el semestre
Intervalos entre actividades (TBF)	Menos de 1 año	Cada 2 años	3 años o más
Tiempo y costo de mantenimiento (MT)	Tiempo y/o costo de reparación altos	Tiempo y/o costos de reparación razonable	Tiempo y/o costos de reparación irrelevantes

Fuente: Autor

Figura 14. Matriz de Criticidad



Fuente: Autor

3.6.1 *Especificaciones de detalle de Costos de Mantenimiento de los laboratorios.* Para la matriz de criticidad en el área de impacto de tiempos y costos de mantenimiento, se realiza la clasificación de los elementos y equipos con base en los costos de mantenimiento. Esto ayuda a ubicarles en riesgo alto, medio, bajo los cuales se detallan a continuación:

Tabla 25. Impacto de tiempo y costos de mantenimiento

Riesgo	Detalle	Elementos
Alto	Van a ser altos los costos cuando se haga un Recambio	Motores, compresor, CPU Equipos de análisis Técnico
Medio	Los costos serán medios se haga cambios de los elementos.	Contactares, fusibles, cambiado de cable, lubricante, etc.
Bajo	Los costos serán bajos cuando se realice limpiezas e inspecciones.	Waype, agua otros.

Fuente: Autor

3.6.2 *Análisis De Criticidad del Laboratorio De Mantenimiento Predictivo.* De acuerdo al flujograma de criticidad se evalúa a los siguientes equipos: Motor Bomba, Motor Banda, Mecanismo de Bandas y Poleas, Generador de Vibraciones, Motor Acople, Mecanismos de Alineación, Motor Engrane, Fugas de sistemas de aire.

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** En este nivel no existe riesgo de seguridad y salud
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** En este nivel no existe riesgo de medio ambiente
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Tiene un nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (A)** Se utiliza más de tres veces al semestre
- Intervalos entre actividades (TBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (B)** Tiempos y costos de reparación medios.

Con el análisis respectivo se observa que estos equipos se encuentran en la categoría de semi críticos, para ello se requiere realizar un plan de mantenimiento.

Tabla 26. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.

Equipo	Código	SS	MA	NS	FU	TBF	MT	Crit.
Motor Banda	FAME-MP-BA01	C	C	B	A	B	B	SC
Motor Bomba	FAME-MP-BO01	C	C	B	A	B	B	SC
Mecanismo de Bandas y Poleas	FAME-MP-BP01	C	C	B	A	B	B	SC
Generador de Vibraciones	FAME-MP-GV01	C	C	B	A	B	B	SC
Motor Acople	FAME-MP-MA01	C	C	B	A	B	B	SC
Mecanismos de Alineación	FAME-MP-MB01	C	C	B	A	B	B	SC
Motor Engrane	FAME-MP-ME01	C	C	B	A	B	B	SC
Motor Ventilador	FAME-MP-MV01	C	C	B	A	B	B	SC
Fugas de sistemas de aire	FAME-MP-SA01	C	C	B	A	B	B	SC
Critico	C							
Semi – Critico	SC							
No Critico	NC							

Fuente: Autor

De acuerdo al flujograma de criticidad se evalúa a los siguientes equipos: Cámara Termográfica, Alineador Laser (Optaling Plus), Calidad Energética (Fue II), Vibracheck ABG-200, Ultrasonido.

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** En este nivel no existe riesgo de seguridad y salud
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** En este nivel no existe riesgo de medio ambiente
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (A)** todos los equipos son muy susceptible al daño.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (A)** Se utilizan más de tres veces al semestre
- Intervalos entre actividades (TBF) **Riesgo Medio (A)** En promedio cada año.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación Altos.

Con el análisis respectivo se observa que estos equipos se encuentran en la categoría críticos, para ello se requiere realizar un plan de mantenimiento

Tabla 27. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.

Equipo	Código	SS	MA	NS	FU	TBF	MT	Criti
Cámara termo grafica	FAME-MP-CT01	C	C	A	A	A	A	C
Alineador Laser (Optaling plus)	FAME-MP-AL01	C	C	A	A	A	A	C
Calidad Energética (fuke II)	FAME-MP-CE01	C	C	A	A	A	A	C
Vibracheck ABG-200	FAME-MP-VB01	C	C	A	A	A	A	C
Ultrasonido	FAME-MP-UT01	C	C	A	A	A	A	C
Critico	C							
Semi – Critico	SC							
No Critico	NC							

Fuente: Autor

3.6.3 *Análisis de Criticidad del Laboratorio de Maquinas Eléctricas.* De acuerdo al flujograma de criticidad se evalúa a los siguientes equipos: Banco de Pruebas para arrancadores de motores, Banco de Pruebas para tipo de arranque de motores, Banco automático para medidas eléctricas, Banco de pruebas motor CC Y generadores Sincrónico, Banco de pruebas motor asincrónico y trifásicos, Banco de pruebas motor y generadores CC, Banco de pruebas de transformadores, Torrecilla de Alimentación.

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** En este nivel no existe riesgo de seguridad y salud
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** En este nivel no existe riesgo de medio ambiente
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Tiene un nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (A)** Se utiliza más de tres veces al semestre
- Intervalos entre actividades (TBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (B)** Tiempos y costos de reparación medios.

Con el análisis respectivo se observa que estos equipos se encuentran en la categoría de semi críticos, para ello se requiere realizar un plan de mantenimiento

Tabla 28. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Máquinas Eléctricas.

Equipo	Código	SS	MA	NS	FU	TBF	MT	Critic
Banco de Pruebas para arrancadores de motores	FAME-ME-AM01	C	C	B	A	B	B	SC
Banco de Pruebas para tipo de arranque de motores	FAME-ME-AT01	C	C	B	A	B	B	SC
Banco automático para medidas eléctricas	FAME-ME-BA01	C	C	B	A	B	B	SC
Banco de pruebas motor CC Y generadores Sincrónico	FAME-ME-BC01	C	C	B	A	B	B	SC
Banco de pruebas motor asincrónico y trifásicos	FAME-ME-MA01	C	C	B	A	B	B	SC
Banco de pruebas de transformadores	FAME-ME-PT01	C	C	B	A	B	B	SC
Critico	C							
Semi – Critico	SC							
No Critico	NC							

Fuente: Autor

3.6.4 *Análisis De Criticidad del Laboratorio de Electrónica.* De acuerdo al flujograma de criticidad se evalúa a los siguientes equipos: Módulos de Alimentación.

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** En este nivel no existe riesgo de medio ambiente
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (A)** Se utilizan más de tres veces al semestre
- Intervalos entre actividades (TBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (B)** Tiempos y costos de reparación razonables.

Con el análisis respectivo se observa que estos equipos se encuentran en la categoría de semi críticos, para ello se requiere un plan de mantenimiento

De acuerdo al flujograma de criticidad se evalúa a los siguientes equipos: Osciloscopio

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo de seguridad y salud

- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** En este nivel no existe riesgo de medio ambiente
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (A)** muy susceptible al daño.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (A)** Se utilizan más de tres veces al semestre
- Intervalos entre actividades (TBF) **Riesgo Medio (A)** En promedio cada año.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación Altos.

Con el análisis respectivo se observa que estos equipos se encuentran en la categoría críticos, para ello se requiere realizar un plan de mantenimiento

Tabla 29. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Electrónica.

EQUIPO	CÓDIGO	S&S	MA	NS	FU	TBF	MT	CRITIC
Módulos de alimentación	FAME-LE-MA01	C	C	B	A	B	B	SC
Osciloscopio	FAME-LE-OS01	C	C	A	A	A	A	C
Critico	C							
Semi – Critico	SC							
No Critico	NC							

Fuente: Autor

3.6.5 *Análisis De Criticidad del Laboratorio de Electricidad* De acuerdo al flujograma de criticidad se evalúa a los siguientes equipos:

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** En este nivel no existe riesgo de medio ambiente
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (A)** Se utilizan más de tres veces al semestre
- Intervalos entre actividades (TBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (B)** Tiempos y costos de reparación razonables.

Con el análisis respectivo se observa que estos equipos se encuentran en la categoría de semi críticos, para ello se requiere realizar un plan de mantenimiento

Tabla 30. Análisis de Criticidad de Laboratorio de Electricidad.

EQUIPO	CÓDIGO	SS	MA	NS	FU	TBF	MT	CRITI
Banco de pruebas con Autotransformadores	FAME-LE-AT01	C	C	B	A	B	B	SC
Banco de pruebas con transformadores	FAME-LE-BT01	C	C	B	A	B	B	SC
Banco de pruebas para realizar conexiones de medidores	FAME-LE-CM01	C	C	B	A	B	B	SC
Módulo de motor asincrónico jaula de ardillas	FAME-LE-JA01	C	C	B	A	B	B	SC
Banco de pruebas con contactares	FAME-LE-PC01	C	C	B	A	B	B	SC
Crítico	C							
Semi- crítico	SC							
No Crítico	NC							

Fuente: Autor

3.7 Contexto Operacional.

El Laboratorio de Mantenimiento Predictivo está ubicado en el edificio de los laboratorios de la Facultad de Mecánica en la planta baja, aula número uno, los laboratorios de las áreas eléctricas están ubicados en el edificio de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

Estos fueron creados con la finalidad de fortalecer en los estudiantes los conocimientos adquiridos en las aulas de la Facultad de Mecánica a través de las prácticas y manejo de los diferentes equipos; éstos funcionan en un nivel de temperatura promedio entre los 15° C y 20° C en un ambiente seco propio de la serranía ecuatoriana, idóneo para el normal funcionamiento de los equipos.

En este trabajo de titulación se ha recolectado datos esenciales de cada equipo para la elaboración de las fichas técnicas las cuales servirán a futuro como fuente de información, además se establece las veces de utilización en el semestre de cada laboratorio, estas frecuencias son:

- Módulos de laboratorio de mantenimiento predictivo 3 veces al semestre
- Equipos de análisis de técnicas predictivas 12 veces al semestre
- Módulos de laboratorio de Maquinas Eléctricas 10 veces al semestre
- Módulos de laboratorio de Electricidad 8 veces al semestre
- Módulos del laboratorio de electrónica 8 veces al semestre

Todos los laboratorios cuentan con dispositivos de seguridad, estos poseen una caja de control que tiene un mecanismo de encendido y apagado para detener de inmediato si ocurre alguna falla en los módulos, al igual los laboratorios cuenta con una caja de breakes cuando hay alguna sobre corriente este mecanismo de protección salta dejando sin energía a todo el laboratorio.

Figura 15. Laboratorio de Maquinas Eléctricas.



Fuente: Autor

Figura 16. Laboratorio de electricidad



Fuente: Autor

Figura 17. Laboratorio de Electrónica



Fuente: Autor

Figura 18. Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.



Fuente: Autor

3.8 AMEF (Análisis de modo y efecto de Falla)

El análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), nos permite identificar fallas potenciales de un producto, proceso, o servicio a partir de un análisis de cómo se da el origen de las fallas, su efecto, su consecuencia y soluciones a las fallas, priorizado actividades más urgentes.

Para la elaboración del AMEF se debe tomar en cuenta varios parámetros, detallados a continuación:

- Función
- Falla funcional
- Modo de falla
- Efecto de modo de falla
- Consecuencia del modo de falla

A continuación se muestra detalladamente la elaboración del AMEF para cada uno de los equipos de los diferentes laboratorios.

Tabla 31. AMEF del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo del equipo motor banda

	AMEF Laboratorio De Mantenimiento Predictivo		Responsable: Ing. Eduardo Hernández				
			Área: Mantenimiento Predictivo				
			Elaborado: Nataly Haro				
Equipo	Función	Falla funcional	Modo de falla		Efecto de falla	Consecuencia.	
Motor Banda FAME- MP-BA01	1	A	No simula los efectos de desbalanceo de poleas	1	Bornera flojo	Vista	Operacional
				2	Contactos flojos	Ruido	Operacional
				3	Desgaste de la estructura	Ruido	Operacional
				4	Banda floja	No transmite movimiento	Operacional
				5	Lubricante en mal estado	Ruido	Operacional

Fuente: Autor

Tabla 32. AMEF del Laboratorio de Mantenimiento Predictivo del equipo motor bomba

	AMEF Laboratorio De Mantenimiento Predictivo		Responsable: Ing. Eduardo Hernández				
			Área: Mantenimiento Predictivo				
			Elaborado: Nataly Haro				
Equipo	Función	Falla funcional	Modo de falla		Efecto de falla	Consecuencia.	
Motor Bomba FAME-MP- BO01	1	A	No simula los efectos de la desalineación de los ejes	1	Bornera flojo	Vista	Operacional
				2	Contactos flojos	Ruido	Operacional
				3	Chumaceras ajustadas	No Ruido	Operacional
				4	Lubricante en mal estado	Ruido	Operacional

Fuente: Autor

Tabla 33. AMEF del Laboratorio de Máquinas Eléctricas

	AMEF Laboratorio De Maquinas Eléctricas		Responsable:			Tlgo. Marcelo Chugñay
			Área:			Maquinas Eléctricas
			Elaborado:			Nataly Haro
Equipo	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Consecuencia.	
Banco de Pruebas para simular arranques de motores FAME-ME-AM01	1	A	1	Terminales de conexiones defectuosas	Practicas defectuosas	Operacional
			2	Des calibración de los instrumentos de medición	mediciones erróneas	Operacional
			3	Desgaste de los contactos de los interruptores	Practicas defectuosas	Operacional
			4	Desgaste de los aislamientos de protección	Practicas defectuosas	Operacional
			5	Lubricante en mal estado	Ruido	Operacional

Fuente: Autor

Tabla 34. AMEF del Laboratorio de Electricidad.

	AMEF Laboratorio De Electricidad		Responsable:			Tlgo. Marcelo Chugñay
			Área:			Laboratorio de Electricidad
			Elaborado:			Nataly Haro
Equipo	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Consecuencia .	
Banco de pruebas de circuitos con resistencias serie paralelo FAME-LE-SP01	1	A	1	Resistencias en mal estado	circuito defectuoso	Operacional
			2	Des calibración de los equipos de medición	Mediciones erróneas	Operacional
			3	Cables de conexión defectuosos	circuito defectuoso	Operacional

Fuente: Autor

Tabla 35. AMEF del laboratorio de electrónica.

	AMEF Laboratorio De Electrónica			Responsable:	Tlgo. Marcelo Chugñay	
				Área:	Laboratorio de Electrónica	
				Elaborado:	Nataly Haro	
Equipo	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Consecuencia.	
Osciloscopio FAME-LE-OS01	1 Permite visualizar las formas de ondas que se presentan en los circuitos	A No permite visualizar las formas de ondas que se presentan en los circuitos	1 Instrumento descalabrado	Mediciones erróneas	Operacional	
			2 Osciloscopio quemado		No enciende	Operacional

Fuente: Autor

Todos los AMEF de los laboratorios se las puede encontrar en el anexo E

3.9 Tareas de Mantenimiento para los Laboratorios

Se registran todas las tareas que se deben realizar a cada uno de los equipos, para facilitar la carga de los datos al software SisMAC, a la vez estos datos servirán como información en la gestión de mantenimiento en la Facultad de Mecánica.

Las tareas de mantenimiento a continuación mencionadas para cada equipo son tareas basadas en la condición para mejorar la disponibilidad de los laboratorios.

3.9.1 *Tareas De Mantenimiento De los Laboratorios de La Facultad de Mecánica* La frecuencia semestral (26 semanas) se la determinó tomando en cuenta los recesos académicos de la institución, con esto aseguramos mantenerlos operativos para los estudiantes durante el periodo académico

Analizado previamente los modos de falla de cada equipo de los laboratorios en el AMEF las tareas.

Sabiendo que cada modo de falla debe de tener una tarea, esto nos ayuda a prevenir a estos o a mitigarlos.

Tabla 36. Tareas de Mantenimiento Osciloscopio.

		Tareas De Mantenimiento	
		ESPOCH- Facultad De Mecánica	
		Laboratorio De Electrónica	
Equipo		Osciloscopio	
Cod.	Tareas	Frecuencia (semanas)	
1 A 1	1 Inspección del correcto funcionamiento del equipo	26	
1 A 2	2 Inspección del estado del equipo	26	

Fuente: Autor

Tabla 37. Tareas de Mantenimiento Motor Banda

		Tareas De Mantenimiento	
		ESPOCH- Facultad De Mecánica	
		Laboratorio De Mantenimiento Predictivo	
Equipo		Motor Banda FAME-MP-BA-01	
Código	Tareas	Frecuencia (semanas)	
1 A 1 1 A 1	1 Inspección de contactos, limpieza, y conexiones	26	
1 A 3	2 Inspeccionar el anclaje del equipo	26	
1 A 3	3 Escuchar ruidos anormales en el motor	26	
1 A 4	4 Inspeccionar el estado de las bandas	26	
1 A 5	5 Dar 5 a 10 vueltas el eje del motor para que recircule el lubricante y no se deteriore.	4	

Fuente: Autor

Tabla 38. Tareas de Mantenimiento banco de pruebas para arrancadores de motores

		Tareas De Mantenimiento	
		ESPOCH- Facultad De Mecánica	
		Laboratorio De Máquinas Eléctricas	
Equipo		Banco de pruebas para arrancadores de motores FAME-ME-AM01	
Cód	Tareas	Frecuencia	
1A1	1 Inspección de contactos, limpieza y revisión de conexiones	26	
1A1	2 Inspección de contactos, limpieza y revisión de conexiones	26	
1A2	3 Calibrar al equipo	156	
1A3	4 Revisión de terminales de conexión	26	
1A4	5 Inspección de señales de ingreso de los instrumentos de medición	26	
1A5	6 Dar 5 a 10 vueltas el eje del motor para que recircule el lubricante	4	

Fuente: Autor

Tabla 39. Tareas de Mantenimiento circuitos con resistencias serie paralelo.

	Tareas De Mantenimiento	
	ESPOCH- Facultad De Mecánica	
	Laboratorio De Electricidad	
Equipo	Circuitos Con Resistencias Serie Paralelo	
Cod	Tareas	Frecuencia
1 A1	1 Inspección de contactos, limpieza y revisión de conexiones	26
1 A2	2 Calibrar al equipo	156
1 A3	3 Inspección de las conexiones internas y externas del modulo	26

Fuente: Autor

Todas las tareas se encuentran cargadas al software de mantenimiento SisMAC, y también se las puede encontrar en el anexo F.

3.10 Comparación de los planes de Mantenimiento analizado y el implementado.

Tabla 40. Comparación de planes de Mantenimiento

Plan de Mantenimiento Anterior	Plan de mantenimiento Desarrollado
Limpieza interna Limpieza externa	Limpiar el modulo que se ocupe antes y después de operación.
Inspección	Inspección del correcto funcionamiento del equipo Inspección de contactos, limpieza, y conexiones Inspeccionar el anclaje del equipo
Lubricación	Dar 5 a 10 vueltas el eje del motor para que recircule el lubricante y no se deteriore
Ajustes	Calibrar equipos
Condiciones Ambientales	No aplica
Pruebas Funcionales	No aplica
Corrección de superficie	No aplica
Mantenimiento Correctivo	No aplica

Fuente Autor

3.11 Check List Mediante el análisis de la situación de los laboratorios de la Facultad de Mecánica, se obtuvo la información necesaria para realizar una adecuado plan de

Mantenimiento; a su vez se ve la necesidad de implementar un listado de tareas antes y después de la operación, estas actividades se las debe de realizar siempre que se les ponga en operación a los equipos, ya que estas actividades son repetitivas, se las debe de controlar y hacer cumplir de forma sistemática. Se usan para hacer comprobaciones técnicas de actividades asegurándose de que los estudiantes y el encargado del laboratorio las cumplan con cavilidad, para que no se olviden de nada importante con estos procedimientos se previene accidentes de trabajo y daño de los equipos.

Tabla 41. Check List de los laboratorios.

	ESPOCH - FACULTAD DE MECÁNICA		
	Check List para los equipos de la Facultad de Mecánica		
Código equipo:		Hora de entrada de estudiantes:	
Fecha:		Hora de salida de estudiantes:	
Actividades de inspección antes de encender los equipos	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A	Observaciones
Revisar conexiones eléctricas	<input type="checkbox"/>		
Revisar conexiones hidráulicas	<input type="checkbox"/>		
Chequear puntos de anclaje	<input type="checkbox"/>		
Revisar sujeción de bandas y poleas	<input type="checkbox"/>		
Verificar estado de estructura	<input type="checkbox"/>		
Verificar que no haya atascamiento de componentes	<input type="checkbox"/>		
Verificar conexiones eléctricas realizadas por estudiantes	<input type="checkbox"/>		
Inspeccionar fugas por mangueras y cañería en general	<input type="checkbox"/>		
Verificar que las condiciones de seguridad sean adecuadas	<input type="checkbox"/>		
Actividades de inspección durante la operación de los equipos			
Escuchar sonidos anormales en motores	<input type="checkbox"/>		
Revisar presencia de fugas	<input type="checkbox"/>		
Actividades a realizar después de la operación de los equipos			
Despresurizar tanques	<input type="checkbox"/>		
Drenar fluidos acumulados	<input type="checkbox"/>		
Quitar el suministro de energía en los equipo	<input type="checkbox"/>		
Limpiar puesto de trabajo	<input type="checkbox"/>		
Almacenar correctamente dispositivos de medición	<input type="checkbox"/>		
Observaciones:			
Realizado por:		Supervisado por:	

Fuente: Autor

CAPITULO IV

4. Implementación del Software SisMAC.

Para tener conocimientos básicos del software SisMAC se realizó varias capacitaciones con el proveedor, donde se pudo manipular de mejor manera el software y sus diferentes módulos

4.1 Ingreso e inicio de sesión de trabajo.

Se necesita un computador con acceso a internet, y se puede ingresar sin ningún problema a la nueva versión del SisMAC, se tendrá que acceder a la página cloud.sismac.net, se presenta una página principal del sistema solicitando el nombre del usuario y su respectiva contraseña

Figura 19. Acceso e inicio de sesión SisMac.



Fuente. Softare Sismac

Nuevamente pide clave y contraseña del Usuario responsable de cada area a trabajar

Figura 20. Acceso e inicio de sesión SisMAC



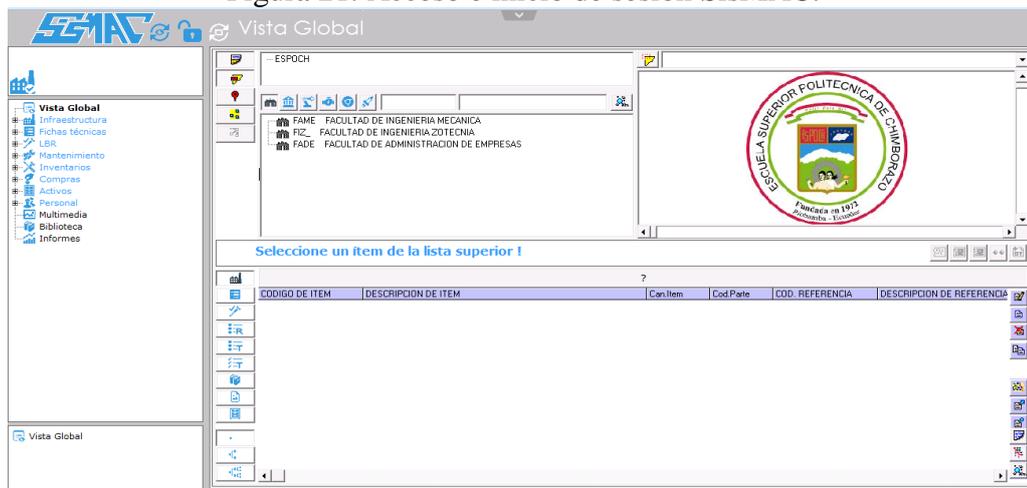
Fuente. Softare Sismac

Luego de ingresar todos los datos solicitados por el software, se tendrá al acceso a todo el ambiente del programa, el usuario dispondrá el menú principal que plantea el programa para gestionar el mantenimiento.

4.2 Descripción general del programa SisMAC.

La ventana principal del Software SisMAC muestra un menú en el cual aparece en la parte superior izquierda se encuentra una vista global de todo el software. En la parte central aparece el primer nivel para la elaboración de este trabajo de titulación será: FAME: Facultad De Mecánica.

Figura 21. Acceso e inicio de sesión SisMAC.



Fuente. Softare SisMAC

En la parte inferior se encuentran los comandos con los cuales se va a llenar los datos los cuales se detallan a continuación.

Tabla 42. Descripción Menú SisMAC

	Inventario Técnico
	Fichas técnicas
	Lista base de recambios
	Rutinas de mantenimiento asignado
	Tareas de mantenimiento asignadas
	Tarea de mantenimiento ejecutadas
	Documentación técnica

Fuente. Autor

En la selección de uno de los módulos, presentará un submenú de íconos secundarios que se detalla a continuación:

Tabla 43. Descripción Submenú SisMAC.

	Editar
	Nuevo
	Eliminar
	Copiar
	Referencias Graficas
	Mover
	Ubicar
	Ver detalles
	Origen
	Origen

Fuente. Autor

4.3 Ingreso de información en el software SisMAC.

Para poder cargar los datos al software es necesario tener un inventario de los laboratorios de la Facultad de Mecánica, de cada equipo e instrumento existente, es importante controlar el mantenimiento de los laboratorios con la finalidad de aumentar la disponibilidad de los equipos.

Es importante también jerarquizar por niveles a cada equipo, para el momento de cargar los datos sea en una forma ordenada, la jerarquización de un equipo permite hasta seis niveles que se detalla a continuación:

Tabla 44. Descripción Submenú SisMAC.

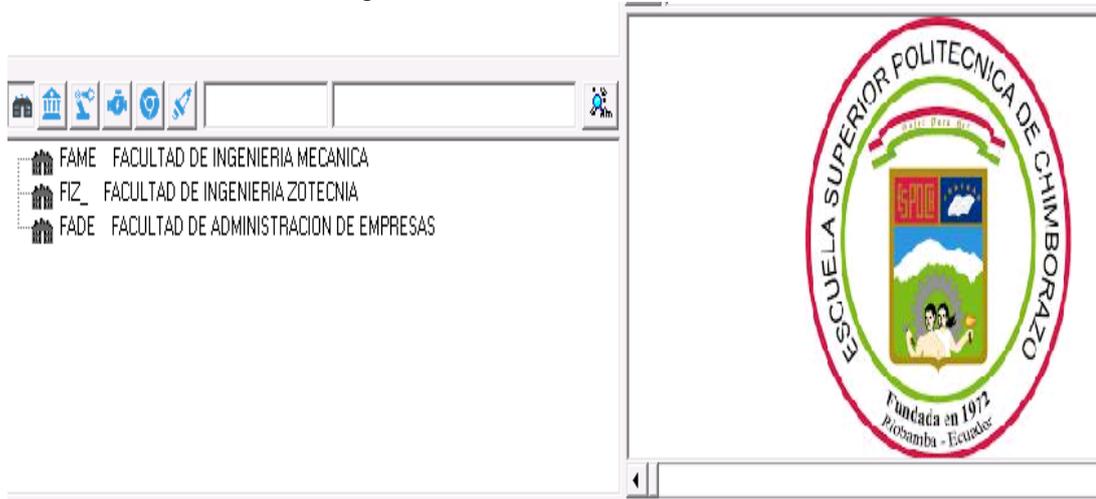
Nivel	Nombre	Descripción
1	Localización	Facultad
2	Área de proceso	Laboratorios
3	Sistemas	Equipos
4	Equipos	Partes de un sistema
5	Componentes	Partes de un equipo
6	Elementos	Partes de un componente

Fuente. Autor

Para cargar los datos al software SisMAC se necesita por lo menos los cuatro primeros niveles para que el programa funcione correctamente.

4.3.1 *Datos del nivel uno “Localización.-* En este punto se enfoca en el área global, en este caso es la Facultad de Mecánica.

Figura 22. Nivel uno de SisMAC.



Fuente. SisMAC

4.3.2 *Datos nivel dos “Área Del Proceso.* Este es un nivel más específico, el programa reconoce como áreas de proceso a todos los laboratorios de la facultad, en este caso serán los laboratorios del Área Eléctricas y el Laboratorio de Mantenimiento Predictivo.

Para subir los datos se realizó el siguiente procedimiento:

- Para ingresar los datos del nivel uno se debe dar un clic en el botón de Facultad de Mecánica
- Se debe dirigir al menú inventario Técnico.
- Ingresar en el submenú nuevo y aparecerá una venta en la cual se escribirá el nombre del laboratorio, código asignado, si hubiese más laboratorios el número de laboratorios.
- En este trabajo de titulación se ha recolectado datos esenciales de cada equipo.
- Este procedimiento se realizara según el número de laboratorios que desee ingresar.
- Una vez subido todos los datos se puede visualizar el código asignado con su respectiva descripción. (ver fig. 20)s

Figura 23. Ventana Subir Datos Nivel dos SisMac.

Fuente. SisMAC

Figura 24. Datos Nivel Dos SisMAC

CODIGO DE ITEM	DESCRIPCION DE ITEM	Can.Item	Cod.Parte	COD. REFERENCIA	DESCRIPCION DE REFERENCIA
-EL	LABORATORIO DE ELECTRONICA				
-IC	LABORATORIO DE INSTRUMENTACION Y CONTROL INDUSTRIAL				
-LE	LABORATORIO DE ELECTRICIDAD "2"				
-LM	LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS				
-LT	LABORATORIO TURBOMAQUINARIA				
-MA	LABORATORIO DE MATERIALES				
-MF	LABORATORIO MECANICA DE FLUIDOS				
-MP	LABORATORIO MANTENIMIENTO PREDICTIVO				
-RM	LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES				
-TE	LABORATORIO DE TÉRMICAS				

Fuente. SisMAC

4.3.3 *Datos nivel tres "Sistemas"* El tercer nivel es el cual se define las familias de sistemas, sabiendo que un sistema es un grupo de equipos (eléctricos, mecánicos, etc.) que cumplan una función determinada.

- Para subir los datos se realizó el siguiente procedimiento:
- Ingresar Datos de nivel uno Dar un clic en Facultad de Mecánica, aparecerá los laboratorios que se subió en el procedimiento anterior.
- Dar doble clic en el laboratorio que se pretende añadir los sistemas, en este caso realizaremos del laboratorio de Mantenimiento Predictivo.
- Ingresar en el menú inventario Técnico
- Ingresar en el submenú nuevo y aparecerá una venta en la cual se escribirá el nombre del sistema, código asignado.

Figura 25. Datos Nivel Tres SisMAC.

Fuente. SisMAC

- Este procedimiento se realizara según el número de laboratorios que desee ingresar.
- Una vez subido todos los datos se puede visualizar el código asignado con su respectiva descripción; visualizar (Fig. 10).

Figura 26. Datos Nivel Tres SisMAC.

CODIGO DE ITEM	DESCRIPCION DE ITEM	Can.Item	Cod.Parte	COD. REFERENCIA	DESCRIPCION DE REFEREN
-BA01	MOTOR BANDA				
-BO01	MOTOR BOMBA				
-BP01	MECANISMO DE BANDAS Y POLEAS				
-CE01	CALIDAD ENERGETICA				
-CT01	CAMARA TERMOGRAFICA				
-GV01	GENERADOR DE VIBRACIONES				
-MA01	MOTOR ACOPLA				
-MB01	MECANISMO DE ALINEACION				
-ME01	MOTOR ENGRANE				
-MV01	MOTOR VENTILADOR				
-SA01	FUGAS DE SISTEMA DE AIRE				
-UT01	ULTRASONIDO				
-VB01	VIBRACHECK ABG 200				
-VM01	VIBRA ESPECTRO				

Fuente. SisMAC

4.3.4 *Datos del nivel cuatro “Equipos”* este se genera a partir de las familias de los sistemas en los que se describen sus equipos

La importancia de este nivel es la generación de las tareas de mantenimiento, ya que para cada equipo se deberá crear tareas de mantenimiento.

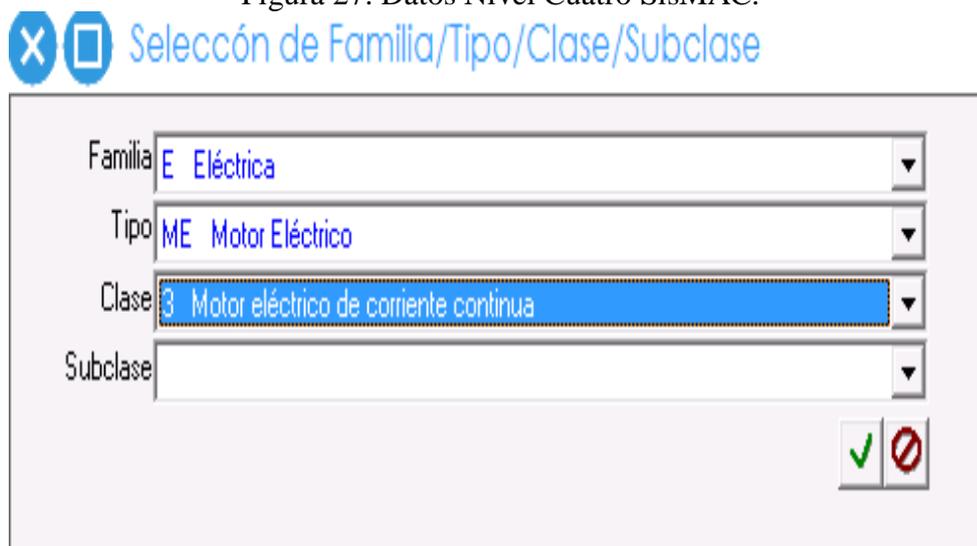
El código para este nivel es generado automáticamente por el SisMAC según la familia

del equipo, también es necesario ingresar al sistema como equipo para generar el plan de mantenimiento respectivo.

Para subir los datos se realizó el siguiente procedimiento:

- Ingresar Datos de nivel uno Dar un clic en Facultad de Mecánica, aparecerá los laboratorios que se subió en el procedimientos anteriores.
- Dar doble clic en el laboratorio, en este caso se realizará del laboratorio de Mantenimiento Predictivo.
- Dar doble clic en un sistema en este caso se realizará en el sistema de Mecanismo de alineación
- Ingresar en el menú inventario Técnico
- Ingresar en el submenú nuevo y aparecerá una venta en la cual se escribirá Familia (general, civil, informática, eléctrica, instrumentación, control de calidad, mecánica, minas y canteras, procesos), en la familia la más utilizada para este trabajo será mecánica y eléctricas, tipo puede ser (Motor, ventilador, Etc.), clase puede ser (motor cc, generador de cc, etc.) y subclase.

Figura 27. Datos Nivel Cuatro SisMAC.



Selección de Familia/Tipo/Clase/Subclase

Familia	E Eléctrica
Tipo	ME Motor Eléctrico
Clase	3 Motor eléctrico de corriente continua
Subclase	

✓ ✗

Fuente. SisMAC

- Este procedimiento se realizara según el número de equipos que desee ingresar.
- Una vez cargado todos los datos se puede visualizar el código asignado con su respectiva descripción.

Figura 28. Datos Nivel Cuatro SisMAC

EQUIPOS <3>						
CODIGO DE ITEM	DESCRIPCION DE ITEM	Can.Item	Cod.Parte	COD. REFERENCIA	DESCRIPCION DE REFERENCIA	
EME01	Motor Eléctrico MECALIN					
MEP01	Eje Pedestal MEC TRANS					
MST01	Transmisión ACOPLA MEC TRANS					

Fuente. SisMAC

4.4 Programación de las tareas de Mantenimiento.-

Una vez cargado los datos del nivel cuatro “Equipos” al software SisMAC, se realiza el siguiente procedimiento:

- Damos clic en el equipo donde se va a asignar las tareas de mantenimiento
- En el menú se busca el icono “Tareas de Mantenimiento asignadas”.
- En el submenú se da clic en nuevo y saldrá la siguiente ventana:

Figura 29. Programación de las tareas de mantenimiento

Equipo: FAME-MP-BO01-EME01 - Asignación de tareas

A Lubricación

Tipo/Clase/Subclase de Equipo

ME

Tareas generales : Tipo Clase Subclase

T:A01 Lavado de rodamientos y engrase

T:A02 Reengrase de rodamientos (lado de carga,lado libre)

Fuente. SisMAC

- Escogemos el tipo de mantenimiento se va a realizar.

Figura 30. Tipos de Mantenimiento en SisMAC

A Lubricación

A Lubricación

B Inspecciones Prev.

C Inspecciones Pred

D Trabajos Prev.

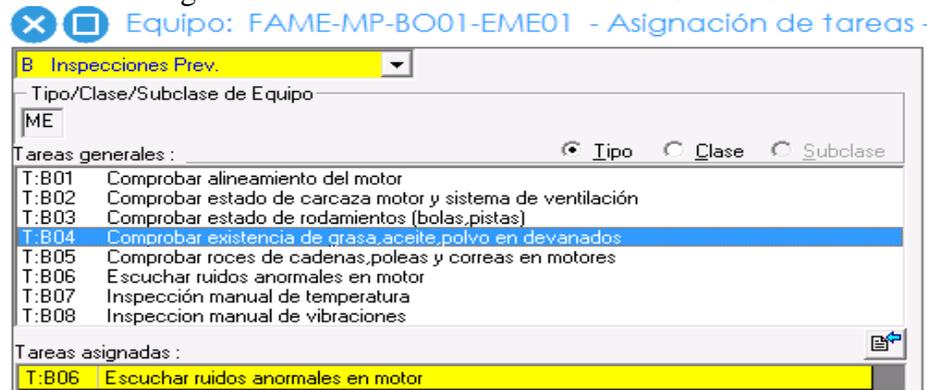
E Reemplazos

F Reparaciones

Fuente. SisMAC

- Se desplegara una nueva sub ventana en la cual saldrán las tareas de mantenimiento según el tipo de mantenimiento asignado.

Figura 31. Tareas de Mantenimiento en SisMAC.



Fuente. SisMAC

- Luego de escoger la tarea se dará clic en el icono agregar.
- Así se asignaran todas las tareas que se desee agregar en cada equipo, se recomienda que se pongan las tareas que se puedan cumplir.

4.5 Programación de la frecuencia.

Una vez cargado todas las tareas de mantenimiento se necesita tener frecuencias, para la programación de la frecuencia se sigue los siguientes pasos:

- Damos clic en el equipo donde se va a asignar las tareas de mantenimiento
- En el menú se busca el icono “Tareas de Mantenimiento asignadas”.
- En el submenú se da clic en editar y saldrá la siguiente ventana:

Figura 32. Tareas de Mantenimiento en SisMAC.



Fuente. SisMAC

- En la parte inferior izquierda se encuentra un icono “Editar” damos clic y se puede editar todo lo que se encuentra en la parte superior.
- En el bloque de programación, en frecuencia se da un clic en días en donde se desplegara un nuevo icono en el cual se definirá que se realice por semanas, y el número de semanas que se realice la tarea.
- Se designa la última ejecución en la que se realizó la tarea y la siguiente ejecución que se realizara.
- Luego de realizar todos los cambios que se realicen se da aceptar, este procedimiento se hace en todas las tareas designadas para cada equipo.

Se va a realizar un resumen de las tareas de mantenimiento asignadas para cada laboratorio con el código de la tarea la tarea y su frecuencia.

Tabla 45. Resumen de las tareas del laboratorio de Electricidad.

Resumen de tareas de Laboratorio de Máquinas Eléctricas			
Código del equipo	Código de la tarea	Tarea	Frecuencia Semanas
FAME-LE-CM01	TC001	Inspección del estado del equipo	26
FAME-LE-CM01	TC002	Revisión de terminales de conexión	26
FAME-LE-JA01	TC002	Inspección de señales de ingreso	26
FAME-LE-JA01	TC002	Inspección del correcto funcionamiento	26

Fuente: Autor

Tabla 46. Resumen de las tareas del laboratorio de Mantenimiento Predictivo

Resumen de tareas de Laboratorio de Mantenimiento Predictivo			
Código del equipo	Código de la tarea	Tarea	Frecuencia Semanas
FAME-MP-MA01	TC002	Inspeccionar el anclaje del equipo	26
FAME-MP-MA01	TC006	Escuchar ruidos anormales en motor	26
FAME-MP-MA01	TC008	Inspección manual de vibraciones	26
FAME-MP-MA01	TC023	Inspección de contactos , limpieza, conexiones	26
FAME-MP-MB01	TC007	Observar chispas excesivas en los contactos	26
FAME-MP-BA01	CC001	Inspeccionar el estado de las bandas	26
FAME-MP-BA01	CC007	Inspección del estado y deformación de acoples	26
FAME-MP-VE01	CC023	Inspección general de limpieza del tablero	26
FAME-MP-CT01	TC002	Inspección del estado del equipo	52

Fuente: Autor

Tabla 47. Resumen de las tareas del laboratorio de Máquinas Eléctricas.

Resumen de tareas de Laboratorio de Máquinas Eléctricas			
Código del equipo	Código de la tarea	Tarea	Frecuencia Semanas
FAME-ME-AM01	TCOO2	Revisión de terminales de conexión	26
FAME-ME-AM01	TC002	Comprobar el estado de carcasa motor y sistemas de ventilación	26
FAME-ME-AM01	TC002	Inspección de señales de ingreso	26
FAME-ME-BA01	TE001	Limpieza exterior e interior	26
FAME-ME-BC01	TC005	Escuchar ruidos anormales en generador	26

Fuente: Autor

Tabla 48. Resumen de las tareas de Mantenimiento del Laboratorio de Electricidad.

Resumen de tareas de Laboratorio de Máquinas Eléctricas			
Código del equipo	Código de la tarea	Tarea	Frecuencia Semanas
FAME-LE-CM01	TCOO1	Limpieza Interior y exterior	26
FAME-LE-CM01	TC002	Revisión de terminales de conexión	26
FAME-LE-JA01	TC002	Inspección de señales de ingreso	26
FAME-LE-JA01	TC002	Comprobar el estado de la carcasa del motor	26
FAME-LE-BC01	TC006	Escuchar ruidos anormales de motor	26

Fuente: Autor

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

Se analizó los planes de mantenimiento existentes en los Laboratorios de las Áreas Eléctricas y el Laboratorio de Mantenimiento Predictivos de la Facultad de Mecánica, estableciendo que éste es muy generalizado y no cubre con las necesidades de cada equipo.

Se recolectó los datos necesarios para realizar las fichas técnicas de cada equipo y módulos de los laboratorios con información específica, la cual servirá como una base de datos para requerimientos posteriores.

A fin de facilitar la gestión de mantenimiento y registro de los equipos se implementan los códigos a los mismos, los cuales ayudarán a organizar, categorizar y localizarlos en cada laboratorio.

Para garantizar el óptimo y correcto funcionamiento dentro de los parámetros establecidos de cada equipo, se elaboró un banco de tareas de mantenimiento de los laboratorios con su frecuencia establecida, y así alargar la vida útil del equipo.

El plan de Mantenimiento requerido para cada equipo y módulo de los laboratorios fue ingresado al programa SisMAC siendo éste el primer paso en la Gestión de Mantenimiento en la Facultad de Mecánica. Tras esta implementación se espera a mediano plazo dicha gestión crezca y tome la importancia debida estando a la vanguardia de la tecnología.

5.2 Recomendaciones.

Considerar la implementación del Software SisMAC en todos los laboratorios y talleres de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Revisar periódicamente el cumplimiento de las tareas de mantenimiento según el programa SisMAC y capacitar al responsable de área de cada laboratorio.

Asignar a personal capacitado para dar el seguimiento adecuado al programa de mantenimiento.

Incluir en el POAC recursos para que exista un Stock de repuestos en la Facultad para facilitar el mantenimiento de los equipos

BIBLIOGRAFÍA

- JUAREZ, Henry.** *Análisis de criticidad*, México D.F: Limusa, 2007, pp 30-34.
- BERNAL, Laura.** *Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial*, slideshare.net. [En línea]. 18 de 07 de 2013, [Consulta: 22 de 03 de 2016.]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/lmarcela74/capacitacion-amef>
- DUFFUAA, S.** *Sistema de Mantenimiento, Planeación y Control*. Mexico, Limusa Wiley, 2000, pp 22.
- ZAMORA.** *Estadística descriptiva e inferencial* Perú: Moshera S.R.L2003, pp 25.
- GALLAR Iván & PANTALLI Daniel.** *Mantenimiento Industrial*, Cordoba Argentina: Universitas, 2009. pp. 81, 98.
- GARCÍA, Santiago.** *Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. Madrid: Renovetec, 2013.
- PEREZ J Carlos.** *Gerencia De Mantenimiento*, Colombia, 2008.
- Hernandez Eduardo.** *Grupo de Investigación y desarrollo del Mantenimiento en el Ecuador*, GIDME Riobamba Ecuador, 2015, pp 3-8.
- MOUBRAY, John. 2004.** *RCM II, Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad*. 2ª ed, Asheville, USA, Elmann, Sueiro y Asociados Aladon, LLC, 2004. pp 2-19.
- SAE JA 1012.** *Una guía para la norma de mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Conceptos básicos, 2002.
- SAE JA1011.** *Criterios de evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*, Preguntas básicas del RCM,2003.
- UN EN 13306, AENOR., 2011.** *Mantenimiento, tecnología del mantenimiento*. Tipos de Mantenimiento, 2011.

GARCÍA Olivero, 2012, *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*, Bogota-Colombia, Xpress Estudio Gráficoy Digital, p. 114-125.

ANEXOS