

**PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA
EMPRESA I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.**

FABIAN MARTINEZ ROA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2017

**PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA
EMPRESA I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.**

FABIAN MARTINEZ ROA

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Director

CARLOS BORRAS PINILLA

Ingeniero Mecánico, PhD

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2017

DEDICATORIA

Al creador de todo, por darme la oportunidad de seguir viviendo, por darme la fortaleza y mostrarme el camino en los momentos más difíciles.

A mis padres que han sabido formarme como la persona que soy; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este; Gracias por el apoyo incondicional que siempre me han sabido brindar, gracias por sus consejos que tanto me enseñan y que aún me siguen enseñando, pero sobre todo gracias por creer en mí. Uds. son mi motivación constante para alcanzar mis metas.

A mis hermanos que siempre he podido contar con ellos en todo momento

A mi esposa por sus palabras y confianza, por su apoyo y conocimiento, por ser mi fuente de inspiración para superarme cada día más y por los mejores momentos que pasamos en el proceso

AGRADECIMIENTOS

A mis amigos porque todos han influido en mi vida para llenarla de sentido.

Un agradecimiento singular a mi director de proyecto quien me ha orientado,
apoyado y corregido en mi labor educacional

CONTENIDO:

<u>INTRODUCCIÓN</u>	17
<u>1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA</u>	19
1.1 NOMBRE DE LA EMPRESA	19
1.2 UBICACIÓN	19
1.3 ¿QUIÉNES SON?	19
1.3.1 Fabricación de transportadores sinfín para la industria en general: Como se ilustra en la figura 1	19
1.3.2 Conos para todo tipo de silos de almacenamiento de alimentos: Como se ilustra en la figura 2.....	20
1.3.3 Mecanizado de piezas robustas con gran precisión: Como se ilustra en la figura 3	20
1.3.4 Conos vibrantes para descargues de silos, entrega a granel y manejo de sólidos: Como se ilustra en la figura 4	20
1.4 DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO	21
1.4.1 Misión. Mediante un servicio especializado, asesoramos y producimos mecanizados y reconstrucción de manera eficiente y oportuna. Por lo tanto, nos motiva día a día mejorar continuamente, creciendo e innovando.....	21
1.4.2 Visión. Consolidarnos como una empresa líder y eficiente mediante la constante investigación de materiales, tratamientos térmicos y tecnológicos para la innovación de nuestros productos al servicio de la industria metalmeccánica	21
1.4.3 Política de Calidad. Nuestro compromiso es satisfacer totalmente las necesidades de nuestros clientes a través del suministro de servicios de diseño, elaboración, fabricación, reparación, montaje y comercialización de partes, componentes mecánicos y estructuras, contando con un excelente equipo humano, comprometido con llevar a cabo sus funciones con honestidad y responsabilidad a fin de ofrecer un mejor servicio, una mejor imagen y una mayor productividad, y por ende estamos en proceso de certificación, logrando así obtener dentro de la organización una mejora continua, la cual permite llevar a cabo una excelente gestión de calidad que asegurará nuestra permanencia en el mercado.....	21
1.4.4 OBJETIVOS POLÍTICA DE CALIDAD. LOS OBJETIVOS SON LOS SIGUIENTES:	21
1.5 ÁREA DE MANTENIMIENTO INGENIERÍA Y MECANIZADOS S.A.S	22
1.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	23
<u>2. MARCO TEÓRICO</u>	24
2.1 ¿QUE ES MANTENIMIENTO?	24
2.1.1 Tipos de Mantenimiento. Remitirse al capítulo 6.1 del presente libro.....	24
2.1.2 Modelos de Mantenimiento. Cada uno de los modelos que se exponen a continuación incluyen varios de los tipos anteriores de mantenimiento.....	24
2.2 AUDITORIAS DE MANTENIMIENTO	26

2.2.1 ASPECTOS AUDITABLES. LOS ASPECTOS AUDITABLES SON LO SIGUIENTES:	27
2.3 NORMA ISO 14224	27
2.3.1 Estructuración de jerarquías ISO 14224. La norma ISO 14224 toma la máquina dividiéndola de mayor a menor jerarquía o grado de detalle:	28
2.4 SISTEMA DE CODIFICACIÓN	31
2.5 ANÁLISIS DE CRITICIDAD	32
2.5.1 RCM. El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM es una metodología de análisis sistemática, objetiva y documentada, que puede ser aplicada a cualquier tipo de instalación industrial; útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de Mantenimiento.	35
2.6 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA/AMFEC)	35
2.6.1 Entendiendo la falla. Se define un modo de falla, como la forma en la que un activo pierde su habilidad para desempeñar su función, entrando en el estado de falla funcional.	36
2.6.2 Metodología. Existen diferentes versiones o variantes de la metodología de Análisis de Modos de Falla y sus Efectos, la metodología aquí mostrada consiste en las siguientes actividades:	37
2.6.3 Definición de la intención de diseño. Esta definición, consiste en conocer y entender la filosofía de operación de la planta o proceso, a fin de poder identificar claramente las condiciones bajo las cuales se opera, considerando tanto su diseño como las necesidades del usuario.	39
2.6.4 Identificación de Modos de falla. Un modo de falla podemos definirlo como la forma en la que un activo pierde la capacidad de desempeñar su función, o en otras palabras, la forma en que un activo falla.	40
2.6.5 Efectos y consecuencias de la falla. Los efectos de la falla son considerados como la forma en la que la falla se manifiesta, es decir, como se ve perturbado el sistema ante la falla del equipo o activo, ya sea local o en otra parte del sistema, estas manifestaciones pueden ser: aumento / disminución de nivel, mayor / menor temperatura, activación de señales, alarmas o dispositivos de seguridad, entre otras; similarmente, se considera también la sintomatología de la falla, ruido, aumento de vibración, etc.	40
2.6.6 Jerarquización del riesgo. El proceso de jerarquización del riesgo de los diferentes modos de falla, resultante de la combinación de la frecuencia de ocurrencia por sus consecuencias, nos permite identificar las mejores áreas de oportunidad para las acciones de recomendación, tanto en la etapa de evaluación como en la aplicación de los recursos económicos y humanos.	42
2.7 INDICADORES DE MANTENIMIENTO	44
2.7.1 Indicadores de Gestión de Equipos. Los indicadores son los siguientes:	45
2.7.2 Indicadores de gestión de costos. Nos muestran la relación entre lo invertido en actividades de mantenimiento con la facturación de la empresa.	46
2.7.3 Indicadores de gestión de mano de obra. Todos los mecanismos de control de mano de obra deben ser orientados en el sentido de obtenerse un mayor aprovechamiento del recurso humano disponible, propiciando al personal mayor seguridad y satisfacción en el desempeño de sus funciones.	46
2.8 MACROS DE EXCEL	46
2.8.1 Lenguaje de programación. Las macros se escriben en un lenguaje de computadora especial que es conocido como Visual Basic for Applications (VBA).	47

2.9	BASE DE DATOS ACCESS.....	47
2.9.1	¿Qué es una base de datos? Una base de datos es una herramienta para recopilar y organizar información. Las bases de datos pueden almacenar información sobre personas, productos, pedidos u otras cosas.	47
2.9.2	Partes de una base de datos de Access. A continuación, se describe brevemente los componentes de una base de datos de Access típica.	48
3.	<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</u>	50
3.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	50
4.	<u>JUSTIFICACION PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA.....</u>	51
5.	<u>OBJETIVOS DEL TRABAJO</u>	52
5.1	OBJETIVO GENERAL	52
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	52
6.	<u>JUSTIFICACION DE LA SOLUCIÓN</u>	54
6.1	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	54
6.2	VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	56
7.	<u>DIAGNOSTICO.....</u>	59
7.1	AUDITORIA	59
7.1.1	Reconocimiento del lugar. Se debe hacer un reconocimiento de las instalaciones (INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.) para que el auditor tenga una idea clara de cómo opera el mantenimiento actual de la empresa, lo que debe incluir, los lugares donde se realiza el mantenimiento y el personal involucrado.	60
7.1.2	Entrevistas. Es necesario realizar entrevistas con las personas que están involucradas con el área de mantenimiento.	60
7.1.3	Recolección de datos. Para este caso la información obtenida representa el inicio de un proceso de mejora en el departamento de mantenimiento (de manera preventiva) debido a que no se cuenta con ningún registro.....	60
7.1.4	Actividades de un proceso de auditoría. La norma ISO 19011 estructura un proceso de auditoría de la siguiente forma:.....	60
7.1.5	Compilación y análisis. Luego de realizar el levantamiento de la información y tomando como referencia el test sugerido en el capítulo 5 del libro “Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión” se llevó a cabo un test de auditoria de mantenimiento adaptándolo a las necesidades de la empresa, con el fin de tener un diagnostico cuantitativo e identificar las secciones críticas en esta área.	61
7.1.6	Resultados del test de auditoría y su representación grafica. Los resultados del test realizado se encuentran en la Tabla No. 5.....	63
7.1.7	Diagnóstico. La empresa I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S, carece de un departamento de mantenimiento estructurado adecuadamente, y esto se ve reflejado en el resultado de la encuesta realizada dónde las áreas de Sistema de Información, Organización del taller de mantenimiento, Herramientas y medios de prueba y Control de la actividad obtuvieron el puntaje más bajo.....	66
7.2	INVENTARIO	66

7.3 CODIFICACIÓN.....	68
7.3.1 Clasificación de los equipos. Los equipos se clasifican en tres grupos teniendo en cuenta el grado de impacto en la cadena de producción, ocasionado por una falla en el mismo:.....	68
7.3.2 Estructura del código. Este código alfanumérico diseñado especialmente para la empresa I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S; constará de 8 dígitos organizados de la siguiente manera: los tres primeros dígitos representaran el área, el cuarto dígito representará el nivel de criticidad del equipo, el quinto y sexto dígito corresponden a las iniciales del nombre del equipo y los dos últimos dígitos corresponden al consecutivo.....	68
7.4 FICHAS TÉCNICAS	70
7.5 LUBRICACIÓN.....	72
7.5.1 Placa de lubricación. La placa de lubricación es un documento donde se reúnen todas las indicaciones y recomendaciones que se deben seguir en materia de lubricación con el fin de garantizar la vida de la máquina.	72
7.5.2 Esquemas de lubricación. Permite la identificación de los puntos de lubricación en los equipos.	73
7.6 HOJAS DE VIDA	75
<u>8 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....</u>	<u>76</u>
8.1 MÉTODO DE FACTORES PONDERADOS BASADOS EN EL CONCEPTO DE RIESGO	76
8.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	79
<u>9. PLAN DE MANTENIMIENTO</u>	<u>82</u>
9.1 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	82
9.1.1 Mantenimiento autónomo El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores.82	
9.1.2 Inspecciones Periódicas Programadas. Consiste en revisar a intervalos fijos, independientemente de su estado original, piezas o componentes de las máquinas y equipos críticos en el proceso de producción.	84
9.1.3 Inspecciones de Rutina. Es el conjunto de actividades de mantenimiento de primer nivel que ejecuta el operario al inicio y durante la marcha del equipo. Las inspecciones de rutina incluyen actividades de detección de fallas, lubricación, ajustes y aseo del equipo. A este tipo de inspección se le llama mantenimiento autónomo.	86
9.1.4 INSPECCIONES PERIÓDICAS:	87
9.2 CRONOGRAMA PLAN DE MANTENIMIENTO.....	88
9.3 ORDENES DE TRABAJO	91
<u>10. INDICADORES DE GESTIÓN.....</u>	<u>92</u>
10.1 INDICADOR DE DISPONIBILIDAD	92
10.2 INDICADOR DE CONFIABILIDAD	93
10.3 COSTO DE MANTENIMIENTO POR FACTURACIÓN (CMFT):.....	94
<u>11. APLICATIVO</u>	<u>95</u>

11.1	MODULO INVENTARIO	95
11.2	MÓDULO ORDENES DE TRABAJO	96
11.3	MÓDULO TAREAS DIARIAS	96
11.4	MÓDULO PLAN DE INSPECCIÓN	96
11.5	MÓDULO INDICADORES DE GESTIÓN.....	97
12.	<u>CONCLUSIONES.....</u>	98
13.	<u>RECOMENDACIONES.....</u>	100
	<u>BIBLIOGRAFÍA.....</u>	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Categorías de Consecuencias	41
Tabla 2	Categoría de Frecuencia	42
Tabla 3	Ventajas y Desventajas de los diferentes tipos de mantenimiento	56
Tabla 4	Organización Estructural Test para auditoría de Mantenimiento	61
Tabla 5	Resultados test auditoría Mantenimiento Aplicado empresa	63
Tabla 6	Resultados test Auditoría Mantenimiento Aplicado	64
Tabla 7	Inventario Maquinaria y Equipo	67
Tabla 8	Codificación Maquinaria y Equipos	70
Tabla 9	Carta de Lubricación CNC V30I	73
Tabla 10	Método de los factores ponderados	76
Tabla 11	Resultado Analisis de Criticidad	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 . Transportador sinfín para la industria alimenticia. _____	19
Figura 2 Cono para silo de almacenamiento _____	20
Figura 3 Mecanizado de una pieza para un silo vibrante. _____	20
Figura 4 Cono vibrante para todo tipo de silo _____	20
Figura 5. Organigrama Empresa I.M. Ingeniería y Mecanizados S.A.S. _____	23
Figura 6. Taxonomía de equipos _____	30
Figura 7. Matriz de Criticidad _____	34
Figura 8. Proceso de Gestión de mantenimiento aplicando el análisis de modos de fallas y efectos y su criticidad AMFEC _____	38
Figura 9. Diagrama de la metodología de análisis de modos de fallas y sus efectos FMEA _____	38
Figura 10. Matriz de Riesgo _____	44
Figura 11. Gráfico Radial de los resultados de la Auditoría de Mantenimiento _____	65
Figura 12 Ficha Técnica Equipo CNC V30I _____	71
Figura 13 Esquema de lubricación CNC V30I _____	74
Figura 14 Formato Hoja de Vida Diseñada para la empresa I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S _____	75
Figura 15 Matriz de Priorización. _____	78
Figura 16 Matriz de Criticidad TAG's _____	80
<i>Figura 17 Formato para Inspección Diaria antes de Operar Equipo CNC V30I</i> _____	83
Figura 18 Formato para Inspección Diaria después de Operar Equipo CNC V30 _____	84
Figura 19 Formato para Inspección Semanal del Equipo CNC V30i _____	85
Figura 20 Formato para Inspección Rutinaria al finalizar la jornada Equipo CNC V30i _____	86
Figura 21 Formato para Inspección Semestral del Equipo CNC V30i _____	87
<i>Figura 22 Formato para Inspección Anual del Equipo CNC V30i</i> _____	88
Figura 23 Cronograma de Mantenimiento para el Centro de Mecanizado 1 V30i _____	90
<i>Figura 24 Formato Orden de Trabajo diseñado para la empresa I.M INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S</i> _____	91

LISTA DE ANEXOS¹.

Anexo A Preguntas Cuestionario

Anexo B Fichas Técnicas

Anexo C Cartas de Lubricación

Anexo D Esquemas de Lubricación

Anexo E Análisis de Criticidad

Anexo F Plan de Mantenimiento

Anexo G Cronogramas de Mantenimiento

¹ Ver anexos en la Carpeta adjunta al CD

RESUMEN

TÍTULO:

PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.*

AUTOR:

FABIAN MARTINEZ ROA**

PALABRAS CLAVES:

Mantenimiento preventivo, Plan de Mantenimiento, Criticidad de equipos, Sistema de Información, Indicadores de Gestión de Mantenimiento.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo describe la elaboración e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos críticos que intervienen en el proceso de producción de la empresa I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.

La implementación del programa de mantenimiento preventivo tiene como objetivo aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, es decir, aumentar la probabilidad de que un equipo funcione correctamente en el momento que se requiera.

La metodología empleada para diseñar e implementar el plan de mantenimiento inicio con una identificación y reconocimiento de la empresa especialmente en su área de mantenimiento con el fin de generar un diagnóstico de ésta. Posteriormente se realizó un inventario y codificación de todos los equipos, se realizó un análisis de criticidad para jerarquizar la maquinaria de acuerdo con su importancia dentro del proceso productivo de la empresa. Finalmente, y con base en los equipos críticos, se diseñó el programa de mantenimiento preventivo que está conformado por el mantenimiento autónomo, las inspecciones periódicas programadas, y las actividades de lubricación. También hace parte de este programa, un sistema de información de gestión de mantenimiento que permite sistematizar todo el plan de mantenimiento como tal y generar los indicadores de gestión con el fin de medir, controlar y mejorar la gestión de mantenimiento dentro de la empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.**

*Trabajo de Grado

**Facultad de ingeniería Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, director: Ingeniero Carlos Borrás Pinilla PhD., MSc.

ABSTRACT

TITLE:

MASTER PROGRAM OF PREVENTIVE MAINTENANCE FOR THE COMPANY **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.**

AUTHOR:

FABIAN MARTINEZ ROA

KEYWORDS:

Preventive Maintenance, Maintenance Plan, Equipment Criticality, Information System, Maintenance Management Indicators.

This paper describes the preparation and implementation of the preventive maintenance program for critical machines and equipment that are involved in the production process **of I. M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S. A. S.**

The implementation of the preventive maintenance program aims to maximize the availability and reliability of equipment, in other words, the program aims to increase the probability of a team functioning properly at the time it is required.

The methodology used to design and implement the maintenance plan started with an identification and recognition of the company, especially in its maintenance area in order to generate a diagnosis of it. Subsequently, an inventory and codification of all the equipment was carried out, a criticality analysis was performed to hierarchize the machinery according to its importance within the productive process of the company. Finally, based on the critical equipment, the preventive maintenance program was designed, which consists of autonomous maintenance, scheduled periodic inspections, and lubrication activities. Also, part of this program is a maintenance management information system that allows to systematize the entire maintenance plan and generate the management indicators in order to measure, control and improve maintenance management within the **I. M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S. A. S.**

*Degree Work.

**Faculty of Engineering Physical Mechanical School of Engineering Mechanical
Director: Ingeniero Carlos Borrás Pinilla PhD., MSc.

INTRODUCCION

Sobrevivir en un mercado altamente competitivo como el actual, requiere de mucho esfuerzo por parte de todo el recurso humano de una organización; desde la alta dirección, hasta los operadores; además, del ingenio para definir estrategias contundentes que logren la captación de clientes potenciales, y que busquen la satisfacción continúa de las necesidades de los clientes actuales.

Por lo anterior, las organizaciones día a día buscan implementar acciones que apunten al logro de los objetivos propuestos, teniendo en cuenta que todas estas acciones traen consigo, la utilización de nuevas tecnologías y el esfuerzo del personal encargado de mantener en buen estado los equipos usados para el desarrollo de las actividades de la organización. Es en este momento donde el área de mantenimiento adquiere mayor importancia, debido a que es el responsable de la conservación en buen estado, de las máquinas y equipos pertenecientes a una empresa.

Surge entonces la necesidad de implementar un tipo de mantenimiento acorde a las necesidades y que permita el logro de los objetivos planteados en el tiempo previsto, cumpliendo con los plazos de entrega del producto y/o servicio y entregando productos de alta calidad.

En busca de lo planteado, la empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.** ha decidido implementar un plan de mantenimiento preventivo con el apoyo de la universidad industrial de Santander por medio de esta tesis de grado que se denomina: “PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.”

Adicionalmente y teniendo en cuenta que dentro de su estructura la empresa no posee un departamento de mantenimiento y que este servicio actualmente es realizado por terceros, se implementó un sistema de información para la administración del mantenimiento de manera preventiva el cual contiene toda la información necesaria para su ejecución, además de la capacitación que se realizó en la empresa con el fin de sacar el mejor provecho a éste.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 NOMBRE DE LA EMPRESA

I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S. (Centro de mecanizado y torno)

1.2 UBICACIÓN

La empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.** se encuentra ubicada en la carrera 11 No. 22-13 Barrio Girardot, Bucaramanga, Santander.

1.3 ¿QUIÉNES SON?

Somos una Empresa dedicada a la prestación de servicios de mecanizados y reconstrucción de partes, mediante un excelente grupo de profesionales altamente calificados para el desarrollo de proyectos con calidad. Dentro de los servicios que prestamos se encuentran entre otros:

1.3.1 Fabricación de transportadores sinfín para la industria en general: Como se ilustra en la figura 1

Figura 1 . Trasportador sinfín para la industria alimenticia.



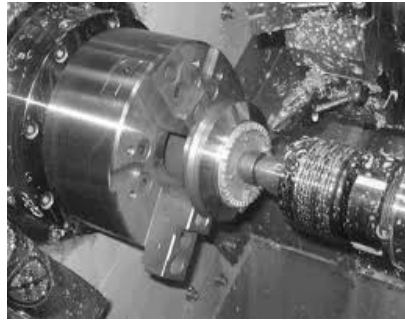
1.3.2 Conos para todo tipo de silos de almacenamiento de alimentos: Como se ilustra en la figura 2

Figura 2 Cono para silo de almacenamiento



1.3.3 Mecanizado de piezas robustas con gran precisión: Como se ilustra en la figura 3

Figura 3 Mecanizado de una pieza para un silo vibrante.



1.3.4 Conos vibrantes para descargues de silos, entrega a granel y manejo de sólidos: Como se ilustra en la figura 4

Figura 4 Cono vibrante para todo tipo de silo



1.4 DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO

1.4.1 Misión. Mediante un servicio especializado, asesoramos y producimos mecanizados y reconstrucción de manera eficiente y oportuna. Por lo tanto, nos motiva día a día mejorar continuamente, creciendo e innovando.

1.4.2 Visión. Consolidarnos como una empresa líder y eficiente mediante la constante investigación de materiales, tratamientos térmicos y tecnológicos para la innovación de nuestros productos al servicio de la industria metalmeccánica

1.4.3 Política de Calidad. Nuestro compromiso es satisfacer totalmente las necesidades de nuestros clientes a través del suministro de servicios de diseño, elaboración, fabricación, reparación, montaje y comercialización de partes, componentes mecánicos y estructuras, contando con un excelente equipo humano, comprometido con llevar a cabo sus funciones con honestidad y responsabilidad a fin de ofrecer un mejor servicio, una mejor imagen y una mayor productividad, y por ende estamos en proceso de certificación, logrando así obtener dentro de la organización una mejora continua, la cual permite llevar a cabo una excelente gestión de calidad que asegurará nuestra permanencia en el mercado.

1.4.4 Objetivos Política de Calidad. Los objetivos son los siguientes:

- Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes a través del cumplimiento total de los requisitos, brindando apoyo profesional en todas sus necesidades, presentándoles productos y servicios de alta calidad.

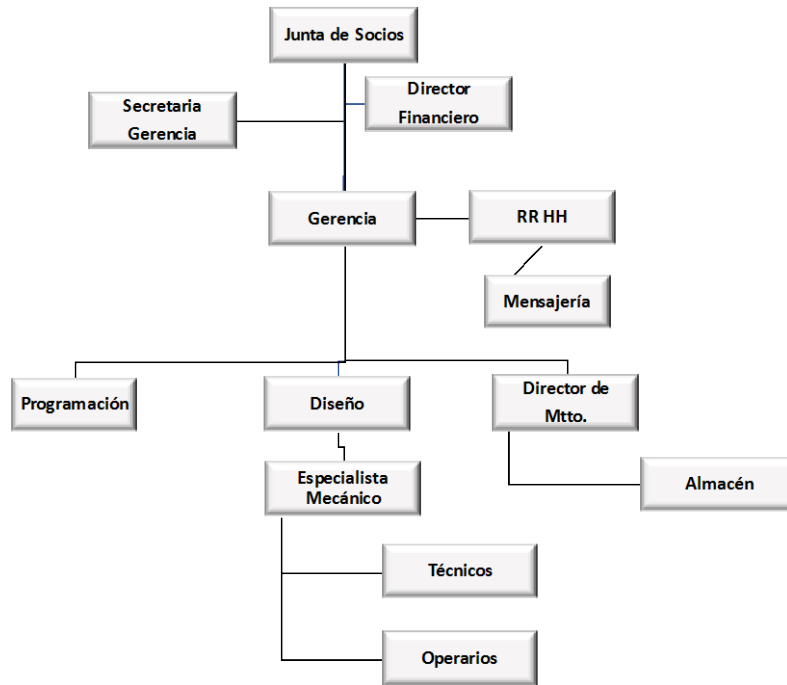
- Apoyar el desarrollo de las competencias de nuestro talento humano como base para el logro de un adecuado funcionamiento de la organización y el desarrollo del sentido de pertenencia.
- Promover una cultura de mejora continua a través de la revisión constante del sistema de gestión de calidad.
- Lograr la conservación de los clientes actuales y aumentar los clientes mediante la gestión de actividades comerciales.
- Establecer una relación gana-gana con nuestros proveedores, para garantizar productos finales que cumplan con los requisitos de nuestros clientes.
- Desarrollar una estructura administrativa financiera que permita obtener rentabilidad, crecimiento y que garantice la permanencia de la organización en el mercado.

1.5 ÁREA DE MANTENIMIENTO INGENIERÍA Y MECANIZADOS S.A.S

El mantenimiento en **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.** es realizado en su mayoría por terceros, es decir, actualmente este servicio especializado es contratado, y para las maquinas más pequeñas, es realizado por personal propio.

1.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Figura 5. Organigrama Empresa I.M. Ingeniería y Mecanizados S.A.S.



2. MARCO TEÓRICO

2.1 ¿QUE ES MANTENIMIENTO?

Se denomina mantenimiento al procedimiento mediante el cual un determinado bien recibe tratamientos a efectos de que el paso del tiempo, el uso o el cambio de circunstancias exteriores no lo afecte.

En términos generales por mantenimiento se designa al conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual el mismo pueda desplegar la función requerida o las que venía desplegando hasta el momento en que se dañó, en caso que haya sufrido alguna rotura que hizo que necesite del pertinente mantenimiento y arreglo².

2.1.1 Tipos de Mantenimiento. Remitirse al capítulo 6.1 del presente libro

2.1.2 Modelos de Mantenimiento. Cada uno de los modelos que se exponen a continuación incluyen varios de los tipos anteriores de mantenimiento.

2.1.2.1 Modelo Correctivo. Este modelo es el más básico, e incluye, además de las inspecciones visuales y la lubricación mencionadas anteriormente, la reparación de averías que surjan. Es aplicable, como veremos, a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos.

² EUROPEAN FEDERATION OF NATIONAL MAINTENANCE SOCIETIES. Definición de Mantenimiento. Disponible en: <http://www.efnms.org/what-EFNMS-Stand-for/m1312/what-EFNMS-Stand-for.html>

2.1.2.2 Modelo Condicional. Incluye las actividades del modelo anterior, y, además, la realización de una serie de pruebas o ensayos, que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, programaremos una intervención; si, por el contrario, todo es correcto, no actuaremos sobre el equipo.

Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja.

2.1.2.3 Modelo Sistemático. Este modelo incluye un conjunto de tareas que realizaremos sin importarnos cuál es la condición del equipo; realizaremos, además, algunas mediciones y pruebas para decidir si realizamos otras tareas de mayor envergadura; y, por último, resolveremos las averías que surjan.

Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunos trastornos. Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja. Es la principal diferencia con los dos modelos anteriores, en los que para realizar una tarea debe presentarse algún síntoma de fallo.

2.1.2.4 Modelo de Mantenimiento de Alta Disponibilidad. Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento.

Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es en general el alto coste en producción que tiene una avería. Con una exigencia tan alta, no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene porqué ser exactamente iguales año tras año.

Como quiera que en este modelo no se incluye el mantenimiento correctivo, es decir, el objetivo que se busca en este equipo es CERO AVERÍAS, en general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que ocurren, siendo conveniente en muchos casos realizar reparaciones rápidas provisionales que permitan mantener el equipo en marcha hasta la próxima revisión general. Por tanto, la Puesta a Cero anual debe incluir la resolución de todas aquellas reparaciones provisionales que hayan tenido que efectuarse a lo largo del año.

2.2 AUDITORIAS DE MANTENIMIENTO

El objetivo que se persigue al realizar una auditoría no es juzgar al responsable de mantenimiento, no es cuestionar su forma de trabajo, no es una actividad contra el Jefe de Mantenimiento: es saber en qué situación se encuentra un departamento de mantenimiento en un momento determinado,

identificar puntos de mejora y determinar qué acciones son necesarias para mejorar los resultados.

La auditoría de mantenimiento permite determinar si la gestión de los principales aspectos relacionados con el mantenimiento (repuestos, personal, métodos de trabajo, seguridad, herramientas, etc.) es la adecuada.

Es una herramienta de mejora, pues detecta los puntos que no se gestionan correctamente (no-conformidades) y propone un plan de acción realmente útil y rentable.

2.2.1 Aspectos auditables. Los aspectos auditables son lo siguientes:

- Mano de Obra (Calidad, cantidad y rendimiento)
- Herramientas (Calidad y Cantidad)
- Materiales
- Costos
- Herramientas y medios técnicos
- Gestión del repuesto

Que las paradas que se produzcan en los equipos como consecuencia de averías o intervenciones programadas no afecten al Plan de Producción y, por tanto, no afecten a nuestros clientes (externos o internos).

Que se disponga de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que permita a los responsables de la planta poder tomar decisiones.

2.3 NORMA ISO 14224

La norma ISO 14224 proporciona una base completa para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar, para equipos en todas las instalaciones y operaciones dentro de las industrias de petróleo, gas natural y petroquímica e industria en general, durante el ciclo de vida operacional del equipo. Describe los principios de recopilación de datos y los

términos y definiciones asociados que constituyen un "lenguaje de confiabilidad" que puede ser útil para comunicar la experiencia operacional. Uno de los principales beneficios de la norma consiste en que la normalización de las prácticas de recopilación de datos facilita el intercambio de información entre las partes, plantas, propietarios, fabricantes y contratistas.

Los principales objetivos de esta norma internacional son:

- a) Especificar los datos que serán recolectados para el análisis de:
 - Diseño y configuración del Sistema.
 - Seguridad, Confiabilidad y Disponibilidad de los Sistemas y Plantas.
 - Costo del Ciclo de Vida.
 - Planeamiento, optimización y ejecución del Mantenimiento.
- b) Especificar datos en un formato normalizado, a fin de:
 - Permitir el intercambio de datos entre Plantas.
 - Asegurar que los datos sean de calidad suficiente, para el análisis que se pretende realizar.

2.3.1 Estructuración de jerarquías ISO 14224. La norma ISO 14224 toma la máquina dividiéndola de mayor a menor jerarquía o grado de detalle:

- CLASES
- SISTEMA
- SUB SISTEMA
- ÍTEM MANTENIBLE
- COMPONENTE DE DETALLE (en un grado último de división, opcional)

Esta división por jerarquías permite definir cómo se tratarán los Equipos, respecto a la posterior interpretación de los resultados; y luego cómo se

asociarán los Registros de Operación y Mantenimiento, de manera que se pueda contar con metodologías sencillas de Análisis (y la aplicación de software avanzados)

Los Registros de Mantenimiento deben relacionarse con cada nivel dentro de la jerarquía del Equipo a fin de que puedan compararse.

- Clases de Equipos De acuerdo con la estructura propuesta por la norma, acorde a un orden de JERARQUÍA, se establecen cuáles son las Clases de Equipos, siendo este el nivel más alto.

La clase de un equipo se le puede asociar a las Funciones que este realiza; cada una en su contexto operacional; entendiendo por Función, de acuerdo con la definición de RCM, a las razones por las cuales un equipo existe dentro del proceso.

Clase es entonces de acuerdo con la norma, un determinado tipo de equipo que para la norma son los siguientes:

- Sistemas Bajo los conceptos de RCM / FMEA, y así lo toma la Norma ISO 14224, se considera Sistema a un conjunto que realiza una Función específica, en un servicio determinado dentro del Proceso, pudiéndose identificar una entrada y una salida.

Incluyen todos los equipamientos disponibles para la operación de los mismos y, en general, comparten muy pocas partes con otros Sistemas.

Para el caso de la norma quedan clasificados por:

- ✓ TIPOS DE EQUIPOS
- ✓ APLICACIÓN

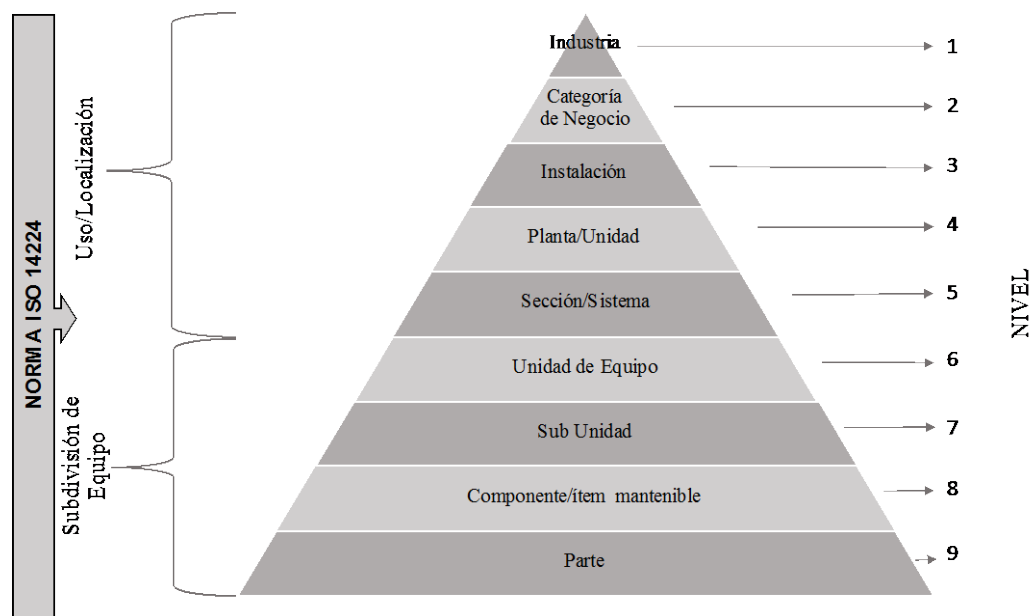
- Sub Sistemas Son aquellos Equipos que posibilitan que el Sistema realice su función operativa y se pueden dividir por sus funciones específicas.

Todo Equipo calificado como Sub Sistema que falle, afecta directamente al Sistema.

- **Item Mantenible – Componente de Detalle** Los ítems mantenibles o componentes son aquellas partes de los equipos sobre las cuales es necesario realizar acciones de mantenimiento, con el objeto de alcanzar la confiabilidad deseada.

Analizado desde otro punto de vista, ítem mantenible es aquella parte en que su falla, provoca una pérdida de la capacidad del sistema para continuar operando dentro de las condiciones especificadas o determinadas para un Proceso. Los datos de confiabilidad deben relacionarse con cada nivel de subdivisión dentro de la jerarquía del equipo a fin de que puedan compararse. En la figura No. 6 se puede visualizar la jerarquización de un equipo.

Figura 6. Taxonomía de equipos



Fuente: Adaptado de Diplomado en Gestion y Control del Mantenimiento ACIEM

2.4 SISTEMA DE CODIFICACIÓN

En los inicios de cualquier proceso de gestión de mantenimiento, hay algunos elementos que son vitales. En el caso en que se decida implantar un sistema de gestión de mantenimiento, la codificación de las máquinas, equipos y sistemas, es un importante punto de partida para la eliminación de muchos errores dentro del proceso.

Qué podemos controlar gracias a la codificación:

- **Documentación:** Identificar el tipo de documentación (ficha técnica, plano, despiece, esquema eléctrico, manual), su ubicación y la asignación al equipo correspondiente.
- **Repuestos:** Tipo de repuesto (mecánico, eléctrico, instrumentación), si es reparable o es un consumible, la asignación al equipo o equipos adecuados, trazabilidad, desde el momento de la compra, pasando por el almacenamiento, a la utilización en el consumo o en la reparación del equipo.
- **Equipos:** Ubicación, definición de operación (a qué zona y sección pertenece), tipo de equipo. Histórico de reparaciones, tareas de mantenimiento a realizar, características técnicas, asignación de documentación y repuestos.

Existen muchas metodologías para realizar la codificación, pero lo que sí está presente en todas, es la necesidad de que este código responda a las características del equipo o sistema. Otro elemento importante es que este código debe estar en un lugar visible de la máquina, y que todos los operarios de mantenimiento conozcan su código y todas, absolutamente todas las operaciones que se realicen, sean referidas al código que le corresponda. Esto trae consigo ventajas, las que más adelante ilustraremos con un ejemplo.

Desde el comienzo de la codificación de los equipos, se empiezan a obtener beneficios. Se consigue una mayor organización de los trabajos, se pueden controlar mejor las acciones y los recursos, pero la principal ventaja está dada en la organización de los recursos según el histórico, ya que, a pesar de todos

los inconvenientes con que nos encontramos a lo largo de la historia de un equipo, todas las acciones, las reparaciones, y los recursos que intervinieron en su mantenimiento, quedan almacenados en soporte informático o en su respectivo expediente técnico.

2.5 ANÁLISIS DE CRITICIDAD³

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

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.

¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Que criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio?

El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones

³ GUERRA BENJUMEA, Jorge Enrique. BEJARANO CARVAJAL, David Antonio. Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Pladesan LTDA. Tesis de Grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. Bucaramanga. 2014. 87p

en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

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

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- *Seguridad*: Presenta el riesgo de que sucedan incidentes no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones, y en los cuales alguien pueda o no resultar lesionado
- *Ambiente*: Representa el impacto ambiental que pudiera generar la falla del equipo.
- *Producción*: Representa, en forma porcentual, toda la producción que se deja de hacer por día, debido a las fallas ocurridas.

- **Costos** (operacionales y de mantenimiento): Se refiere al costo directo promedio por falla, requerido para restituir el equipo a sus condiciones de operación óptimas, incluye labor manual, materiales y transporte.

La Figura 7 corresponde a una Matriz de Criticidad para 4 criterios de evaluación: Seguridad, Medio ambiente, Producción y Costos.

Figura 7. Matriz de Criticidad

	Seguridad	Medio Ambiente	Producción	Costos
	Severidad			
Probabilidad	Muy Alta	Alta	Media	Baja
> 1 al año				
1 cada 2-5 años				
1 cada 6-9 años				
> de 10 años				

A continuación, se presentan otros criterios de evaluación de criticidad definidos en función de la falla como tal:

- **Tiempo promedio para reparar:** Es el tiempo promedio empleado en la reparación de la falla, se calcula desde que el equipo pierde su función hasta que este dispone para funcionar
- **Frecuencia de falla:** Establece las veces que falla un componente del sistema, por pérdida de su función en un periodo de un año.

2.5.1 RCM. El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM es una metodología de análisis sistemática, objetiva y documentada, que puede ser aplicada a cualquier tipo de instalación industrial; útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de Mantenimiento.

Esta metodología analiza cada sistema y cómo estos pueden fallar funcionalmente. Los efectos de cada falla son clasificados de acuerdo con el impacto en la seguridad, la operación y el costo asociado.

El objetivo principal de esta metodología consiste en dirigir todos los esfuerzos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos, es decir, es la función desempeñada por la máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Lo anterior implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones que interrumpen o dificultan la operación del equipo.

RCM es una metodología estructurada basada en un árbol de decisiones. Su éxito depende en gran parte de la experiencia de los participantes como también en la posibilidad de contar con datos de tasa de fallas y periodos de ocurrencia registrados.

La división en sistemas y sub sistemas de cada equipo es tan amplia como criterios puedan definir los integrantes del grupo. Lo mismo ocurre con la profundidad de análisis para cada modo de falla/causa de falla; solo limitada por el grado de detalle al que el grupo oriente el análisis.

2.6 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA/AMFEC)

Es una metodología de análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMECA o AMFEC) con el objeto de identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo para un equipo y posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento.

Las acciones de recomendación derivadas de un FMECA o AMFEC quedan definidas como acciones o tareas de mantenimiento. Lo que permite diseñar una estrategia completa de mantenimiento aplicando criterios de riesgo para cada activo o equipo considerado en la evaluación.

Es una técnica aplicada al estudio metódico de las consecuencias que provocan las Fallas de cada Componente (ítem mantenible para la norma ISO 14224) de un Equipo. Es un proceso sistemático para la identificación de las Fallas Potenciales del diseño de un producto o proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el Riesgo asociado a las mismas.

Sus objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y montaje, operación y mantenimiento de un equipo, a partir de los Componentes (ítem mantenibles para la norma ISO 14224).
- Determinar los Efectos de las Fallas Potenciales en el desempeño del Sistema, Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la ocurrencia de la Falla Potencial.
- Analizar la Confiabilidad del Sistema
- Cuantificar Riesgos y Confiabilidad.
- Documentar el proceso

2.6.1 Entendiendo la falla. Se define un modo de falla, como la forma en la que un activo pierde su habilidad para desempeñar su función, entrando en el estado de falla funcional.

Cada falla que se puede presentar en una planta de proceso, representa un riesgo potencial, por

lo cual es esencial entender cómo se presenta, entendiendo la forma en que los equipos fallan, podremos diseñar mejores acciones correctivas o preventivas. En este caso, las acciones son tareas de mantenimiento. Estas acciones, son derivadas del proceso de análisis de modos de falla, de modo que a cada modo de falla le corresponde una tarea. Podemos definir entonces un modo de falla, como “la forma” en que un equipo o activo falla. Es importante para el entendimiento de la falla, poder identificar los dos diferentes estados de falla que se pueden presentar (“fault” y “failure”); primeramente, aquel estado de falla, en el cual un activo simplemente deja de funcionar y otro, en el cual el activo no desempeña su función conforme a un estándar de desempeño deseado o bien, conforme a las necesidades que el usuario tiene, pero no necesariamente deja de funcionar.

Es esta última condición, es la que más nos interesa estudiar y la denominamos “falla funcional”, así, una falla será aquella que evita que un activo desempeñe su función conforme a un estándar de desempeño definido.

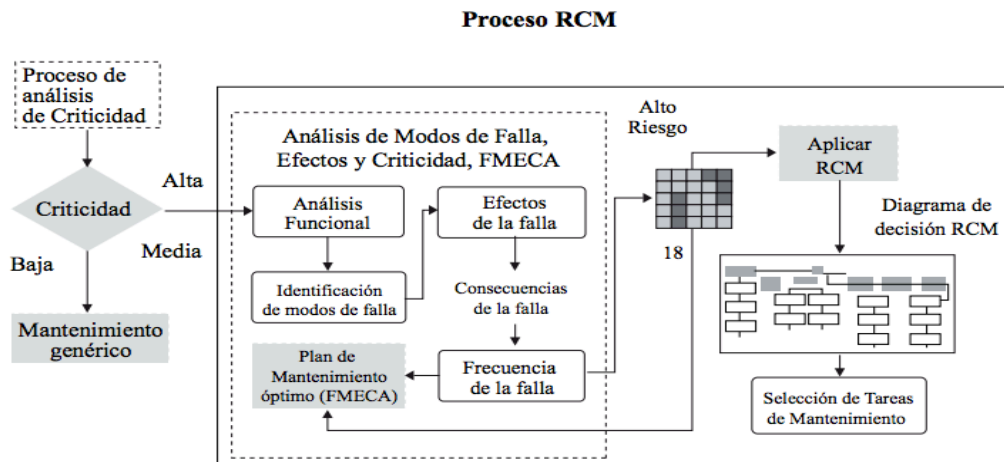
2.6.2 Metodología. Existen diferentes versiones o variantes de la metodología de Análisis de Modos de Falla y sus Efectos, la metodología aquí mostrada consiste en las siguientes actividades:

- Definición de la intención de diseño
- Análisis funcional
- Identificación de modos de falla
- Efectos y consecuencias de la falla
- Jerarquización del riesgo

La metodología se desarrolló con referencia a lo establecido por las normas SAE JA-1011/1012 “Evaluation criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) processes / A guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM) standard”, respectivamente (SAE, 1999, 2002).

El diagrama metodológico del modelo de gestión del mantenimiento es mostrado en la Figura 8.

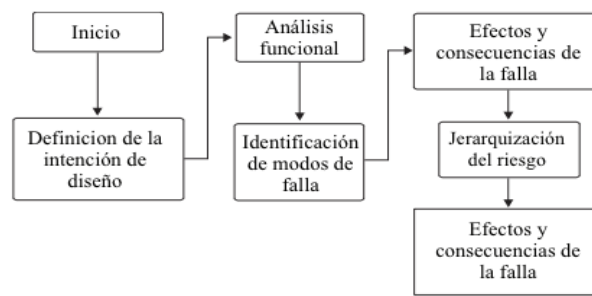
Figura 8. Proceso de Gestión de mantenimiento aplicando el análisis de modos de fallas y efectos y su criticidad AMFEC



Fuente: Aguilar-Otero, J.(2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. México D.F., México: Tecnología y Ciencia.

De la misma Figura 8, se desprende el diagrama de bloques para la metodología de Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad, ilustrado en la Figura 9

Figura 9. Diagrama de la metodología de análisis de modos de fallas y sus efectos FMEA



Fuente: Aguilar-Otero, J.(2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. México D.F., México: Tecnología y Ciencia.

2.6.3 Definición de la intención de diseño. Esta definición, consiste en conocer y entender la filosofía de operación de la planta o proceso, a fin de poder identificar claramente las condiciones bajo las cuales se opera, considerando tanto su diseño como las necesidades del usuario.

El desarrollo de esta actividad nos permite saber la forma en que se operan los activos, siendo este el nivel de detalle requerido en la descripción. La definición deberá de contener parámetros de operación, los equipos involucrados, rutas de proceso, parámetros de control, entre otros atributos. Para el análisis de modos de falla y sus efectos, AMFE (FMEA), la definición de la intención de diseño del sistema o equipo en análisis es altamente recomendable, ya que para poder entender como falla un activo, primero es necesario conocer cómo opera. Cabe mencionar que es en esta etapa inicial donde personal que participa en la metodología, debe asimilar el proceso que se lleva a cabo en la instalación que se está analizando, ya que es común, que tanto la gente del grupo de mantenimiento, como los facilitadores de la metodología, estén poco familiarizados con la instalación en cuestión.

El análisis funcional es necesario para poder entrar al proceso de evaluación de los modos de falla, ya que se requiere conocer e identificar cuáles son aquellas funciones que el usuario espera o desea que su activo desempeñe. Se requiere identificar tanto la función principal y como las secundarias.

2.6.4 Identificación de Modos de falla. Un modo de falla podemos definirlo como la forma en la que un activo pierde la capacidad de desempeñar su función, o en otras palabras, la forma en que un activo falla.

A cada modo de falla le corresponde una acción de mitigación o prevención, dentro del proceso de Administración del Riesgo estas acciones pueden ser orientadas a desviaciones del proceso, factores humanos, etc., o bien, como en este caso, donde el objetivo del FMECA es diseñar un plan de mantenimiento, a cada modo de falla le corresponderá una tarea de mantenimiento.

2.6.5 Efectos y consecuencias de la falla. Los efectos de la falla son considerados como la forma en la que la falla se manifiesta, es decir, como se ve perturbado el sistema ante la falla del equipo o activo, ya sea local o en otra parte del sistema, estas manifestaciones pueden ser: aumento / disminución de nivel, mayor / menor temperatura, activación de señales, alarmas o dispositivos de seguridad, entre otras; similarmente, se considera también la sintomatología de la falla, ruido, aumento de vibración, etc.

Para el caso de las consecuencias, éstas son referidas a los impactos derivados de la falla en los diversos receptores de interés. Se consideran las consecuencias a la seguridad de las personas, medio ambiente y producción. Cabe mencionar que, a fin de darle consistencia normativa al análisis, las categorías de consecuencias evaluadas son tomadas como referencia de la norma NRF-018-PEMEX-2007 ESTUDIOS DE RIESGO Rev. 0, de fecha 05-enero-2008, de Petróleos Mexicanos.

Los criterios para la calificación de las categorías de consecuencia, son mostrados en la Tabla No. 1

Tabla 1 Categorías de Consecuencias

Categoría	Menor C1	Moderado C2	Grave C3	Catastrófico C4
A las personas				
Seguridad y salud del personal y proveedor y/o contratista	Sin lesiones; primeros auxilios	Atención Médica; lesiones menores sin incapacidad; efectos a la salud reversibles	Hospitalización; múltiples lesionados; incapacidad parcial o total temporal; efectos moderados a la salud	Una o más fatalidades; lesionados graves con daños irreversibles; incapacidad parcial o total permanente
Al ambiente				
Descargas y derrames	Derrames y/o descargas dentro de los límites de reporte; contingencia controlable	Informe a las autoridades. Derrames significativos en tierra hacia ríos o cuerpos de agua. Bajo potencial para provocar muerte de peces	Contaminación de un gran volumen de agua. Efectos severos en cuerpos de agua; mortalidad significativa de peces; incumplimiento de descargas permitidas.	Daño mayor a cuerpos de agua; se requiere un gran esfuerzo para remediación. Efecto sobre la flora y la fauna. Contaminación en forma permanente del suelo o del agua
Producción				
Pérdida de producción,	Menos de una semana de paro; daños a	De 1 a 2 semana de paro; daños a	De 2 a 4 semana de paro; daños a las instalaciones y	Más de un mes de paro; daños a las instalaciones

daños a las instalaciones	las instalaciones y pérdida de la producción menor de 5 MCOP	las instalaciones y pérdida de la producción hasta 10 MCOP	pérdida de la producción hasta 20 MCOP	y pérdida de la producción mayor de 20 MCOP
---------------------------	--	--	--	---

Fuente: Aguilar-Otero, J.(2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. México D.F., México: Tecnología y Ciencia

Dado que el proceso de selección de tareas establecido en la norma SAE JA-1012 (SAE, 2002), es altamente dependiente de las consecuencias de la falla, debe existir una congruencia entre la evaluación de las consecuencias en esta etapa del análisis de modos de falla y la aplicación del diagrama de decisión para la selección de tareas.

2.6.6 Jerarquización del riesgo. El proceso de jerarquización del riesgo de los diferentes modos de falla, resultante de la combinación de la frecuencia de ocurrencia por sus consecuencias, nos permite identificar las mejores áreas de oportunidad para las acciones de recomendación, tanto en la etapa de evaluación como en la aplicación de los recursos económicos y humanos.

Para este caso, se aplicaron los criterios definidos en la norma NRF-018-PEMEX-2007 ESTUDIOS DE RIESGO Rev. 0, de fecha 05-Enero- 2008, de Petróleos Mexicanos.

Los criterios para la ponderación de la categoría de frecuencia de ocurrencia del modo de falla, son los mostrados en la Tabla No. 2

Tabla 2 Categoría de Frecuencia

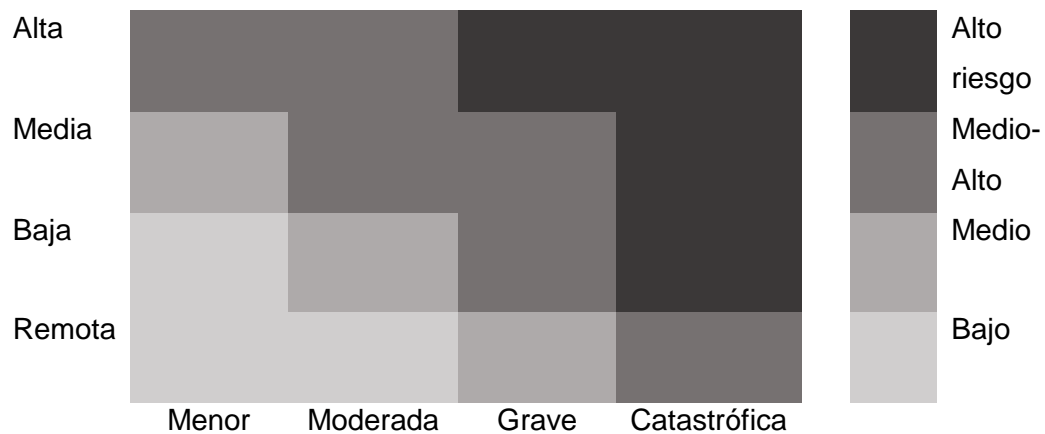
Categoría	Cuantitativo	Cualitativo
ALTA	> 1 en 10 años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años
MEDIA	1 en 10 años a 1 en 100 años	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones
BAJA	1 en 100 años a 1 en 1000 años	Concebible, nunca ha sucedido en el centro de trabajo, pero probablemente ha ocurrido en una instalación similar
REMOTA	< 1 en 1000 años	Esencialmente imposible. No es realista que ocurra

Fuente: Aguilar-Otero, J.(2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. México D.F., México: Tecnología y Ciencia

Para aplicar el proceso de selección de tareas de mantenimiento en un mayor detalle, se requiere de los modos de falla resultantes, especialmente de aquellos críticos por su nivel de riesgo. Para ello se emplea el RCM (siglas en inglés para Reliability Centered Maintenance o mantenimiento centrado en la confiabilidad). A los modos de falla resultantes de riesgo medio se les debe aplicar la estrategia derivada del análisis de modos de falla y sus efectos, AMFE, mientras que los modos de falla de bajo riesgo, son elegibles para continuar aplicando las acciones que actualmente se vienen aplicando, dado que el riesgo a administrar es mínimo.

La matriz de riesgo empleada para la jerarquización de los modos de falla es mostrada en la Figura No. 10.

Figura 10. Matriz de Riesgo



Fuente: Aguilar-Otero, J.(2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. México D.F., México: Tecnología y Ciencia

Cabe mencionar que se empleó una matriz para cada categoría de consecuencia evaluada, Personas, Medio Ambiente, Negocio (Producción), sin embargo, todas las matrices son simétricas de 4 x 4, con los mismos criterios para las regiones de alto riesgo, riesgo medio-alto, riesgo medio y riesgo bajo.

2.7 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

La implementación de los indicadores de mantenimiento permitir tomar decisiones, establecer metas, determinar la eficiencia y eficacia en los procesos de mantenimiento, la mano de obra, la utilización del tiempo y los recursos asignados al departamento de mantenimiento⁴.

Los indicadores utilizados para evaluar la gestión de mantenimiento, los podemos clasificar en:

⁴ Manual de Indicadores de Mantenimiento. Indicadores de Efectividad. P18.

2.7.1 Indicadores de Gestión de Equipos. Los indicadores son los siguientes:

- **Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF):** Permite evaluar el grado de avance en la mejora del equipo a través de la aplicación de programa de mantenimiento. Técnicamente se define como el tiempo medio de operación, que indica la vida esperada de una máquina, componente o sistema. Se podría interpretar como la media de los tiempos de buen funcionamiento. Estadísticamente corresponde a la esperanza matemática de la variable aleatoria t (fecha de aparición de una avería).

-

$$\text{TMEF: } \frac{\text{Tiempo de operación en un período dado}}{\text{Número total de fallas presentadas en el período de tiempo dado}}$$

Este indicador debe ser usado para ítems que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

- **Disponibilidad de los equipos (DISP):** La disponibilidad de un equipo representa el porcentaje del tiempo en que quedó a disposición del órgano de operación para desempeñar su actividad.

$$\text{DISP: } \frac{\text{Número de total de horas calendario} - \text{Horas de mantenimiento}}{\text{Número total de horas calendario}}$$

El índice de disponibilidad es de gran importancia para la gestión de mantenimiento, pues a través de este, puede hacerse un análisis selectivo de los equipos, cuyo comportamiento operacional esté por debajo de los estándares aceptables.

2.7.2 Indicadores de gestión de costos. Nos muestran la relación entre lo invertido en actividades de mantenimiento con la facturación de la empresa.

- Costo de mantenimiento por facturación (CMFT):
CMFT:
$$\frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Facturación de la empresa en el período considerado}}$$
- Costo de la eficiencia del mantenimiento (CEFM):
CEFM:
$$\frac{\text{Costo total del mantenimiento preventivo}}{\text{Costo total del mantenimiento}}$$

2.7.3 Indicadores de gestión de mano de obra. Todos los mecanismos de control de mano de obra deben ser orientados en el sentido de obtenerse un mayor aprovechamiento del recurso humano disponible, propiciando al personal mayor seguridad y satisfacción en el desempeño de sus funciones.

- Atención a las solicitudes de mantenimiento (ATSM):
ATSM:
$$\frac{\text{No. De órdenes de trabajo solicitadas}}{\text{No. De órdenes de trabajo ejecutadas}}$$
- Número de trabajos de mantenimiento preventivo (NTMP)
NTMP:
$$\frac{\text{No. De trabajos de mantenimiento preventivo}}{\text{No. De trabajos de mantenimiento correctivo}}$$

2.8 MACROS DE EXCEL

Las macros de Excel nos permiten automatizar tareas que realizamos cotidianamente de manera que podamos ser más eficientes en nuestro trabajo. Una macro no es más que una serie de comandos o instrucciones que

permanecen almacenados dentro de Excel y que podemos ejecutar cuando sea necesario y cuantas veces lo deseemos.

Una macro es un conjunto de comandos que se almacena en un lugar especial de Excel de manera que están siempre disponibles cuando los necesites ejecutar.

Las macros se utilizan principalmente para eliminar la necesidad de repetir los pasos de aquellas tareas que realizas una y otra vez.

2.8.1 Lenguaje de programación. Las macros se escriben en un lenguaje de computadora especial que es conocido como Visual Basic for Applications (VBA).

Este lenguaje permite acceder a prácticamente todas las funcionalidades de Excel y con ello también ampliar la funcionalidad del programa.

2.9 BASE DE DATOS ACCESS

2.9.1 ¿Qué es una base de datos? Una base de datos es una herramienta para recopilar y organizar información. Las bases de datos pueden almacenar información sobre personas, productos, pedidos u otras cosas.

Muchas bases de datos comienzan como una lista en una hoja de cálculo o en un programa de procesamiento de texto. A medida que la lista aumenta su tamaño, empiezan a aparecer redundancias e inconsistencias en los datos. Cada vez es más difícil comprender los datos en forma de lista y los métodos de búsqueda o extracción de subconjuntos de datos para revisión son limitados. Una vez que estos problemas comienzan a aparecer, una buena idea es transferir los datos a una base de datos creada con un sistema de administración de bases de datos (DBMS), como Access 2013.

Una base de datos de Access almacena sus tablas en un solo archivo, junto con otros objetos como formularios, informes, macros y módulos. Las bases

de datos creadas en el formato Access 2007 (que también usan Access 2013 y Access 2010) tienen la extensión de archivo .accdb y las bases de datos creadas en formatos anteriores de Access tienen la extensión de archivo .mdb. La base de datos del sistema de mantenimiento se creará en Access 2013.

2.9.2 Partes de una base de datos de Access. A continuación, se describe brevemente los componentes de una base de datos de Access típica.

- **Tablas:** Una tabla de una base de datos es similar en apariencia a una hoja de cálculo, en cuanto a que los datos se almacenan en filas y columnas. Como consecuencia, normalmente es bastante fácil importar una hoja de cálculo en una tabla de una base de datos. La principal diferencia entre almacenar los datos en una hoja de cálculo y hacerlo en una base de datos es la forma de organizarse los datos

- **Formularios:** Los formularios se conocen a veces como "pantallas de entrada de datos". Son las interfaces que se utilizan para trabajar con los datos y, a menudo, contienen botones de comando que ejecutan diversos comandos. Se puede crear una base de datos sin usar formularios, editando los datos de las hojas de las tablas. No obstante, casi todos los usuarios de bases de datos prefieren usar formularios para ver, escribir y editar datos en las tablas.

- **Informes:** Los informes sirven para resumir y presentar los datos de las tablas. Normalmente, un informe responde a una pregunta específica, como "¿Cuánto dinero se ha facturado por cliente este año?" o "¿En qué ciudades están nuestros clientes?" Cada informe se puede diseñar para presentar la información de la mejor manera posible.

Un informe se puede ejecutar en cualquier momento y siempre reflejará los datos actualizados de la base de datos. Los informes suelen tener un formato que permita imprimirlos, pero también se pueden consultar en la pantalla, exportar a otro programa o enviar por correo electrónico.

- **Consultas:** Las consultas son las que verdaderamente hacen el trabajo en una base de datos. Pueden realizar numerosas funciones diferentes. Su función más común es recuperar datos específicos de las tablas. Los datos que desea ver suelen estar distribuidos por varias tablas y, gracias a las consultas, puede verlos en una sola hoja de datos. Además, puesto que normalmente no desea ver todos los registros a la vez, las consultas le permiten agregar criterios para "filtrar" los datos hasta obtener solo los registros que desee. Las consultas a menudo sirven de origen de registros para formularios e informes.
- **Macros:** Las macros en Access se pueden considerar como un lenguaje de programación simplificado, que se puede utilizar para aumentar la funcionalidad de la base de datos. Por ejemplo, puede adjuntar una macro a un botón de comando en un formulario, de modo que la macro se ejecute cuando se haga clic en el botón. Las macros contienen acciones que realizan tareas, como abrir un informe, ejecutar una consulta o cerrar la base de datos. Casi todas las operaciones de bases de datos que normalmente se realizan manualmente se pueden automatizar mediante macros, ahorrando así mucho tiempo.
- **Módulos:** Los módulos, como las macros, son objetos que sirven para aumentar la funcionalidad de la base de datos. Mientras que las macros en Access se crean seleccionando acciones de una lista, los módulos se escriben en el lenguaje de programación de Visual Basic para Aplicaciones (VBA). Un módulo es una colección de declaraciones, instrucciones y procedimientos que se almacenan conjuntamente como una unidad. Un módulo puede ser de clase o estándar. Los módulos de clase se adjuntan a formularios o informes, y normalmente contienen procedimientos específicos del formulario o el informe al que se adjuntan. Los módulos estándar contienen procedimientos generales que no están asociados a ningún otro objeto.

3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S** se dedica a la prestación de servicios de mecanizados y reconstrucción de partes, mediante un excelente grupo de profesionales altamente calificados para el desarrollo de proyectos con calidad.

El mantenimiento en **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.** es realizado en su mayoría por terceros, es decir, actualmente este servicio especializado es contratado, y para las maquinas más pequeñas, es realizado por personal propio.

Teniendo en cuenta que su razón social consiste en el diseño y la fabricación de piezas y partes mecanizadas y que actualmente la empresa no cuenta con un control adecuado para el mantenimiento de sus equipos, es fundamental implementar un sistema de mantenimiento que proteja uno de los activos más importantes de la empresa.

4. JUSTIFICACION PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

Empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.** del sector metalmecánico tiene como propósito contar con equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

Para lograr este propósito, se hace imprescindible que la empresa cuente con un plan de mantenimiento preventivo que lleve a la empresa a la consecución de los siguientes objetivos:

- Aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas, es decir, aumentar la probabilidad de que un equipo o maquina funcione correctamente en el momento que se requiera.
- Garantizar la seguridad de los equipos y/o instalaciones para el personal. La finalidad de elaborar e implantar un mantenimiento correcto es la de garantizar la productividad de la maquinaria y la máxima seguridad del personal.
- Evitar la parada productiva y reducir los costos de las paradas ocasionadas por deficiencias en el mantenimiento de los equipos.
- Reducir los costes que se derivan del mantenimiento, optimizando los recursos. El hecho de tener un mantenimiento correctamente implantado en la empresa se traduce en una reducción de costes directos e indirectos, como las horas improductivas, las pérdidas de ventas o los costes de reparaciones, entre otros.
- Alargar la vida útil de las instalaciones y equipos: La reducción de los factores de desgaste, deterioro y roturas de las maquinas garantiza que los equipos alcancen una mayor vida útil.

5. OBJETIVOS DEL TRABAJO

5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un programa de mantenimiento preventivo para los equipos y maquinaria de la Empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.** que permita reducir los tiempos de paros no programados y sus costos asociados.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una auditoría de la gestión de mantenimiento en las máquinas y equipos de la Empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.**
- Realizar un inventario y codificación de los equipos de la empresa de acuerdo con la norma ISO 14224 definiendo la hoja de vida de cada uno y su ficha técnica.
- Realizar un análisis de criticidad basado en el método de factores ponderados de los equipos inventariados y desarrollo FMECA, con el fin de dar prioridad aquellos equipos más críticos.
- Definir índices de gestión que permitan cuantificar la reducción de tiempos por paros no programados y la reducción de los costos asociados a estos tiempos improductivos.
- Proponer el diseño y desarrollo de un Sistema de información de gestión de mantenimiento preventivo de los activos críticos de la Empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.** mediante macros de excel y una base de datos en ACCES que contenga los siguientes módulos:

- Hojas de vida
- Fichas técnicas
- Alarmas
- Orden de trabajo
- indicadores de gestión
- Capacitar al personal de la Empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.** en el nuevo plan de mantenimiento.

6. JUSTIFICACION DE LA SOLUCIÓN

Toda empresa del sector metalmecánico tiene como propósito contar con equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

Para lograr este propósito, se hace imprescindible que las empresas cuenten con un plan de mantenimiento que permita detectar a tiempo fallas que puedan llevar al mal funcionamiento de los equipos, evitar los altos costos de reparación y permitir una mayor duración de los mismos.

6.1 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

A continuación, se realizará un análisis de las posibles alternativas de solución que tiene una empresa para contar con un plan de mantenimiento y más adelante se estudiarán las ventajas de cada alternativa, lo cual permitirá determinar la mejor opción.

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

a. **Mantenimiento General:** es el que nace del criterio de preservación de todos aquellos bienes o útiles que constituyen elementos de desgaste en la producción. Requieren en su práctica de un plan lógico que tienda a minimizar aquellos factores que reducen su vida útil. Entre las tareas que se pueden realizar en este tipo de mantenimiento encontramos los ajustes, limpiezas y lubricaciones.

b. **Mantenimiento Correctivo:** el mantenimiento correctivo, también conocido como reactivo, es aquel que se realiza cuando se produce alguna falla en el equipo. Cuando se realizan estos mantenimientos, el proceso

productivo se detiene. Estos mantenimientos no se aplican si no existe ninguna falla. Es impredecible en cuanto a sus gastos y al tiempo que tomará realizarlo.

c. **Mantenimiento Preventivo:** este mantenimiento, también conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla en el equipo, es el que se realiza según datos entregados por los fabricantes. Como se hace de forma planificada, no como el anterior, se aprovechan las horas ociosas para llevarlo a cabo. Este mantenimiento sí es predecible con respecto a los costos que implicará así como también el tiempo que demandará.

d. **Mantenimiento Predictivo:** consiste en un conjunto de estudios que se van realizando, sin detener el normal funcionamiento de los equipos, con el fin de determinar la consicion tecnica del equipo y poder predecir anomalías en el desempeño de las tareas específicas. Llegado el caso en que se necesite realmente realizar alguna reparación en la máquina es posible elegir el mejor momento, es decir, el que produzca las menores pérdidas posibles.

e. **Mantenimiento Productivo total:** se presenta como una respuesta de mantenimiento frente al avance de las teorías de calidad que proponen un nueva modalidad de participación del operario. El mismo operario que atiende los equipos se ocupa del mantenimiento primario, es decir el mas elemental, incluyendo limpieza a fondo y lubricación . Con el tiempo va tomando mas tareas y puede hacerse responsable del equipo, lo que ha dado grandes resultados.

Los diferentes tipos de mantenimiento se pueden combinar de forma tal que se obtenga el máximo rendimiento de la planta o taller. Es decir, podemos realizar estudios constantes sobre las variables de funcionamiento de los equipos como para anticipar cualquier posible falla, y adelantando un poco las tareas que establece el mantenimiento preventivo (de forma que no se tengan que detener el equipo en el momento de mayor producción). En este esquema, también se puede realizar un mantenimiento correctivo en el muy poco

probable caso de la rotura inesperada de una pieza. Las presencias de todos estos métodos concurrentes en el tiempo tampoco invalidan la realización de un mantenimiento general básico constante.

6.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Los conceptos fundamentales de los distintos tipos de mantenimiento se resumen en la tabla No.3

Tabla 3 Ventajas y Desventajas de los diferentes tipos de mantenimiento

Mantenimiento	Concepto	Ventajas	Desventajas	Aplicación
Correctivo	Se ejecuta en caso de falla notable en el rendimiento operativo del equipo o inactividad total.		Incertidumbre sobre cuándo se producirá la falla, que puede ser en el momento más inconveniente e involucrar un alto costo.	En todos los casos.
Preventivo	Considera el historial de fallas en máquinas iguales para la programación de paradas y verificación.	El mantenimiento es programado para el momento productivo oportuno.	El mantenimiento puede ser innecesario.	Generalizada. No aplicable cuando las posibles averías no generan grandes gastos comparados con los de mantenimiento.

Predictivo	Monitoreo programable de variables indicativas del funcionamiento. Se ejecuta el mantenimiento cuando alguna/s de ellas se aleja/n de su/s valores promedio.	Se evitan desarmes innecesarios y se conoce el estado del equipo	Un monitoreo mal implementado o llevado someramente puede permitir que el equipo falle.	Cuando el costo de paradas (para una reparación más profunda en el caso de mantenimiento Correctivo, o de paradas innecesarias en el caso de mantenimiento Preventivo) justifica la implementación de este tipo.
------------	--	--	---	--

De acuerdo con el análisis anterior y teniendo en cuenta que la **Empresa I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S** no tienen definido un plan de mantenimiento que le permita aumentar la Confiabilidad y la vida útil de los equipos, disminuir el tiempo muerto (tiempo de parada de equipos/maquinaria) y Optimiza la utilización de recursos se ha diseñado un plan de mantenimiento preventivo que se describe en el presente documento.

Este programa pretende, además, cambiar la manera de cómo se práctica el mantenimiento dentro de la empresa, dejando de ser un mantenimiento netamente correctivo y pasando a ser un mantenimiento preventivo, el cual ayudará a aumentar la eficiencia de las máquinas, lo que a su vez tendrá una repercusión directa en la calidad del producto final. De esta forma y mejorando la calidad, la empresa tendría la posibilidad de dejar atrás el conocimiento empírico que posee, para convertirlo en un conocimiento más científico y

adecuado, creando así la oportunidad de entrar en un mercado más competitivo, siguiendo estándares de calidad previamente establecidos por la industria.

Los beneficios adquiridos con este plan de mantenimiento están relacionados directamente con la vida útil de los equipos y con la disminución de costos no presupuestados en un mantenimiento correctivo inesperado y aumentando la disponibilidad de los equipos.

7. DIAGNOSTICO

Teniendo en cuenta el levantamiento de información realizado a la empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S** mediante Registro fotográfico, Entrevistas, Encuestas, entre otros; se realizó un análisis de esta información dando como resultado un diagnóstico de su área de mantenimiento.

Este diagnóstico está compuesto por la auditoría realizada a la gestión de mantenimiento en las máquinas y por el Inventario hallado de los equipos de la empresa.

Los resultados de dicha auditoria y el inventario se presentan a continuación, así mismo se propone un modelo de codificación de los equipos de acuerdo con la norma ISO 14224, definiendo la hoja de vida de cada uno y su ficha técnica.

7.1 AUDITORIA

El objetivo principal de una auditoría de gestión de mantenimiento es identificar todos aquellos puntos susceptibles de optimización y proponer cambios organizativos y de gestión que supongan una mejora del sistema de mantenimiento.

Se trata de realizar una valoración de la gestión de la Empresa y realizar una identificación de mejoras. La auditoría no busca culpables, busca la mejora de los procesos y servicios de la Empresa.

Determina si un contratista de mantenimiento está realizando un trabajo adecuado en las instalaciones, o si, por el contrario, su gestión provocará una degradación acelerada de la instalación.

Para que el proceso de auditoría sea efectivo y tenga validez en la identificación de las falencias en el área de mantenimiento, se debe cumplir con unas etapas previas las cuales serán identificadas a continuación.

7.1.1 Reconocimiento del lugar. Se debe hacer un reconocimiento de las instalaciones (**INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.**) para que el auditor tenga una idea clara de cómo opera el mantenimiento actual de la empresa, lo que debe incluir, los lugares donde se realiza el mantenimiento y el personal involucrado.

7.1.2 Entrevistas. Es necesario realizar entrevistas con las personas que están involucradas con el área de mantenimiento.

El desarrollo y solución de las preguntas del test, se realizó con la colaboración del Ing. ERWIN RICARDO MORENO

7.1.3 Recolección de datos. Para este caso la información obtenida representa el inicio de un proceso de mejora en el departamento de mantenimiento (de manera preventiva) debido a que no se cuenta con ningún registro.

7.1.4 Actividades de un proceso de auditoría. La norma ISO 19011 estructura un proceso de auditoría de la siguiente forma:

- Inicio de la auditoría: donde se define el líder del equipo auditor, objetivos y alcance, viabilidad, etc.
- Revisión de la documentación: antes de las actividades de auditoría in situ, la documentación del auditado debe ser revisada para determinar la conformidad del sistema, según la documentación, con los criterios de auditoría. La documentación puede incluir documentos y registros pertinentes del sistema de gestión e informes de auditorías previas.
 - Preparación de las actividades de auditoría in situ.
 - Realización de las actividades de auditoría in situ.
 - Preparación, aprobación y distribución del informe de auditoría.
 - Finalización de la auditoría.

7.1.5 Compilación y análisis. Luego de realizar el levantamiento de la información y tomando como referencia el test sugerido en el capítulo 5 del libro “Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión” se llevó a cabo un test de auditoria de mantenimiento adaptándolo a las necesidades de la empresa, con el fin de tener un diagnostico cuantitativo e identificar las secciones críticas en esta área.

El test consta doce (12) Bloques de autoanálisis que contemplan ciento veintiocho 128 preguntas claves organizadas, tal como se ilustra en la tabla No. 4:

Tabla 4 Organización Estructural Test para auditoria de Mantenimiento

ITEM	DESCRIPCIÓN
Organización General	Organización y Estructura. Planificación, Coordinación y Control. Funciones y Responsabilidades. Planificación.
Métodos y sistemas de Trabajo	Métodos y procedimientos. Preparación. Clasificación. Documentación y Archivo. Inventario
Control Técnico de Instalaciones y Equipos	Codificación Hojas de vida Documentación Clasificada. Priorización de Actividades Acciones de Mantenimiento.
Gestión De Carga De Trabajo	Planeación de Trabajo. Solicitudes de Trabajo
Compra Y Registro De Repuestos Y Equipos	Stock de Repuestos. Compra de Equipos y Partes Proveedores.

Sistemas Informáticos	Procedimientos. Software Especializado Espacio Asignado a las Secciones de la Empresa.
Organización del Taller del Mantenimiento.	Instrucciones y Protocolos Establecidos Herramientas, Transporte y Utillaje. Zonas de inventario. Inventario de Herramientas.
Herramientas Y Medios De Prueba	Calibración de Herramientas. Disposición de caja de Herramientas Fichas Técnicas Planos
Documentación Técnica	Manuales de Operación y Mantenimiento Documentación clasificada. Dirección y control de actividades Formación
Personal y Formación	Seguridad y prevención Entrenamiento.
Contratación	Servicio Empresas Contratistas Plan de mantenimiento preventivo Informes
Control de la Actividad	Indicadores Eficiencia Costos del mantenimiento

Nota. Fuente: González, F. (2004). Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. Madrid: Fundación Confemetal

Cada pregunta tiene una valorización entre 1, 3 y 5 dependiendo de la trascendencia que la misma tiene sobre el bloque analizado. Este puntaje permite medir el estado de las secciones del área de mantenimiento y de cierta forma jerarquizarlas.

La evaluación se realizó asignando una puntuación de la siguiente manera:

[1] Situación Desfavorable.

[3] Situación Aceptable

[5] Situación Muy Favorable.

El cuestionario permitirá tener sobre el área auditada una evaluación global y posibilitara el diagnostico en las áreas que tengan la calificación más baja, ayudando a enfocar las mejoras a dichas falencias y a fortalecer el departamento de mantenimiento.

7.1.6 Resultados del test de auditoría y su representación grafica. Los resultados del test realizado se encuentran en la Tabla No. 5.

Tabla 5 Resultados test auditoria Mantenimiento Aplicado empresa

AREA AUDITADA	PUNTAJE
Organización General	35
Métodos y sistemas de Trabajo	44
Control Técnico de Instalaciones y Equipos	40
Gestión De Carga De Trabajo	40
Compra Y Registro De Repuestos Y Equipos	39
Sistemas Informáticos	13
Organización del Taller del Mantenimiento.	15
Herramientas Y Medios De Prueba	36
Documentación Técnica	15
Personal y Formación	31
Contratación	40
Control de la Actividad	12

Una vez obtenido el puntaje por cada área se realizó un gráfico radial (ver figura No. 11) en el cual se presenta los valores ideales para cada área, así mismo el puntaje mínimo y el valor real obtenido. Esta comparación permite identificar aquellas áreas débiles que obtuvieron menor puntaje por debajo del mínimo.

El valor ideal para cada área auditada se obtiene de multiplicar el máximo puntaje que se pueda obtener en una pregunta (5) por el número de preguntas de esa área, de la misma manera se obtuvo el valor deseable y corresponde al valor deseable que se puede obtener en una pregunta (3) por el número de preguntas. En la tabla No. 6 se presenta esta comparación.

Tabla 6 Resultados test Auditoria Mantenimiento Aplicado

AREA AUDITADA	VALOR ACEPTABLE	VALOR REAL	VALOR DESEABLE
Organización General	27	35	45
Métodos y sistemas de Trabajo	36	45	60
Control Técnico de Instalaciones y Equipos	36	40	60
Gestión De Carga De Trabajo	36	40	60
Compra Y Registro De Repuestos Y Equipos	36	39	60
Sistemas Informáticos	30	13	50
Organización del Taller del Mantenimiento.	24	15	40
Herramientas Y Medios De Prueba	24	36	40
Documentación Técnica	24	15	40
Personal y Formación	42	31	70

Contratación	30	40	50
Control de la Actividad	30	12	50

Figura 11. Gráfico Radial de los resultados de la Auditoria de Mantenimiento



Del gráfico obtenido se destacan las áreas más fuertes como Métodos y sistemas de trabajo, Control Técnico de Instalaciones y Equipos y Gestión de Carga de Trabajo; así mismo, las áreas más débiles que obtuvieron los resultados más bajos se detallan a continuación y serán las áreas en las cuales deberán centrarse los esfuerzos para mejorar el área de mantenimiento.

- Sistemas informáticos
- Organización del taller de mantenimiento
- Documentación Técnica
- Personal y Formación

Este resultado refleja claramente la carencia del departamento de mantenimiento y la modalidad empleada actualmente (servicio contratado)

El cuestionario de preguntas realizadas se detalla en el Anexo 1

7.1.7 Diagnóstico. La empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S**, carece de un departamento de mantenimiento estructurado adecuadamente, y esto se ve reflejado en el resultado de la encuesta realizada dónde las áreas de Sistema de Información, Organización del taller de mantenimiento, Herramientas y medios de prueba y Control de la actividad obtuvieron el puntaje más bajo.

Como no cuenta con un departamento de mantenimiento, no se cuenta con ningún tipo de registro o documentación que permita desarrollar actividades de planeación y control.

Estas áreas que alcanzaron los menores puntajes deberán ser contempladas en el plan de acción que se propone más adelante en el Capítulo 9.

7.2 INVENTARIO

Como primer paso para la realización objetiva de este plan de mantenimiento se realizó un inventario de la maquinaria, con la colaboración del asesor de la empresa, se incluyeron los equipos de mayor participación en el proceso productivo de la empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S**. Además, se dejó planteada la posibilidad de incluir, modificar o eliminar equipos del inventario de la maquinaria en un futuro en el sistema de información.

El inventario real de la empresa se detalla en la tabla No. 7

Tabla 7 Inventario Maquinaria y Equipo

No.	Tipo	Nombre	Fabricante	Modelo	Serie	Año	Documentación Técnica					Mantenimiento		
							FM	MO	P	FT	C	MM	ME	CL
1	EP	Centro de Mecanizado	LEADWELL	V-30I	L2TAJ0448	sept-10	X	X	X		X	X	X	X
2	EP	Centro de Mecanizado	LEADWELL	V-40	L2TJH0423	dic-08	X	X	X		X	X	X	X
3	EP	Centro de Mecanizado	LEADWELL	V-40	L2TJG0320	dic-07	X	X	X		X	X	X	X
4	EP	Torno manual	LEADWELL	LTC-20B	L2TJF03377	ene-11	X	X	X		X	X	X	X
5	EP	Centro de Mecanizado	DOOSAN	LYNX220LC	ML0022-005505	ene-12	X	X	X		X	X	X	X
6	EP	Cortadora por Hilo	NEW_AR	GK-5										
7	ES	Chip Conveyor	SUNG WOO	L222	1201031		X	X	X		X	X	X	X
8	ES	Torno Convencional	IMOTURN	A-77	C11MSH103	mar-06	X	X			X			X
9	ES	Torno Convencional	IMOTURN	A-60	C11MXJ367	jun-07	X	X			X			X
10	ES	Torno Convencional	WINSTON	RF-440	CS5260B	sept-09	X	X			X			X
11	ES	Taladro Fresador	IMOMILL	TF-01	MN2017B	dic-10	X	X			X			X
12	ES	Taladro Fresador	IMOMILL	XZ5150	MN671C	ene-11	X	X			X			X

EP Equipo Principal

ES Equipo Secundario

FM Manual de Fabricante

MM Mantenimiento Mecánico

MO Manual de Operación

ME Mantenimiento Eléctrico

P Planos

CL Carta de Lubricación

FT Ficha Técnica

C Catálogo

7.3 CODIFICACIÓN

La elaboración de esta codificación se hizo teniendo en cuenta de los lineamientos establecidos por la norma ISO 14224. A partir de la estructura presentada por la norma, acorde a un orden de jerarquía, se establecen cuáles son las clases de equipos.

7.3.1 Clasificación de los equipos. Los equipos se clasifican en tres grupos teniendo en cuenta el grado de impacto en la cadena de producción, ocasionado por una falla en el mismo:

- Críticos: Afectan la seguridad de las personas, el medio ambiente, la producción o los costos de mantenimiento.
- Esenciales: Equipos esenciales para la seguridad o producción, cuyo fallo puede limitar la seguridad de las personas, el medio ambiente, la producción o los costos de mantenimiento, pero hay una solución alternativa. Equipos que tienen por lo menos un equipo redundante o de respaldo en buen estado.
- De propósito general: Equipos cuyo paro no afecta ni la seguridad, medio ambiente, producción y su costo de mantenimiento es bajo

7.3.2 Estructura del código. Este código alfanumérico diseñado especialmente para la empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S**; constará de 8 dígitos organizados de la siguiente manera: los tres primeros dígitos representaran el área, el cuarto dígito representará el nivel de criticidad del equipo, el quinto y sexto dígito corresponden a las iniciales del nombre del equipo y los dos últimos dígitos corresponden al consecutivo.

XXX-XX-XX



A B C

Donde A Área

B Clase de Equipo

C Consecutivo

El código definido para las áreas es:

Área	Código
Diseño	DSÑ
Corte	CRT
Mecanizado	MCZ
Rectificado	RTF

La clase de equipo está compuesto por dos partes:

- Clasificación del equipo

C: Críticos

E: Esenciales

P: Propósito General

En la tabla No. 8 se presenta el resultado de la codificación implementada para la empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S**

Tabla 8 Codificación Maquinaria y Equipos

Cód. Área	Cód. Clase	Cons.	Código Equipo	Nombre	Fabricante	Modelo
MCZ	CR	01	MCZCR01	Centro de Mecanizado 1	LEADWELL	V-30I
MCZ	ES	01	MCZES01	Centro de Mecanizado 2	LEADWELL	V-40
MCZ	ES	02	MCZES02	Centro de Mecanizado 3	LEADWELL	V-40
MCZ	ES	03	MCZES03	Torno manual	LEADWELL	LTC-20B
MCZ	CR	02	MCZCR02	Centro de Mecanizado 4	DOOSAN	LYNX220LC
CRT	ES	01	CTRES01	Cortadora por Hilo	NEW_AR SUNG	GK-5
RTF	ES	01	RTFES01	Chip Conveyor	WOO	L222
MCZ	PG	01	MCZPG01	Torno Convencional	IMOTURN	A-77
MCZ	PG	02	MCZPG02	Torno Convencional	IMOTURN	A-60
MCZ	PG	03	MCZPG03	Torno Convencional	WINSTON	RF-440
RTF	PG	01	RTFPG01	Taladro Fresador	IMOMILL	TF-01
RTF	PG	02	RTFPG02	Taladro Fresador	IMOMILL	XZ5150



7.4 FICHAS TÉCNICAS

Es el registro donde se consignan las características técnicas y variables físicas de cada equipo, debe contener los datos más sobresalientes que afecten al mantenimiento del mismo. Durante la auditoria de mantenimiento

llevada a cabo en **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S**, se registraron grandes debilidades en esta área.

La ficha técnica para el equipo Centro de Mecanizado 1 V30i se presenta en la Figura No. 12.

Figura 12 Ficha Técnica Equipo CNC V30I

		FICHA TÉCNICA Versión 01	
DATOS DEL EQUIPO			
EQUIPO: Centro de Mecanizado 1		MODELO: V-30I	SERIE: L2TAJ0448
FABRICANTE: LEADWELL		CÓDIGO: MCZCR01	AÑO DE FABRICACIÓN: 2010
PESO TOTAL: 9920 Lbs	X(largo): 82 In	Y(ancho): 96 In	Z(alto): 107 In
CLASE		MANTENIMIENTO	
CRÍTICO	X	CONTRATADO:	X
ESENCIAL		PROPIO:	
DE PROPOSITO GENERAL		PROVEEDOR:	TEL:
SISTEMAS			
ELÉCTRICO	X	VOLTAJE [V] 440	CORRIENTE [A]:
NEUMÁTICO	X	PRES. MAX 9.9 kgf/c m ²	PRES. MIN: 1 kgf/c m ²
REFRIGERACIÓN	X	TEMP. LIQUIDO: 0°C - +90°C PRES. OPERACIONAL: 10 bars	
LUBRICACIÓN	X	VER TABLA LUBRICANTES RECOMENDADOS	
INTERCAMBIADOR DE CALOR	X	CAP. ENFRIAM.: 25 w/°k	VOLTAJE: AC 220V
			CORREINTE: 0,6 A
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
CAPACIDAD	No. EJES:	3	HUSILLO
	DESPLAZAMIENTO X	30.000 in	
	DESPLAZAMIENTO Y	16.000 in	
	DESPLAZAMIENTO Z	16.000 in	
			TIPO: Fijo
			ORIENTACION: Vertical
			RPM: 8.000
			HP: 7,5
MOTORES ELÉCTRICOS			
NOMBRE	KW	HP	TIPO
Motor del Husillo	7,5	10	αp12/8000i
Motor del avance del eje X	1,2	1,6	αc8/2000i
Motor del avance del eje Y	1,2	1,6	αc8/2000i
Motor del avance del eje Z	1,8	2,4	αc12/2000i
FOTOGRAFIA DEL EQUIPO			
			

Las demás fichas técnicas correspondientes a los otros equipos se presentan en el Anexo 2

7.5 LUBRICACIÓN

Las cartas de lubricación para maquinaria, son herramientas de información real y actualizada que nos permiten conocer las mejores prácticas de lubricación, estandarizar los lubricantes, es decir darles relación de uso específica en los componentes y lubricantes empleados. Las cartas de lubricación nos permiten hacer la correcta selección entre el lubricante y su aplicación, para así evitar altos costos, como lo puede ser por utilizar lubricantes de alto desempeño en zonas donde no lo requiera, o por lo contrario lubricantes que no cumplan con las exigencias y deterioren la vida útil de los componentes

7.5.1 Placa de lubricación. La placa de lubricación es un documento donde se reúnen todas las indicaciones y recomendaciones que se deben seguir en materia de lubricación con el fin de garantizar la vida de la máquina.

Algunos de los riesgos más grandes en el que se suele incurrir por no contar con un plan de lubricación adecuado son: mezclar grasas incompatibles, aceites de diferentes clases y/o aplicar una cantidad incorrecta de lubricante. Por ello, es importante mantener la información disponible, al alcance de todos, para asegurar que en todo momento se aplique el lubricante correcto, en la cantidad correcta, y con la frecuencia apropiada.

La carta de lubricación para el equipo Centro de Mecanizado 1 V30i se presenta en la tabla No. 9.

Tabla 9 Carta de Lubricación CNC V30I

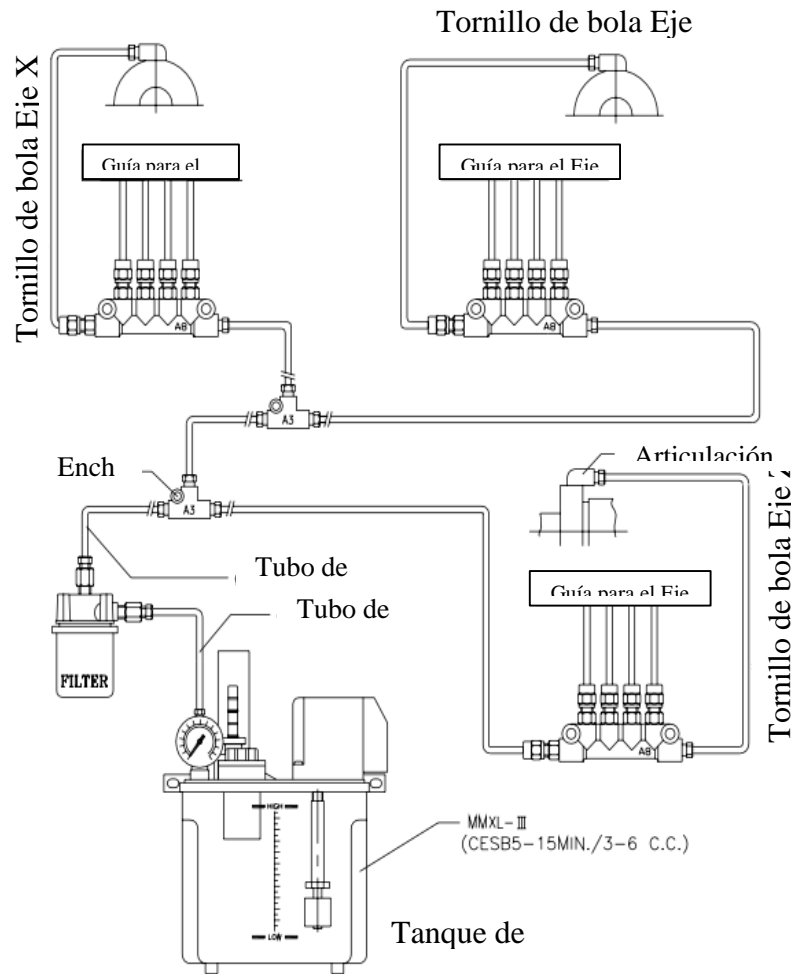
SISTEMA		MOBIL	SHELL	ESSO	CASTROL
AUTOLUBRICADOR		VACTRA 2	TONNA T68	FEBIS K68	MAGNA BD68
REFRIGERACIÓN ACEITE	DE	VELOCITE 12	TURBO T32	SPINESSO 22	HYSPINVG32 PERFECTO T32
HIDRÁULICO		DTE LIGHT	TELLUS 32	NUTO H32	HYSPIN AWS32
ENGRANAJE ROTATIVA	MESA	MOBILGARD	OMALA 150	SPARTAN EP 150	ALPHA SP150
ENGRANAJE DEL MOTOR		DTE HEAVY MEDIUM	TELLUS 68	NUTO H68	ALPHA SP68

Las demás cartas de lubricación definidas para los equipos de la empresa se encuentran en el Anexo 3.

7.5.2 Esquemas de lubricación. Permite la identificación de los puntos de lubricación en los equipos.

El esquema de lubricación para el equipo Centro de Mecanizado 1V30i se presenta en la Figura No. 13.

Figura 13 Esquema de lubricación CNC V301



Los esquemas de lubricación definidas para los equipos de la empresa se encuentran en el Anexo 4.


7.6 HOJAS DE VIDA

La hoja de vida de un equipo es uno de los instrumentos más importantes al momento de elaborar un plan de mantenimiento. En la hoja de vida se registran todos los paros no programados, reparaciones, mantenimientos programados, inspecciones etc que se realizan a un equipo; permitiendo obtener un histórico de toda la vida útil de la máquina.

El análisis de las hojas de vida nos determina la periodicidad de cambios de algún repuesto, nos demarca que repuesto es más factible a cambio y nos permite intervenir este a tiempo.

La orden de trabajo diseñada para la empresa **I.M INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S** se describe en la Figura No. 14 y a modo de ejemplo se consigna información del equipo equipo Centro de Mecanizado 1 V30i.

Figura 14 Formato Hoja de Vida Diseñada para la empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S**

		HOJA DE VIDA Versión 01				
DATOS DEL EQUIPO						
EQUIPO: Centro de Mecanizado 1			MODELO: V30I		SERIE: L2TAI0448	
FABRICANTE: LEADWELL			CÓDIGO: MCZCR01		AÑO PUESTA EN MARCHA: 2010	
FECHA	O.T. #	CAUSA RAIZ	ACTIVIDAD REALIZADA	TÉCNICO	TIMPO (HRS)	COSTO
25-jun-16	001	Ruido del Husillo	Limpieza del mandril y aplicación aceite	Javier Torres	3	5.000
2-jul-16	002	Mantenimiento Semanal	Mantenimiento Programado	Javier Torres	8	55.000
19-jul-17	003	Fuga de aceite hidraulico	Ajsute del sistema y limpieza del tanque	Javier Torres	4	48.000

8 ANALISIS DE CRITICIDAD

Metodología que permite establecer la jerarquía o la prioridad de los equipos con el fin de identificar cuáles son los más claves dentro de la cadena de producción.

Para llevar a cabo este estudio de criticidad, se utilizó el método de factores ponderados basado en el concepto de riesgo.

8.1 MÉTODO DE FACTORES PONDERADOS BASADOS EN EL CONCEPTO DE RIESGO

El análisis de criticidad es una herramienta de suma importancia dentro de un sistema de mantenimiento con enfoque TPM; su función básica es identificar y jerarquizar la maquinaria de acuerdo a su importancia dentro del proceso productivo de la empresa, clasificando los equipos en dos grandes grupos: maquinaria de mantenimiento preventivo y correctivo.

Este modelo de análisis de criticidad, se conoce como modelo de factores separados, basado en el concepto de riesgo, el cual fue desarrollado por el grupo de consultoría inglesa The Woodhouse Parthnership Limited y lo describiré a continuación en la Tabla No. 10.

Tabla 10 Método de los factores ponderados⁵

FRECUENCIA DE FALLAS		COSTO DE MANTENIMEINTO	
Pobre > 2 fallas /año	4	>= 5% del costo del equipo	2
Promedio 1-2 fallas/año	3	< 5%del costo equipo	1
Buena 0.5-1 fallas/año	2		

⁵ GONZALES B. Carlos Ramon. Conferencias de ingeniería de mantenimiento. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. UIS. 2001

Excelente < 0.5 fallas/año	1	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE	
IMPACTO OPERACIONAL		Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externos de la organización	8
Perdida de todo el despacho	10		
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7		7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	Afecta el ambiente/instalaciones	
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4	Provoca daños menores (ambiente-seguridad)	3
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2	No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambiente	1
Función de repuesto disponible	1		

Una vez que se evalúan en consenso cada uno de los factores presentados en la tabla anterior, se introducen en la fórmula de Criticidad Total y se obtiene el valor global de criticidad. Este valor se determina mediante:

$$\text{CRITICIDAD TOTAL} = \text{FRECUENCIA DE FALLAS} \times \text{CONSECUENCIA}$$

En dónde;

$$\text{CONSECUENCIA} = [(\text{IMPACTO OPER.} \times \text{FLEXIB.}) + \text{COSTO MTTO} + \text{IMPACTO SAH.}]$$

Una vez realizado el cálculo del valor de criticidad de los equipos se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X y de esta forma

obtener el nivel de criticidad de cada sistema. La matriz de criticidad que se presenta a continuación en la figura No. 15 permite jerarquizar los sistemas en tres áreas:

Figura 15 Matriz de Priorización⁶.

4	MC	MC	C	C	C
3	MC	MC	MC	C	C
2	NC	NC	MC	C	C
1	NC	NC	NC	MC	C
	10	20	30	40	50

Nota. Fuente: Moncada, D, & Rodriguez, E, & Quiñones, J. (2009). Investigación en metodologías de análisis de falla (Tesis de grado Ing. Mecánico). UIS, Bucaramanga, Colombia

Donde:

NC (Área de sistemas No Críticos): Son equipos que en el caso de fallar no repercutirán de manera importante en el proceso productivo.

MC (Área de sistemas de Media Criticidad): Son equipos que en caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permiten lapsos relativamente largos para reparar la avería.

C (Área de Sistemas Críticos): Son equipos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación es de carácter urgente.

⁶ MOCADA Duvan. RODRÍGUEZ, Edder y QUIÑONEZ, Jelder .Seminario De Investigación en metodologías de análisis de falla. Tesis de Grado Ingeniero Mecánico. Bucaramanga. Uis.Escuela de Ingeniería Mecánica. 2009.113 P.

8.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Conocida la metodología del modo para análisis de criticidad por factores ponderados, se procedió a la aplicación del mismo a cada una de las máquinas que se encontraban registradas en el inventario, proceso que se estructuró, registró y resumió en el formato diseñado para la empresa para este fin (véase tabla No. 11), en ella se detallan los resultados parciales del análisis. Los resultados totales de cada una de las variables expuestas anteriormente se detallan en el Anexo 5.

Tabla 11 Resultado Analisis de Criticidad

Código	Equipo	F.F.	I.O.	F.O.	C.M.	I.S.A.H.	CONS.	CR.	Nivel
MCZCR01	Centro de Mecanizado 1	4	7	2	1	1	16	64	C
MCZES01	Centro de Mecanizado 2	2	7	2	1	1	16	32	C
MCZES02	Centro de Mecanizado 3	2	4	1	1	1	6	12	NC
MCZES03	Centro de Mecanizado 4	3	4	2	1	1	10	30	MC
MCZCR02	Torno manual	2	3	3	1	1	11	22	MC
CTRES01	Cortadora por Hilo	2	1	1	1	1	3	6	NC
RTFES01	Chip Conveyor	1	1	1	1	1	3	3	NC
MCZPG01	Torno Convencional	1	4	1	1	1	6	6	NC
MCZPG02	Torno Convencional	2	2	1	1	1	4	8	NC
MCZPG03	Torno Convencional	1	3	1	1	1	5	5	NC
RTFPG01	Taladro Fresador	1	1	1	1	1	3	3	NC
RTFPG02	Taladro Fresador	2	4	1	1	1	6	12	NC

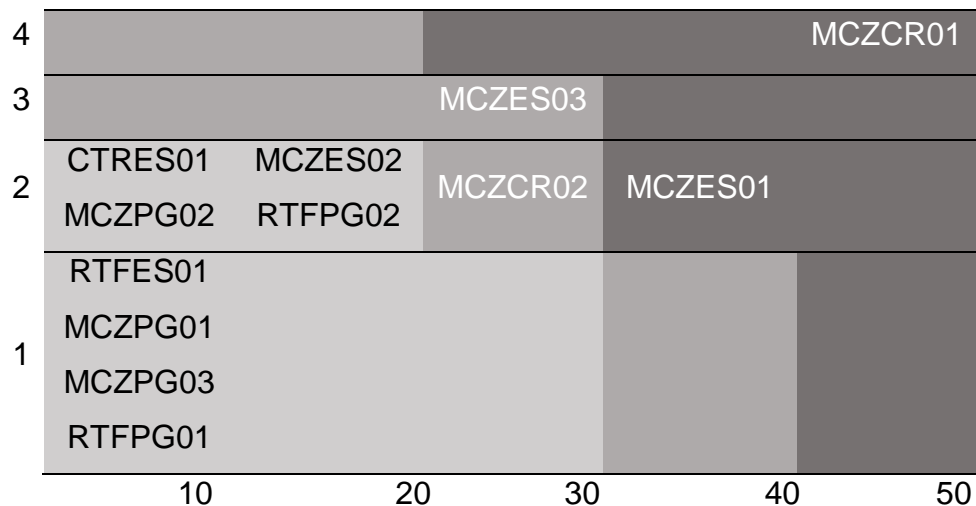
Nota: F.F: Frecuencia de falla; I.O: Impacto operacional; F.O: Flexibilidad operacional; C.M: Costo de mantenimiento; I.S.A.H: Impacto en seguridad, ambiente e higiene; CONS: Consecuencia; CR: Criticidad.

La información de la tabla 11, evidencia claramente como la maquinaria ubicada en un nivel de criticidad alto (C) y medio nivel de criticidad (MC), son relevantes dentro del óptimo funcionamiento de estos equipos, lo que significa

una parada obligatoria del sistema o subsistema a los cuales pertenece, por tal razón, estas máquinas sin duda alguna, son los que deben ser incluidas dentro del programa de mantenimiento preventivo, sometiéndolas a revisiones periódicas con el fin de disminuir probabilidad de daños, evitando así paradas de emergencia, las cuales deterioran los niveles productivos de la fábrica.

En la figura No. 16 se ubican los Tags de los equipos de acuerdo con el resultado obtenido en la matriz de criticidad.

Figura 16 Matriz de Criticidad TAG's



Los Equipos Críticos son los localizados en los cuadros más oscuros, los equipos ubicados en los cuadros menos oscuros son no críticos.

Finalmente el análisis de criticidad aplicado no arroja resultados estáticos, por el contrario es una herramienta dinámica dentro de la administración del mantenimiento, ya que dependiendo de las condiciones de crecimiento y producción de la empresa, las variables que atañen a los equipos pueden variar con el tiempo, además, se debe tener presente la adquisición de nueva maquinaria, la cual afecta directamente el grado de criticidad de los restantes equipos con cuenta la empresa, debido a esto **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S** implemento el formato mostrado en la tabla 5 como un

elemento permanente dentro de su sistema de gestión de la calidad , en busca de actualizarlo anualmente o cuando se incluyan nuevos equipos en la planta, puesto que ha evidenciado en forma no solo cualitativa sino también cuantitativa las debilidades y fortalezas de la planta de producción, convirtiéndose en una herramienta importante cuando se trata de proyectar e invertir en infraestructura, programar producción e incrementar los niveles de la misma.

9. PLAN DE MANTENIMIENTO

El desarrollo del plan de mantenimiento preventivo se basó en el análisis de criticidad realizado a los equipos de la empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S**, luego se establecieron los equipos que presentaron un nivel de criticidad alto (> 20), para así intervenir de manera adecuada en los equipos que requieren mayor atención.

9.1 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se define como un plan de actividades periódicas y programadas realizadas de manera sistemáticas con el fin de conservar las condiciones de operación satisfactorias, a través de inspección, ubicación de defectos, prevención de fallas que puedan conducir a paradas imprevistas.

Del mismo modo, se puede afirmar, que este tipo de mantenimiento se programa con el objeto de ajustar, reparar o cambiar partes del equipo antes de que ocurra una falla o daños mayores, eliminando o reduciendo al mínimo los gastos de mantenimiento. Las actividades de mantenimiento preventivo que conformarán este plan son:


9.1.1 Mantenimiento autónomo El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores.

Este conjunto incluye inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento.

A modo de ejemplo a continuación se detalla el mantenimiento autónomo para el equipo Centro de Mecanizado 1 V30i.


1. Antes de Encender el equipo se debe realizar el Check List que se presenta en la Figura No. 17.

Figura 17 Formato para Inspección Diaria antes de Operar Equipo CNC V30i

INSPECCION DIARIA EQUIPOS CNC V30/40 ANTES DE ENCENDER EL EQUIPO						
						
DATOS DEL EQUIPO						
EQUIPO: Centro de Mecanizado 1				MODELO: V30i		
FABRICANTE: LEADWELL				CÓDIGO: MCZCR01		
LISTA DE VERIFICACION	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3	FECHA 4	FECHA 5	GENERA OT S/N
Inspeccione si el cable de alimentación y el cable externo están normalmente conectados y la capacidad de voltaje coincide con el voltaje requerido por la maquina	X	X	X	X	X	N
Compruebe si hay fugas de aceite o refrigerante en las tuberías hidráulicas o de refrigeración.	X	X	X	X	X	N
Compruebe si hay suficiente aceite para la unidad hidráulica, la unidad de lubricación y la unidad de refrigeración.	X	X	X	X	X	N
Compruebe si los manómetros de la unidad hidráulica y de la unidad neumática están en la posición cero.	X	X	X	X	X	N
Compruebe si la unidad de cambio automático de herramientas está en la posición normal.	X	X	X	X	X	N
OBSERVACIONES:						
REALIZADA POR <u>EFRAIN RAMIREZ B.</u>				EVALUADA POR: <u>JESUS PEREZ M.</u>		
(Nombre)				(Nombre)		

2. Después de encender el equipo también se debe realizar el check list que se presenta en la figura No. 18.

Figura 18 Formato para Inspección Diaria después de Operar Equipo CNC V30


INSPECCION DIARIA EQUIPOS CNC V30/40 DESPUES DE ENCENDER EL EQUIPO						
						
DATOS DEL EQUIPO						
EQUIPO: Centro de Mecanizado 1			MODELO: V30i			
FABRICANTE: LEADWELL			CÓDIGO: MCZCR01			
LISTA DE VERIFICACION	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3	FECHA 4	FECHA 5	GENERA OT S/N
Compruebe si hay un mensaje de alarma después de la alimentación de NC.	X	X	X	X	X	N
NC debe estar listo para ejecutar el programa.	X	X	X	X	X	N
Todos los componentes una vez encendida la máquina, deben funcionar en condiciones normales sin ruido.	X	X	X	X	X	N
El manómetro para el sistema neumático debe estar a 6 kg / cm ² .	X	X	X	X	X	N
El lubricador automático debe ser accionado para bombear aceite con un ajuste de flujo de 3-6 cc / ciclo.	X	X	X	X	X	N
El lubricante debe fluir a las correderas.	X	X	X	X	X	N
Los limpiaparabrisas de las cubiertas telescópicas deben limpiarse de virutas.	X	X	X	X	X	N
Pruebe la unidad de cambio de herramientas y asegúrese de que la unidad pueda trabajar sin problemas	X	X	X	X	X	N
OBSERVACIONES:						
REALIZADA POR: <u>EFRAIN RAMIREZ B.</u>			EVALUADA POR: <u>JESUS PEREZ M.</u>			
(Nombre)			(Nombre)			

9.1.2 Inspecciones Periódicas Programadas. Consiste en revisar a intervalos fijos, independientemente de su estado original, piezas o componentes de las máquinas y equipos críticos en el proceso de producción.

El propósito principal de las inspecciones es obtener información útil acerca del estado de las partes del equipo. La información de estas inspecciones es utilizada para predecir fallas y planear acciones de mantenimiento, dependiendo del estado del equipo.

A modo de ejemplo a continuación se presenta en la figura No. 19 el formato para mantenimiento Semanal para el equipo Centro de Mecanizado 1 V30i.


Figura 19 Formato para Inspeccion Semanal del Equipo CNC V30i

INSPECCION SEMANAL EQUIPOS CNC V30/40						
						
DATOS DEL EQUIPO						
EQUIPO: Centro de Mecanizado 1			MODELO: V30i			
FABRICANTE: LEADWELL			CÓDIGO: MCZCR01			
LISTA DE VERIFICACION	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3	FECHA 4	FECHA 5	GENERA OT S/N
Limpie la red del ventilador del intercambiador de calor en el armario eléctrico.						
Limpie la red del ventilador del refrigerador de aceite del husillo.						
Limpie la red del ventilador del motor del tanque hidráulico.						
Limpie el ventilador del motor del transportador de virutas.						
Limpie la red del filtro dentro del tanque de refrigerante.						
Limpie el ventilador del motor ATC y el freno del motor circundante.						
Llene la grasa del equipo caliente de la unidad de transmisión ATC.						
OBSERVACIONES:						
REALIZADA POR EFRAIN RAMIREZ B. _____			EVALUADA POR: JESUS PEREZ M. _____			
(Nombre)			(Nombre)			

9.1.3 Inspecciones de Rutina. Es el conjunto de actividades de mantenimiento de primer nivel que ejecuta el operario al inicio y durante la marcha del equipo. Las inspecciones de rutina incluyen actividades de detección de fallas, lubricación, ajustes y aseo del equipo. A este tipo de inspección se le llama mantenimiento autónomo.

Continuando con el ejemplo, en la figura No. 20 se detalla el formato para el mantenimiento rutinario que se debe realizar al finalizar la jornada laboral para el equipo Centro de Mecanizado 1 V30i.

Figura 20 Formato para Inspeccion Rutinaria al finalizar la jornada Equipo CNC V30i

INSPECCION DIARIA EQUIPOS CNC V30/40 AL FINALIZAR LA JORNADA						
						
DATOS DEL EQUIPO						
EQUIPO: Centro de Mecanizado 1			MODELO: V30i			
FABRICANTE: LEADWELL			CÓDIGO: MCZCR01			
LISTA DE VERIFICACION	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3	FECHA 4	FECHA 5	GENERA OT S/N
Inspeccione el nivel de aceite del tanque del lubricador automático y si es necesario llenelo nuevamente.	X	X	X	X	X	N
Si hay agua o suciedad en el tanque, drenar y cambiar por aceite limpio	X	X	X	X	X	N
Compruebe el nivel de refrigerante para volver a llenar y enjuagar la bomba con agua limpia si hay impurezas después del uso.	X	X	X	X	X	N
Limpie las virutas del tanque de la viruta, el transportador, la extremidad de la herramienta y el compartimento de la herramienta.	X	X	X	X	X	N
Retire y acopie todas las virutas en el cubo de la viruta	X	X	X	X	X	N
Desconectar la máquina de la fuente de alimentación eléctrica.	X	X	X	X	X	N
OBSERVACIONES:						
REALIZADA POR: EFRAIN RAMIREZ B.			EVALUADA POR: JESUS PEREZ M.			
(Nombre)			(Nombre)			

9.1.4 Inspecciones Periódicas:

Estas inspecciones, que por su mayor importancia, frecuencia y cantidad de ítems diferentes se realizan en forma periódica, con el objeto de la detección precoz del comienzo de anomalías o futuras fallas técnicas. Este tipo de inspecciones involucran actividades de mantenimiento tipo mecánico y eléctrico.

Continuando con el ejemplo, en la figura No. 21 y Figura No. 22 se detalla el formato para el mantenimiento Semestral y Anual respectivamente del equipo Centro de Mecanizado 1 V30i.

Figura 21 Formato para Inspeccion Semestral del Equipo CNC V30i



INSPECCION PROGRAMADA EQUIPOS CNC V30/40						
SEMESTRAL						
						
DATOS DEL EQUIPO						
EQUIPO: Centro de Mecanizado 1				MODELO: V30i		
FABRICANTE: LEADWELL				CÓDIGO: MCZCR01		
LISTA DE VERIFICACION	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3	FECHA 4	FECHA 5	GENERA OT S/N
Compruebe y reajuste el nivel de la máquina y la precisión estática.						
Inspeccione la posición inicial y restablezca, si es necesario.						
Asegúrese de que haya suficiente lubricante en la guía de deslizamiento, engranaje del reductor y cambie o rellene con aceite nuevo si es necesario						
Inspeccione la holgura del tornillo de bola en tres ejes.						
Inspeccione la exactitud repetitiva y la precisión geométrica de la máquina.						
Reemplace la red del ventilador del intercambiador de calor en el armario eléctrico.						
Reemplace el filtro en el tanque hidráulico u otras piezas accesorias.						
Limpie el motor eléctrico exterior y apague primero la alimentación.						
Antes de limpiar el chip o la suciedad en el bloque de conducción del sensor y del interruptor magnético, apague la alimentación.						
Compruebe la función suave de todos los finales de carrera para los ejes y limpie la suciedad o reajuste la posición, si es necesario						
OBSERVACIONES:						
REALIZADA POR EFRAIN RAMIREZ B. _____			EVALUADA POR: JESUS PEREZ M. _____			
(Nombre)			(Nombre)			

Figura 22 Formato para Inspección Anual del Equipo CNC V30i

INSPECCION PROGRAMADA EQUIPOS CNC V30/40 ANUAL						
						
DATOS DEL EQUIPO						
EQUIPO: Centro de Mecanizado 1			MODELO: V30i			
FABRICANTE: LEADWELL			CÓDIGO: MCZCR01			
LISTA DE VERIFICACION	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3	FECHA 4	FECHA 5	GENERA OT S/N
Siga los mismos procedimientos mencionados anteriormente para el mantenimiento semestral.						
Reemplace el aceite hidráulico y el filtro de aceite de acuerdo con la recomendación de aceite.						
Reemplace el filtro del lubricador automático y limpie el tanque de lubricación y el tanque de refrigerante.						
Compruebe y corrija la precisión geométrica de la máquina.						
OBSERVACIONES:						
REALIZADA POR: <u>EFRAIN RAMIREZ B.</u> (Nombre)			EVALUADA POR: <u>JESUS PEREZ M.</u> (Nombre)			

Para los equipos críticos restantes también se definió un plan de mantenimiento, que incluye inspecciones rutinarias e inspecciones periódicas programadas. Este plan de mantenimiento se detalla en el Anexo 6.

9.2 CRONOGRAMA PLAN DE MANTENIMIENTO

Se definió un cronograma de mantenimiento preventivo para los equipos críticos.

Continuando con el ejemplo, en la figura No. 23 se detalla el cronograma de mantenimiento para el equipo Centro de Mecanizado 1 V30i.

Los demas cronogramas se presentan en el anexo 7


9.3 ORDENES DE TRABAJO

Formato que se utiliza para lograr la ejecución del programa de mantenimiento.

La orden de trabajo es utilizada como un documento para solicitud, planeación y control de los trabajos de mantenimiento programados y no programados

La orden de trabajo diseñada para la empresa **I.M INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.** se presenta en la figura No.24.

Figura 24 Formato Orden de Trabajo diseñado para la empresa **I.M INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S**

 ORDEN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO			
Datos Generales			
Orden de Trabajo No.:(1)		Fecha y Hora Solicitud:(2)	
Codigo Equipo:(3)		Nombre Equipo:(4)	
Solicitado por:(5)		Asignado a:(6)	
Tipo de Trabajo :(7)		Tipo de Mantenimiento:(8)	
Mecanico	<input type="checkbox"/>	Preventivo	<input type="checkbox"/>
Electrico	<input type="checkbox"/>	Correctivo	<input type="checkbox"/>
Descripción Trabajo solicitado(9)			
Descripción Trabajo realizado(10)			
Recursos Necesarios(11)			
Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
VALOR TOTAL(11a)			0
Observaciones(12)			
Fecha Inicio Mnto.:(13)		Fecha Fin Mnto.:(14)	
Ejecutó:(15)	Aprobó:(16)		
Firma:	Firma:		
Nombre:	Nombre:		
Fecha:	Fecha:		

10. INDICADORES DE GESTIÓN

Los Indicadores de mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes;

Teniendo en cuenta que la empresa no cuenta con históricos de información y que será a partir del momento de la implementación del presente plan de mantenimiento que se empezará con el registro de los datos, supondremos la información necesaria con el fin de poder interpretar cada indicador y su aplicabilidad.

El aplicativo que se propone en esta tesis, contará con modulo de indicadores de gestion que permitirá su calculo, interpretación y graficación.

10.1 INDICADOR DE DISPONIBILIDAD

Se define como la probabilidad de que un sistema o equipo se encuentre operativo cuando se requiera.

La disponibilidad de un equipo esta determinada por la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Número de total de horas calendario} - \text{Horas de mantenimiento}}{\text{Número total de horas calendario}}$$

Determinemos la disponibilidad anual del Centro mecanizado V30I, suponiendo que en total de horas muertas del año 2015 fue de 179

$$\text{Disponibilidad} = \frac{1920 - 179}{1741}$$

$$\text{Disponibilidad} = 90,67\%$$

El 90, 67% del tiempo el Centro mecanizado V30I esta disponible

10.2 INDICADOR DE CONFIABILIDAD

La confiabilidad es uno de los principales atributos que determina la efectividad de un equipo o sistema. Se define como la posibilidad de que un equipo o sistema desempeñe satisfactoriamente la función que se requiere de él, bajo condiciones específicas de operación, durante un periodo de tiempo determinado.

La confiabilidad de un equipo esta determinada por la siguiente fórmula:

$$\text{Confiabilidad} = e^{-\lambda * \text{tiempo medio}}$$

Donde

tiempo medio = $1/\lambda$; y λ = (cantidad de fallas/tiempo de operación)

Continuando con el ejemplo anterior, hallemos el indicador de confiabilidad para el mismo equipo

Supongamos que la cantidad de fallas del año 2105 para este equipo fue de 9 Y el tiempo de operación de acuerdo con el ejemplo anterior es de 1741, luego $\lambda = 9/1741$

$$\lambda = 0,005169$$

El tiempo medio = $1/0,005169$

Tiempo medio = 193,44

Luego

$$\text{Confiabilidad} = e^{-(0,005169 * 193,44)}$$

Confiabilidad = 36,79%

El Centro mecanizado V30I tiene una confiabilidad el 36,79%

10.3 COSTO DE MANTENIMIENTO POR FACTURACIÓN (CMFT):

Nos muestran la relación entre lo invertido en actividades de mantenimiento con la facturación de la empresa.

$$\text{CMFT: } \frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Facturación de la empresa en el período considerado}}$$

11.APLICATIVO

El aplicativo como tal es una herramienta que permite capturar información mediante formularios previamente diseñados, almacenar esta información en una base de datos y presentarla de diversas maneras según la necesidad; además el aplicativo deberá alerta todos los días acerca de los mantenimientos que están programados para ese día en particular.

Se propone desarrollarlo en Visual Basic para Aplicaciones (VBA), un lenguaje de programación que brinda la posibilidad de ampliar dichas aplicaciones. VBA funciona mediante la ejecución de macros, procedimientos paso a paso escritos en lenguaje Visual Basic.

Toda la información que manejará el aplicativo deberá ser almacenada en una base de datos de Access mediante tablas relacionadas entre sí.

Debe contener cinco módulos, a saber:

11.1 MODULO INVENTARIO

En este módulo se administran los activos de la empresa, es decir, permite el manejo del inventario, ingresar un equipo con todos sus datos básicos y su ficha técnica. Además, en este módulo se podrá consultar el inventario real de la empresa.

En este inventario cada equipo es un link que permite consultar su ficha técnica, su hoja de vida, el historial de OT generadas para ese equipo y la carta de lubricación en los casos que aplique.

Todas las consultas deberán estar habilitadas para modificar algún dato que se requiera.

11.2 MÓDULO ORDENES DE TRABAJO

En este módulo se puede crear una orden de trabajo, consultar las OT asociadas a un determinado equipo o cerrar una orden de trabajo una vez aprobada.

La información de la Hoja de vida de cada equipo es obtenida del historial de cada uno de los mantenimientos (preventivo o correctivo) realizados a ese equipo, es decir, cada vez que se cierra una OT para un equipo, se deberá registrar este evento en la hoja de vida de ese equipo.

11.3 MÓDULO TAREAS DIARIAS

El módulo de tareas diarias deberá contar con dos opciones: Horas máquinas productivas y Facturación.

La opción Horas máquinas productivas permite ingresar el número de horas de trabajo para cada máquina que laboró ese día.

La opción Facturación Mensual permite ingresar el valor de la facturación para un mes determinados. Esta información es necesaria para el cálculo de los indicadores de gestión.

11.4 MÓDULO PLAN DE INSPECCIÓN

Este módulo consta de tres opciones: Ingresar plan de Inspección, Ejecutar plan de inspección y Consultar plan de inspección.

- Ingresar Plan de Inspección: Permite ingresar el plan de inspección para un equipo determinado.

Ejecutar plan de inspección: Permite ingresar los datos obtenidos en la inspección.

- Consultar Plan de Inspección: Consulta el calendario de plan de inspección para un determinado equipo o los planes programados para un determinado periodo de tiempo.

11.5 MÓDULO INDICADORES DE GESTIÓN

Este módulo cuenta con tres tipos de indicadores: Disponibilidad, Confiabilidad y Costos, y para cada tipo de indicador, se presenta gráficamente el comportamiento del éste a través de los meses transcurridos en el año.

12. CONCLUSIONES

- Al cumplirse con los objetivos del presente libro se fortalecieron aquellas áreas débiles detectadas en la auditoría de gestión de mantenimiento realizada a la empresa **I.M. INGENIERIA Y MECANIZADOS S.A.S.**
- La metodología del análisis y riesgo de falla empleada para la priorización de equipos constituye una guía para plantear tareas de mantenimiento de acuerdo con el impacto que tengan las consecuencias de las fallas, estableciendo una prioridad para cada una de ellas.
- La estrategia para encontrar las causas de falla que se producen en los equipos, requiere de varios elementos: la actitud de las personas hacia el cambio para encontrar las fuentes de errores, el grado de entrenamiento para el desarrollo de habilidades y competencias analíticas del personal y dedicar parte del tiempo en la consecución de las causas de las fallas.
- Los indicadores de gestión definidos permiten monitorear el comportamiento del sistema de gestión como tal y poder detectar correcciones a tiempo y determinar la efectividad del mismo
- El mantenimiento de los sistemas productivos considera un cambio de mentalidad y enfoque que requiere respuestas y decisiones rápidas teniendo en cuenta que los problemas generados se deben básicamente a la falta de información de los procesos, errores humanos en operación y mantenimiento y falta de procedimientos.

- Todas Las máquinas sufren desgastes y desajustes debidos a su operación normal, la importancia del mantenimiento radica en realizar ciertas actividades que se anticipen a la ocurrencia de las fallas, y en el caso en que ocurre una avería, se debe buscar una solución técnica y rápida para reiniciar las labores de producción.

13.RECOMENDACIONES

La utilidad del sistema de Gestión de Mantenimiento dependerá directamente del uso que se haga de esta herramienta, es decir, la gestión no termina en el diseño e implementación del sistema, la gestión es una labor continua que debe abarcar tareas sistémicas diarias en cabeza de una persona encargada.

El aplicativo como herramienta que complementa el sistema de gestión de mantenimiento también debe tener una persona responsable, quien será la que alimente diariamente la base de datos del aplicativo.

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones que deben realizarse sistemáticamente para garantizar la utilidad del sistema de gestión de mantenimiento como tal. Los indicadores de gestión como herramienta para la toma de decisiones y para detectar fallas a tiempo, dependerán también del cumplimiento de estas tareas.

- Se recomienda designar una persona como única responsable del Sistema de Gestión de Mantenimiento (Deseable Ingeniero). Esta persona además de ser el líder de mantenimiento, tendrá entre sus funciones asignar y aprobar las ordenes de trabajo, aprobar los insumos necesarios para ejecutar una orden de trabajo y en general monitorear y controlar la labor de mantenimiento como tal.
- Se recomienda designar una persona como única responsable del aplicativo. Esta persona será la encargada de ingresar toda la información necesaria al aplicativo, así mismo generar algún tipo de reporte o consulta que se requiera.

- Se recomienda que la persona encargada del aplicativo ingrese diariamente las inspecciones realizadas, las horas maquina productivas y las ordenes de trabajo que se hayan generado ese día.
- Diariamente el aplicativo recordara las tareas de inspección que se deben realizar para un determinado equipos, mediante un sistema de alarmas. Se recomienda realizar disciplinadamente estas tareas.
- Adicionalmente a las labores diarias, el aplicativo tambien recordará las inspecciones periodicas programadas (mensuales, semestrales y anuales) que deberan realizarse ese dia.
- Cuando la empresa adquiere un nuevo equipo, se recomienda ingresarlo a la base de datos del aplicativo como parte del inventario, ademas generar su ficha tecnica y carta de lubricación si aplica. Esta labor debe ser realizada por la persona encargada del aplicativo.
- Mensualmente se recomienda generar un informe de indicadores que permita realizar un analisis del desempeño de la gestion de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR-OTERO, J.(2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. México D.F., México: Tecnología y Ciencia.

ALBA NIÑO, Diego Alexander. BÁEZ VALDERRAMA, Diego Julián. Plan de Mantenimiento para la Maquinaria Pesada, Maquinaria Agrícola y Vehículos de Transporte de la Alcaldía del Municipio de Belén Boyacá. Tesis de Grado. Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica 2013. 73p.

BORRAS PINILLA, Carlos. Ingeniería de Mantenimiento. En: Asignatura de Ingeniería de Mantenimiento. (2013: Bucaramanga). Lecturas y diapositivas de la asignatura Ingeniería de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. 291p

GARRIDO, S. (2000). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. City: Ediciones Díaz de Santos.

GONZÁLEZ, FRANCISCO. (2004). Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión. Madrid: Fundación Confemetal

GUERRA BENJUMEA, Jorge Enrique. Bejarano Carvajal, David Antonio. Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Pladesan LTDA. Tesis de Grado Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2014. 87p.

LEVITT, JYM. (2009). *The handbook of maintenance management*. New York, NY: Industrial Press, Inc

WIREMAN, THOLL. (1994). *Computerized maintenance management systems*. New York: Industrial Press.