

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA
ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA METALIZADORA
DEL ORIENTE LTDA.

JESÚS ALEJANDRO ARENAS ARENAS
HÉCTOR OMAR SILVA RANGEL

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2016

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA
ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA METALIZADORA
DEL ORIENTE LTDA.

JESÚS ALEJANDRO ARENAS ARENAS
HÉCTOR OMAR SILVA RANGEL

Trabajo presentado para optar
el título de ingeniero mecánico

Director
PEDRO JOSÉ DÍAZ GUERRERO
Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2016

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María por escuchar siempre mis oraciones, por llenarme de tantas bendiciones y guiarme por el buen sendero.

A mis padres, Fernando Saúl Arenas O. y Edilma Arenas A. que con su amor, apoyo incondicional para extenderme su mano sin importar los sacrificios necesarios y ejemplo me han dado la fuerza necesaria para luchar cada día de mi vida y así lograr cada una de las metas que me he propuesto, sin ellos nada de esto sería posible, a ellos le debo todo lo que soy.

A mi hermana María Fernanda por su apoyo incondicional y creer en mí.

A mi novia Lizeth, quien me ha brindado todo su amor, su cariño y su apoyo.

A mi nona Otilia y a la memoria de mi madrina Martha Isabel, por su colaboración, apoyo incondicional y sabios consejos.

A mi familia por ser muestra del amor verdadero y amigos cercanos por creer en mi y mis capacidades.

Jesús Alejandro Arenas Arenas.

DEDICATORIA

Deseo dedicar este trabajo, que representa la culminación del proceso académico para obtener mi título profesional a:

A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional y su inmensa fe en mí.

A mis tías Silveria, Ana María, Heliadora y María de la Paz Porras, por su infinito aprecio y confianza hacia mi familia y porque han sido desde siempre una inspiración y ejemplos de vida.

A mis abuelos y a mis tías Martha y Elizabeth Silva por su gran apoyo, motivación y acompañamiento.

A Diana y Silvia Rojas por apoyarme y alentarme a conseguir mis metas.

A toda mi familia, porque siempre han creído en mí y me han brindado su entera confianza.

Héctor Omar Silva Rangel

AGRADECIMIENTOS

A nuestros profesores, por su esmero y dedicación para enseñarnos esta hermosa disciplina

Al Profesor Pedro José Díaz, por darnos acompañamiento y soporte profesional para emprender y culminar exitosamente este proyecto de grado

A la empresa Metalizadora del Oriente LTDA. y su gerente, por permitirnos entrar a su organización y desarrollar este trabajo.

A nuestros compañeros, por su acompañamiento y por hacer parte del proceso de aprendizaje

Jesús Alejandro Arenas Arenas.

Héctor Omar Silva Rangel

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	27
1. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LA EMPRESA METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA.....	29
1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	30
1.2 PRINCIPIOS.....	31
1.2.1 Misión.....	31
1.2.2 Visión.....	32
1.2.3 Valores institucionales.....	32
1.3 POLÍTICAS GENERALES.....	33
1.3.1 Política de calidad.....	33
1.3.2 Talento humano.....	33
1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL GENERAL.....	35
1.5 SERVICIOS Y PRODUCTOS.....	36
1.6 ESTRUCTURA PRODUCTIVA.....	37
1.6.1 Área de producción.....	37
1.6.1.1 Área de rectificado.....	37
1.6.1.2 Área de mecanizado.....	37
1.6.1.3 Área de ensamble.....	37

1.7 PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	38
1.7.1 Rectificado de cigüeñal.....	38
1.7.2 Rectificado de bloques de motor.....	39
1.7.3 Rectificado de culatas.....	40
1.7.4 Soldadura por arco sumergido.....	41
1.7.5 Torneado y fresado.....	42
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	43
2.1 MANTENIMIENTO.....	43
2.1.1 Objetivos del mantenimiento.....	44
2.1.2 Tipos de mantenimiento.....	44
2.1.2.1 Mantenimiento correctivo.....	44
2.1.2.2 Mantenimiento preventivo.....	45
2.1.3 Procedimiento para implementar el mantenimiento preventivo.....	47
2.1.4 Indicadores de mantenimiento.....	48
2.1.4.1 Confiabilidad.....	48
2.1.4.2 Mantenibilidad.....	48
2.1.4.3 Disponibilidad.....	49
2.2 CONFIABILIDAD OPERACIONAL DE LOS ACTIVOS.....	50
2.2.1 Análisis de criticidad.....	50

2.2.1.1 Técnica del flujograma.....	50
2.2.1.2 Técnica de criticidad total por riesgo (CTR).....	51
2.2.1.3 Técnica de matriz de criticidad por riesgo (MCR).....	54
2.2.2 Análisis de Pareto.....	55
2.2.3 Análisis de modos y efectos de falla (FMEA).....	56
2.2.3.1 Índices de modos de falla.....	56
2.3 CONFIABILIDAD.....	58
2.3.1 Distribución de Weibull.....	58
2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	59
2.4.1 Definición.....	59
2.4.1.1 Funciones de un sistema de información.....	60
2.4.1.2 Tipos de sistemas de información.....	61
2.4.1.3 Objetivos de los sistemas de información.....	61
3. DIAGNÓSTICO DE LA FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA.....	62
3.1 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	62
3.2 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	62
3.3 SOPORTE INFORMÁTICO.....	63
3.4 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....	63
3.5 GESTIÓN DE REPUESTOS.....	63

3.6 COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	64
3.7 ÁREA FÍSICA PARA EL MANTENIMIENTO.....	64
3.8 DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIONES DE LAS MÁQUINAS.....	64
4. PROPUESTO PARA EL MODELO DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA.....	66
4.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	66
4.1.1 Objetivo general.....	66
4.1.2 Objetivos específicos.....	66
4.2 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	67
4.3 INVENTARIO Y CODIFICACIÓN.....	67
4.3.1 Formato de codificación.....	67
4.3.2 Aplicación del formato a todos los equipos.....	68
4.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA LOS EQUIPOS.....	70
4.4.1 Criticidad calculada para la totalidad de los equipos.....	72
4.5 ANÁLISIS DE PARETO PARA LOS EQUIPOS.....	75
4.6 ANÁLISIS DE WEIBULL PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS.....	77
4.7 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS.....	85
4.8 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS.....	107
5. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	114

5.1 FUNDAMENTACIÓN BÁSICA DE PROGRAMACIÓN.....	114
5.1.1 Metodología de la programación.....	114
5.1.1.1 Diseño del algoritmo.....	114
5.1.1.2 Codificación.....	115
5.1.2 Lenguaje informático.....	115
5.1.2.1 Lenguaje de programación.....	116
5.1.3 Bases de datos.....	117
5.1.4 Sistemas de bases de datos.....	117
5.1.4.1 DBMS.....	117
5.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	119
5.3 SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS Y LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.....	120
5.3.1 XAMPP.....	120
5.3.1.1 My SQL.....	121
5.3.2 NETBEANS.....	121
5.4 VARIABLES DE ENTRADA Y DE SALIDA.....	123
5.5 DISEÑO DE LOS MÓDULOS.....	124
5.6 ALGORITMOS DE LOS MÓDULOS PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	124
5.7 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA BASE DE DATOS.....	130
5.8 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	131

5.8.1 Ingreso al sistema.....	131
5.8.2 Módulo de Administración.....	133
5.8.2.1 Submódulo Usuarios.....	133
5.8.2.2 Submódulo Administración de Empleados.....	135
5.8.2.3 Submódulo Administración de Proveedores.....	136
5.8.3 Módulo de Equipos.....	136
5.8.3.1 Submódulo Administración de Equipos.....	136
5.8.3.2 Submódulo Fichas Técnicas.....	137
5.8.3.3 Submódulo Hoja de Vida.....	138
5.8.3.4 Submódulo Catálogo.....	140
5.8.4 Modulo Gestión del Mantenimiento.....	140
5.8.4.1 Submódulo solicitudes de Servicio.....	140
5.8.4.2 Submódulo Orden de Trabajo.....	141
5.8.5 Modulo Desempeño del Mantenimiento.....	142
5.8.5.1 Indicador de Disponibilidad.....	142
5.8.5.2 Indicador de Confiabilidad.....	143
5.8.5.3 Indicador de Mantenibilidad.....	144
5.8.5.4 Indicador de Cumplimiento.....	144
5.8.6 Módulo de Alarmas.....	144
5.8.6.1 Crear Alarma.....	145

5.8.6.2 Alertas equipos vigentes.....	146
6. ANÁLISIS DE COSTOS Y EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO.....	147
6.1 ANÁLISIS DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO.....	147
6.2 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE EFECTIVIDAD (MEI).....	149
7. CONCLUSIONES.....	152
8. RECOMENDACIONES.....	154
BIBLIOGRAFÍA.....	155
ANEXOS.....	158

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sede de Metalizadora del Oriente Ltda. (Bucaramanga-Colombia).....	29
Figura 2. Ubicación de Metalizadora del Oriente Ltda.....	31
Figura 3. Estructura organizacional.....	35
Figura 4. Servicios ofrecidos por Metalizadora del Oriente Ltda.....	36
Figura 5. Proceso para rectificación de cigüeñales.....	38
Figura 6. Proceso para rectificación de bloques de motor.....	39
Figura 7. Proceso para rectificación de culatas.....	40
Figura 8. Proceso de soldadura por arco sumergido.....	41
Figura 9. Proceso de torneado.....	42
Figura 10. Diagrama para la técnica del flujograma.....	50
Figura 11. Matriz de criticidad.....	53
Figura 12. Matriz de criticidad para le técnica MCR	55
Figura 13. Partes de un sistema de información.....	60
Figura 14. Tipos de sistemas de información.....	61
Figura 15. Esquema de codificación de equipos.....	69
Figura 16. Ubicación del equipo RTF-BL-01 en la matriz de criticidad.....	72
Figura 17. Ubicación de todos los equipos en la matriz de criticidad.....	74

Figura 18. Balance de criticidad de los equipos.....	75
Figura 19. Diagrama de Pareto para los equipos.....	77
Figura 20. Función de probabilidad acumulada de falla para el equipo MPG-TP-09.....	78
Figura 21. Confiabilidad para el equipo MPG-TP-09.....	79
Figura 22. Función de probabilidad acumulada de falla para el equipo MPG-TP-09.....	80
Figura 23. Confiabilidad para el equipo MPG-AL-01.....	80
Figura 24. Función de probabilidad acumulada de falla para el equipo MEC-FU-01.....	81
Figura 25. Confiabilidad para el equipo MEC-FU-01.....	82
Figura 26. Función de probabilidad acumulada de falla para el equipo MEC-TP-10.....	83
Figura 27. Confiabilidad para el equipo MEC-TP-10.....	83
Figura 28. Función de probabilidad acumulada de falla para el equipo MPG-TP-08.....	84
Figura 29. Confiabilidad para el equipo MEC-TP-10.....	85
Figura 30. Pasos para resolver un problema.....	114
Figura 31 Partes de un algoritmo.....	115
Figura 32 Proceso para ejecutar con lenguaje ensamblador.....	116
Figura 33 Proceso para ejecutar lenguaje de alto nivel.....	116
Figura 34. Tipos de traductores para el lenguaje de alto nivel.....	117

Figura 35 Proceso de un compilador.....	117
Figura 36. Etapas de la arquitectura de las tres fases.....	118
Figura 37 Variables de entrada y de salida.....	123
Figura 38. diagrama de flujo que muestra la entrada al sistema con los módulos establecidos.....	125
Figura 39: diagrama de flujo para el ingreso al módulo de administración.....	125
Figura 40. Diagrama de flujo del módulo de equipos.....	126
Figura. 41. Diagrama de flujo para el módulo de gestión de mantenimiento.....	127
Figura 42. Diagrama de flujo para el módulo de indicadores de gestión.....	128
Figura 43. Diagrama de flujo para el módulo de alarmas.....	129
Figura 44. Diseño conceptual de la base de datos.....	130
Figura 45. Vista Ingreso al sistema de información.....	131
Figura 46. Vista de la sección de creación de usuarios.....	134
Figura 47. Submódulo de administración de empleados.....	135
Figura 48. Ventana del Submódulo Administración de Proveedores.....	136
Figura 49. Interface Submódulo de administración de equipos.....	137
Figura 50. Interface Fichas técnicas.....	138
Figura 51. Interface Administración de hoja de vida.....	139
Figura 52. Interface Buscador de hojas de vida.....	139
Figura 53. Submódulo catálogo.....	140

Figura 54. Formato Solicitudes de Servicio.....	141
Figura 55. Interface para generar el formato de orden de trabajo.....	142
Figura 56. Interfaz Indicador Disponibilidad.....	143
Figura 57. Interfaz Indicador de confiabilidad.....	143
Figura 58. Interfaz Indicador de mantenibilidad.....	144
Figura 59. Indicador de cumplimiento.....	145
Figura 60. Submódulo de rutinas.....	146
Figura 61. Submódulo de alertas vigentes.....	146

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Criterios para ponderación en la técnica del flujograma.....	51
Tabla 2. Factores ponderados para calcular la consecuencia.....	52
Tabla 3. Factores ponderados para calcular la criticidad.....	53
Tabla 4. Factores ponderados para la consecuencia.....	54
Tabla 5. Factores ponderados para calcular el riesgo.....	55
Tabla 6. Ponderación para el índice de gravedad.....	57
Tabla 7. Ponderación para la ocurrencia o frecuencia.....	57
Tabla 8. Ponderación para el índice de defectibilidad.....	58
Tabla 9. Análisis para el parámetro β	59
Tabla 10. Código de área de producción.....	68
Tabla 11. Codificación de los equipos.	69
Tabla 12. Estudio de los Factores Ponderados para el equipo RTF-BL-01.....	71
Tabla 13. Resultados del análisis de criticidad para cada equipo.....	72
Tabla 14. Equipos críticos obtenidos por el análisis de criticidad.....	74
Tabla 15. Resumen de datos de fallas anuales en cada equipo.....	75
Tabla 16. Equipos críticos obtenidos del análisis de Pareto.....	76
Tabla 17. Datos de Weibull para el equipo MPG-TP-09 para	78

Tabla 18. Parámetros de Weibull para el equipo MPG-TP-09.....	78
Tabla 19. Datos de Weibull para el equipo MPG-AL-01	79
Tabla 20. Parámetros de Weibull para el equipo MPG-AL-01	79
Tabla 21. Datos de Weibull para el equipo MEC-FU-01	81
Tabla 22. Parámetros de Weibull para el equipo MEC-FU-01.....	81
Tabla 23. Datos de Weibull para el equipo MPG-TP-10	82
Tabla 24. Parámetros de Weibull para el equipo MPG-TP-10.....	82
Tabla 25. Datos de Weibull para el equipo MPG-TP-08 para 330 horas.....	84
Tabla 26. Parámetros de Weibull para el equipo MPG-TP-08.....	84
Tabla 27. Registro de información AMEF MEC-TP-01.....	86
Tabla 28. Registro de información AMEF MEC-TP- 08.....	89
Tabla 29. Registro de información AMEF MEC-FU-01.....	90
Tabla 30. Registro de información AMEF MPG-AL-01.....	92
Tabla 31. Registro de información AMEF MEC-TP-10.....	95
Tabla 32. Registro de información AMEF RTF-SP-01.....	96
Tabla 33. Registro de información AMEF RTF-CL-01.....	99
Tabla 34. Registro de información AMEF RTF-CL-03.....	102
Tabla 35. Registro de información AMEF MEC-BE-01.....	105
Tabla 36. Plan de Mantenimiento MEC-TP-01.....	108
Tabla 37. Plan de mantenimiento MEC-FU-01.....	109

Tabla 38. Plan de mantenimiento MPG-AL-01.....	110
Tabla 39. Plan de Mantenimiento RTF-SP-01.....	111
Tabla 40. Plan de Mantenimiento RTF-CL-01.....	112
Tabla 41. Plan de Mantenimiento MEC-BE-01.....	113
Tabla 42. Comparación entre los tres principales IDE	122
Tabla 43. Materiales Consumibles por el equipo.....	148
Tabla 44. Costos Generales de Mantenimiento.....	148
Tabla 45. Costos Generales de Mantenimiento.....	149
Tabla 46. Costos equipos sin mantenimiento y MEI.....	151

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Datos básicos de Metalizadora del Oriente Ltda.....	31
Cuadro 2 Objetivos de los tipos de sistemas de información.....	61
Cuadro 3. Tipos de lenguajes informáticos.....	115

ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Carta de visto bueno de la empresa.....	158
ANEXO B. Fichas técnicas de los equipos.....	159
ANEXO C. Manual del usuario del sistema de información.....	159

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA.*

AUTORES:

Jesús Alejandro Arenas Arenas
Héctor Omar Silva Rangel**

PALABRAS CLAVES: Sistema de información, Mantenimiento Preventivo, Criticidad de equipos, Plan de mantenimiento, confiabilidad.

DESCRIPCIÓN: El presente proyecto de grado muestra el diseño y la implementación de un sistema de información para la gestión de las actividades de mantenimiento de los equipos de la empresa METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA, que permita la planificación, programación, ejecución y control de las actividades y procesos relacionados con el mantenimiento de la planta de producción, aportando una tecnología a la empresa que le permita un acceso fácil, rápido y confiable a la información, lo que hoy en día es garantía de crecimiento industrial.

El proyecto se desarrolló elaborando algunas fases de estudio, en la primera se identificó y estableció un análisis de la empresa y su proceso de producción. En la segunda fase se desarrolló un análisis y diagnóstico del estado del sistema de gestión de mantenimiento existente, así como también del estado de los equipos. En una tercera fase se desarrolló un modelo de gestión de mantenimiento que satisface las necesidades de la empresa, en el cual se implementó un análisis de criticidad de los equipos, codificación, análisis de Pareto y análisis FMEA (Análisis de modo y efecto de falla), después de llevar a cabo todo este proceso, se realizó los planes de mantenimiento.

Finalmente se diseña e implementa un sistema de información, disponiendo organizadamente de toda la información de cada equipo y su mantenimiento a aplicar, proporcionando mayor control de los procesos de entradas y salidas de los equipos, gracias a una metodología de gestión del mantenimiento que asegura que los activos continúen cumpliendo las funciones para las cuales fueron diseñados, obteniendo un mejor costo-eficacia de los recursos asignados a la gestión de mantenimiento.

* Proyecto de grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director, Ingeniero Pedro José Díaz Guerrero

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR MAINTENANCE MANAGEMENT COMPANY METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA.*

AUTHORS:

Jesús Alejandro Arenas Arenas

Héctor Omar Silva Rangel**

KEY WORDS: Information System, Preventive Maintenance, Equipment Criticality, maintenance plan, realibility.

DESCRIPTION: This project describes the implementation of an information system for the management of maintenance activities of the equipment of the company METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA, which allows the planning, programming, execution and control of those activities and processes related to the maintenance of production plant, providing one technology to the company that allows easy access, fast and reliable information, which today is ensuring industrial growth.

The project was developed to study some phases developed in the first set was identified and an analysis of the company and their production process. In the second phase developed an analysis and diagnosis of the maintenance management system existing as well as the condition of the equipment. In a third phase we developed a maintenance management model that meets the needs of the company, which implemented a criticality analysis equipment, encryption, Pareto analysis and FMEA (Failure Mode Analysis and effect), after carrying out this process It was performed the maintenance plans.

Finally design and implement an information system, providing all the information in each step and maintenance to apply, providing greater process control of inputs and outputs of equipment, thanks a maintenance management methodology that assures that assets continue fulfilling the functions, for which they were designed, obtaining a better cost-effectiveness of the resources allocated to the maintenance management.

* Project of grade

** Physical –Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering School, Eng. Pedro José Díaz Guerrero.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el concepto de mantenimiento ha tomado un valor importante en el desarrollo y crecimiento de las organizaciones, refiriéndose así a todas las actividades que se llevan a cabo de forma planeada, programada y controlada para mejorar la efectividad y la productividad, logrando una disminución de fallas y costos causados por paradas en los procesos productivos. El adelanto tecnológico del mantenimiento industrial de los últimos años ha llevado a plantear nuevas propuestas, que permiten el uso de métodos de control, recopilación y administración de datos, cuyo principal objetivo es el de aportar técnicas renovadas al área de mantenimiento y de esta manera poder contribuir con la productividad, reducción de costos, minimización de inventarios y en consecuencia aumento de la competitividad de la empresa.

El presente proyecto de grado muestra el diseño y la implementación de un sistema de información para la administración del mantenimiento de la empresa Metalizadora del Oriente Ltda. la cual se encuentra en continuo mejoramiento, pues cada día son más exigentes los requerimientos del cliente, razón por el cual la empresa trabaja arduamente en la búsqueda de mejoramiento mediante la prestación de un servicio continuo y de calidad buscando mantener su línea de equipos disponibles y en buen estado, fortaleciéndose en el competitivo sector de la industria metalmecánica en una ciudad en pleno desarrollo económico que demanda este tipo de industrias para su crecimiento económico y social.

Los sistemas de información han transformado la manera de controlar las organizaciones hoy en día, logrando a través de su implementación importantes mejoras, automatizando procesos operativos, suministrando base de datos con información necesaria para tomar decisiones.

El desarrollo de este trabajo de grado se llevó a cabo en varias fases, en la primera se hace una reseña histórica, se dan a conocer las políticas de la empresa y se realiza una descripción general del proceso productivo de la planta, a continuación: se realizó un diagnóstico del estado actual del mantenimiento en la empresa, estudiando la organización, planeación, documentación y personal de mantenimiento, seguidamente se realizó un inventario de los equipos junto a la elaboración de codificación y fichas técnicas, con un estudio de los procesos productivos para llevar a cabo un análisis de criticidad y un análisis FMEA (Análisis de modo y efecto de falla) para obtener la información necesaria para desarrollar una técnica de mantenimiento preventivo y ser consignada en el sistema de información.

El sistema de información se implementó de acuerdo a las políticas de la empresa con posibilidad de posibles mejoras en el futuro, atendiendo las actuales insuficiencias, estableciendo las generalidades e identificando la importancia que tienen estos en la gestión del mantenimiento, ya que permitirá obtener una reducción de costos de almacenamiento, control más eficiente de las actividades de mantenimiento, mejor acceso a información relacionada con el mantenimiento y disponibilidad de equipos obteniendo una respuesta pronta a las necesidades y requerimientos de los clientes.

1. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LA EMPRESA METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA

Metalizadora del Oriente Ltda., es una organización privada colombiana dedicada a la prestación de servicios comerciales y fabriles de naturaleza metalúrgica, mecánica y metalmecánica, tales como el maquinado convencional de piezas (torneado, taladrado, fresado, rectificado y otras operaciones relacionadas) y, ensambles de estructuras y máquinas, fabricación y adecuación de equipos, diseño y desarrollo de nuevos productos. Estos servicios van dirigidos principalmente a los sectores de los hidrocarburos, de la agroindustria, de obras civiles y el sector automotriz.¹

Figura 1. Sede de Metalizadora del Oriente Ltda. (Bucaramanga-Colombia)



Fuente: <https://maps.google.com/> - Google Maps. ©

La empresa cuenta con procesos de planeación estratégica que se revisan anualmente, con planes de presupuesto, un sistema de administración moderno con

¹ METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA. [en línea] <<http://www.metalizadora.com/empresa.html>> [citado en 1 de agosto de 2015]

participación del personal a través de un programa de gestión de comités debidamente estructurado y programas de apoyo al personal para su capacitación.

Cuadro 1. Datos básicos de Metalizadora del Oriente Ltda.

Nombre de la organización	Metalizadora del Oriente Ltda.
Nit	890209585-5
Actividad económica	Metal-mecánica
Personal	43
Dirección	Carrera 14 N° 16-30
Ciudad	Bucaramanga
País	Colombia
Teléfono	57(7) -671-2040
Correo electrónico	gerenciageneral@metalizadora.com
Página web	www.metalizadora.com

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

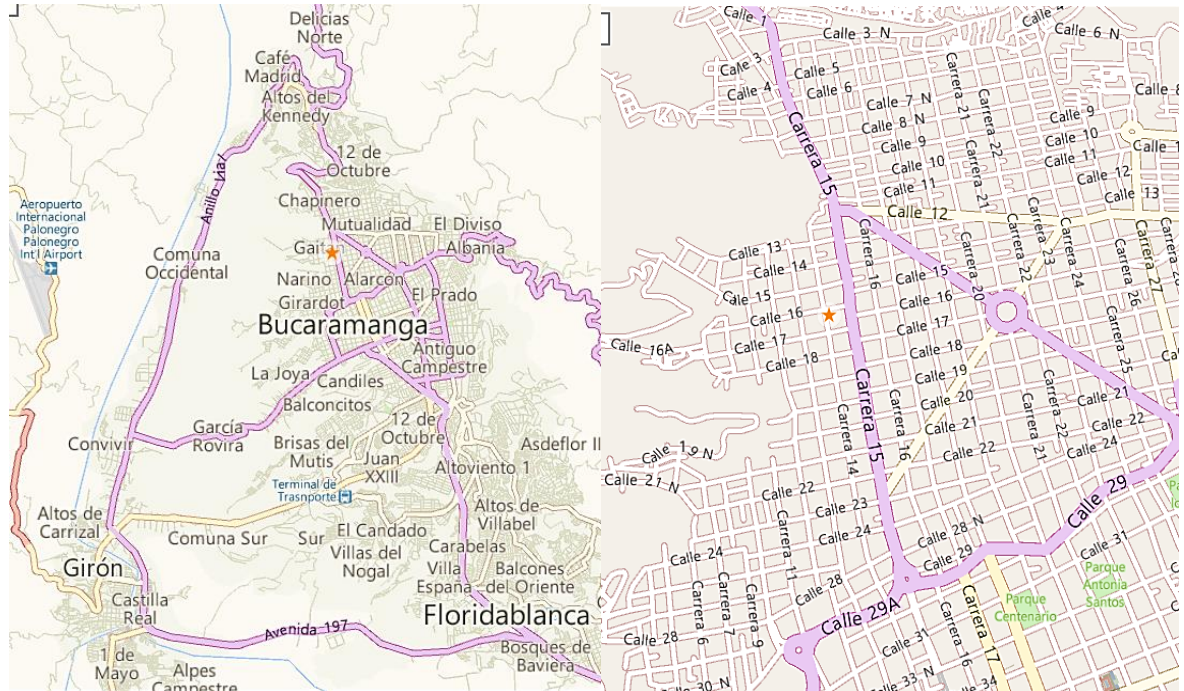
Metalizadora del Oriente fue fundada en 1979 por el empresario Rafael Rivero, quien tenía la idea de aprovechar y desarrollar sus conocimientos en metal-mecánica y constituir una empresa que prestara servicios con técnicas innovadoras, con lo cual aportaría en el crecimiento industrial y económico en la región oriental de Colombia.

La principal técnica innovadora con la que comenzaría la empresa era la técnica de *metalización de ejes*, técnica que utiliza la soldadura por arco sumergido. Es de ahí donde nace el nombre de la empresa como *Metalizadora del Oriente*.

El empresario logro reunir recursos financieros, con base a ahorros y créditos. Con este capital logra adquirir las instalaciones donde actualmente se encuentra ubicada la empresa, también logra adquirir equipo como un torno paralelo, un equipo de soldadura autógena y un equipo de soldadura por arco sumergido.

En 1983 Con este conjunto de máquinas la empresa se constituye legalmente como sociedad de carácter familiar y comienza a ofrecer sus servicios al cliente principalmente en la rectificación de partes motoras.

Figura 2. Ubicación de Metalizadora del Oriente Ltda.



Fuente: <https://bing.com/maps> - Bing Maps. ©2015 Microsoft Corporation.

1.2 PRINCIPIOS

1.2.1 Misión. Metalizadora del Oriente Ltda., es una organización que atiende las entidades gubernamentales, los sectores industriales, los particulares, el mercado nacional y prioritariamente las necesidades de los clientes, mediante soluciones globales de servicio que se sustentan en la integración de recursos humanos altamente calificados y de tecnología avanzada.²

² METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA. [en línea] <<http://www.metalizadora.com/empresa.html>> [citado en 1 de agosto de 2015]

Lleva acabo sus actividades bajo los esquemas de la innovación, la creatividad y el desarrollo integral del recurso humano; mediante acciones de capacitación y acreditación para el trabajo productivo, sostenible, equitativo, de alta calidad y competitividad.

1.2.2 Visión. En los próximos años, mediante el trabajo arduo y aprovechando la competencia de quienes han traído la empresa a este nivel, se tendrán diseños propios que permitirán obtener la capacidad de dar soluciones únicas a los clientes para ser la mejor empresa colombiana de servicios del sector, junto con una gran infraestructura en producción metalmecánica para entregar productos de excelente calidad; orientando los esfuerzos además a maximizar la vida útil de piezas metálicas en general, mejorar cada vez la relación costo - beneficio en pro de los clientes; Metalizadora será financiera, técnica y comercialmente sólida, soportada en un excelente grupo humano comprometido, en generar bienestar material, mental, emocional y espiritual para todos.³

Se fomentará un ambiente que estimule el diseño y el desarrollo de nuevos productos y la mejora de los actuales, se orientará hacia el cumplimiento de normas internacionales, de calidad, con lo cual se garantizará productos de calidad total y así lograr un alto grado de competitividad.

1.2.3 Valores institucionales. La honestidad, el respeto por el individuo, su autonomía y responsabilidad, la seriedad en el análisis, la tenacidad en el alcance de las metas y una ética comercial definida por el estricto cumplimiento de sus compromisos, así como un trabajo en equipo basado en la comunicación efectiva y un gran espíritu de servicio, son los principios que definen la gestión de Metalizadora del Oriente Ltda. A partir de estos valores se fomenta una administración de

³ Ibíd.

vanguardia, de esta forma se estimulará la participación y la creatividad en todos los niveles de la organización, con el fin de lograr un esfuerzo sostenido, dirigido a incrementar la eficiencia de los procesos de comercio y la calidad de los productos, con el propósito de satisfacer las necesidades de los clientes.

1.3 POLÍTICAS GENERALES

1.3.1 Política de calidad. La política de calidad de Metalizadora del Oriente Ltda. es cumplir con los requisitos del cliente entregando, oportunamente bienes y servicios de calidad; productos respaldados con la garantía de servicio y diseño, a precios competitivos, contando para ello con personal competente, proveedores calificados, y uso eficiente de nuestros recursos; enmarcados en un mejoramiento continuo de los procesos y la capacitación del recurso humano.

Donde el riesgo para las personas, el medio ambiente y la propiedad, se elimina o reduce a niveles mínimos manejables. Se cumplirá con nuestra misión y objetivos, adaptándose a las necesidades del mercado, buscando máxima eficiencia para beneficio de la organización, clientes y asociados.

Se reconoce a la calidad como el resultado de actividades progresistas en el desempeño de nuestras tareas, basada en el buen ambiente de trabajo, en la satisfacción del personal y en su total involucramiento en los bienes y servicios que ofrecemos.

1.3.2 Talento humano. La organización cuenta actualmente, con aproximadamente 40 empleados, mediante el sistema de calidad, anualmente se programa las

diferentes capacitaciones para que el personal esté cada día más preparado a los nuevos cambios y teorías.

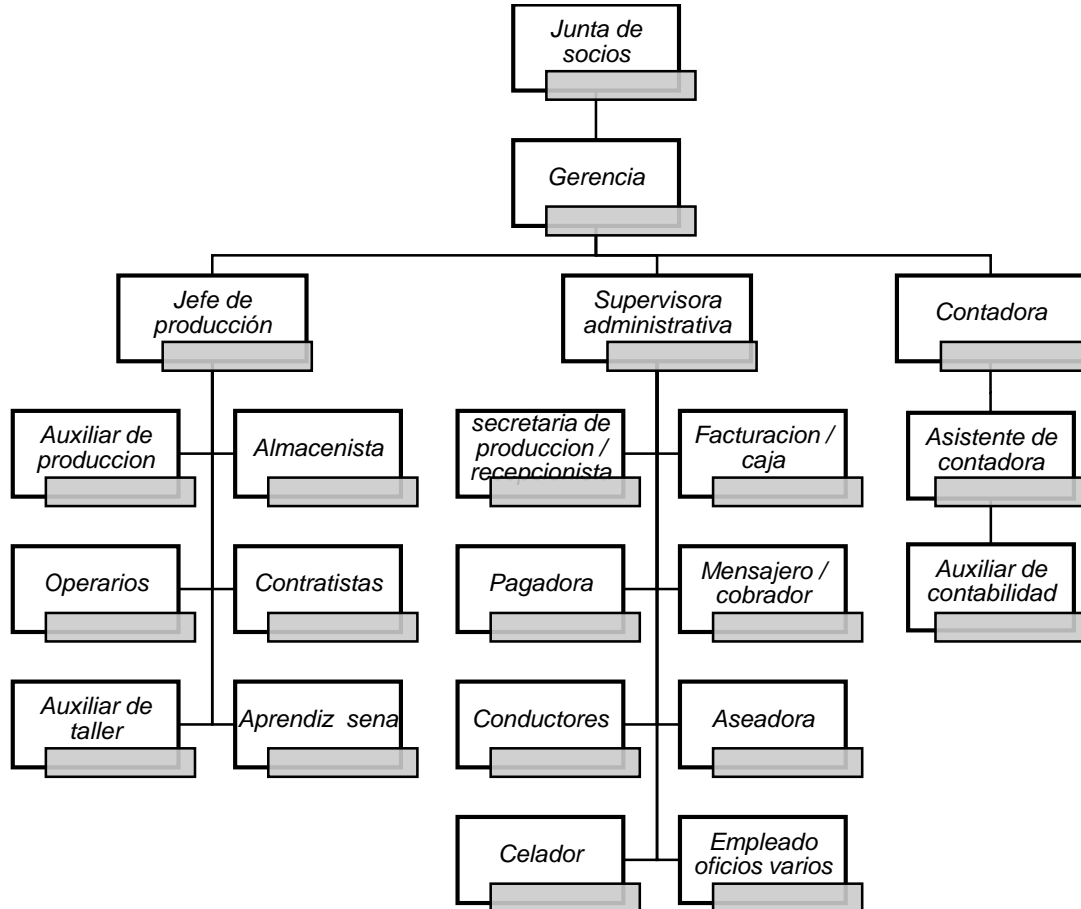
Con el apoyo y capacitación del SENA, se han programado diferentes cursos desarrollados en las instalaciones de la empresa, gracias a estas capacitaciones técnicas se logra una participación masiva y así contar con personal competente, certificado los cuales prestan un servicio cada día de mejor calidad.

Mediante el programa de salud ocupacional se brinda capacitación al personal en seguridad industrial, plan de emergencias, promoción y prevención de la salud.

La mayoría del personal cuenta con amplia experiencia en su labor, torneros, soldadores, fresadores, operadores de máquina herramienta y rectificadores con más de 20 años de experiencia, los cuales cuentan con gran conocimiento el cual les permite dar soluciones idóneas a las dificultades técnicas que se presenten.

1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL GENERAL

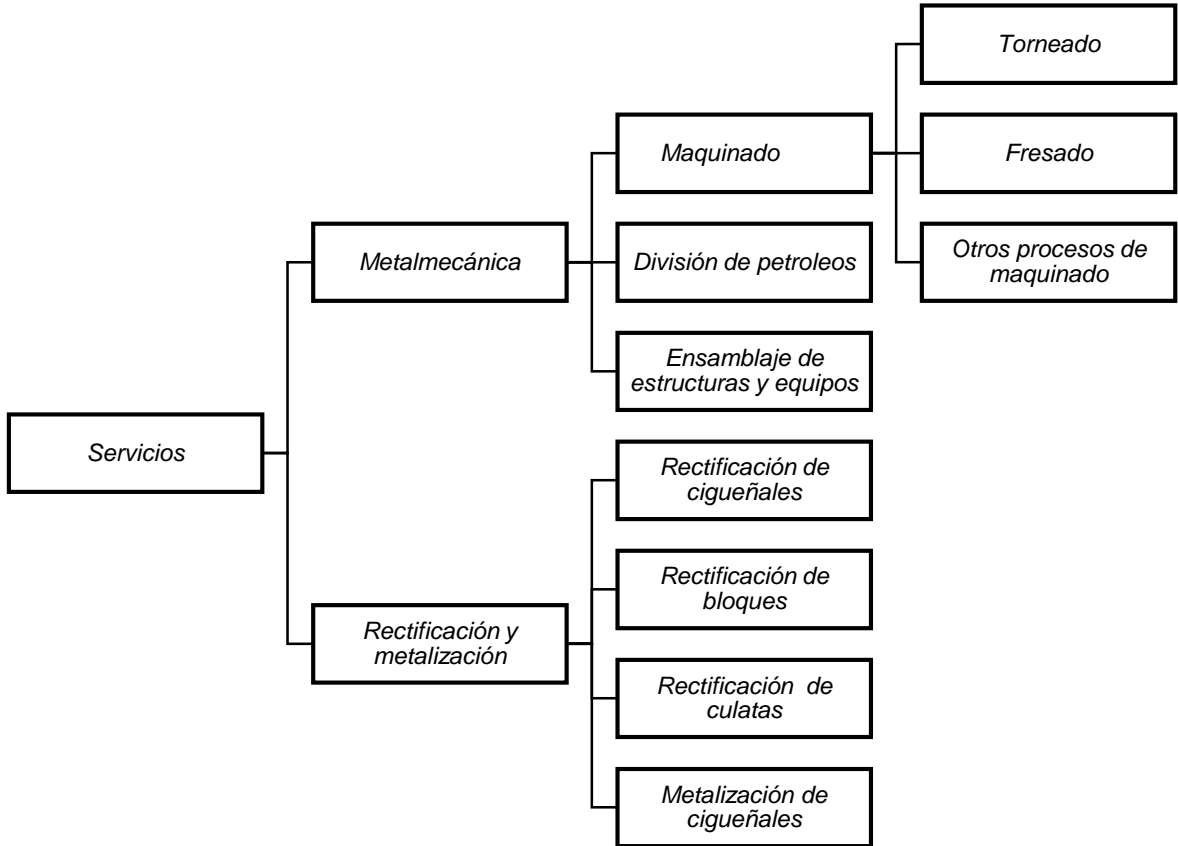
Figura 3. Estructura organizacional.



Fuente: MORENO GÓMEZ, Nelson enrique; RAMÍREZ DÍAZ, Margarita María.
Tecnología de grupos aplicada a Metalizadora del Oriente Ltda.

1.5 SERVICIOS Y PRODUCTOS DE METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA.

Figura 4. Servicios ofrecidos por Metalizadora del Oriente Ltda.



1.6 ESTRUCTURA PRODUCTIVA

1.6.1 Área de producción. Esta área se encarga de la realización de los procesos de producción, el cual empieza a partir de las especificaciones del cliente, los procesos pueden ser de reparación, de fabricación o de diseño.

Es importante aclarar que en la producción se pueden distinguir áreas importantes de producción, las cuales se mencionan a continuación y más adelante durante la codificación de los equipos.

1.6.1.1 Área de rectificado.

- Rectificado de Cigüeñales.
- Rectificado de Bloques.
- Rectificado de culatas.
- Rectificado de biela.
- Rectificado de válvulas.

1.6.1.2 Área de mecanizado.

- Torno.
- Fresado.
- Cepillado.
- Taladrado.
- Alesadora.

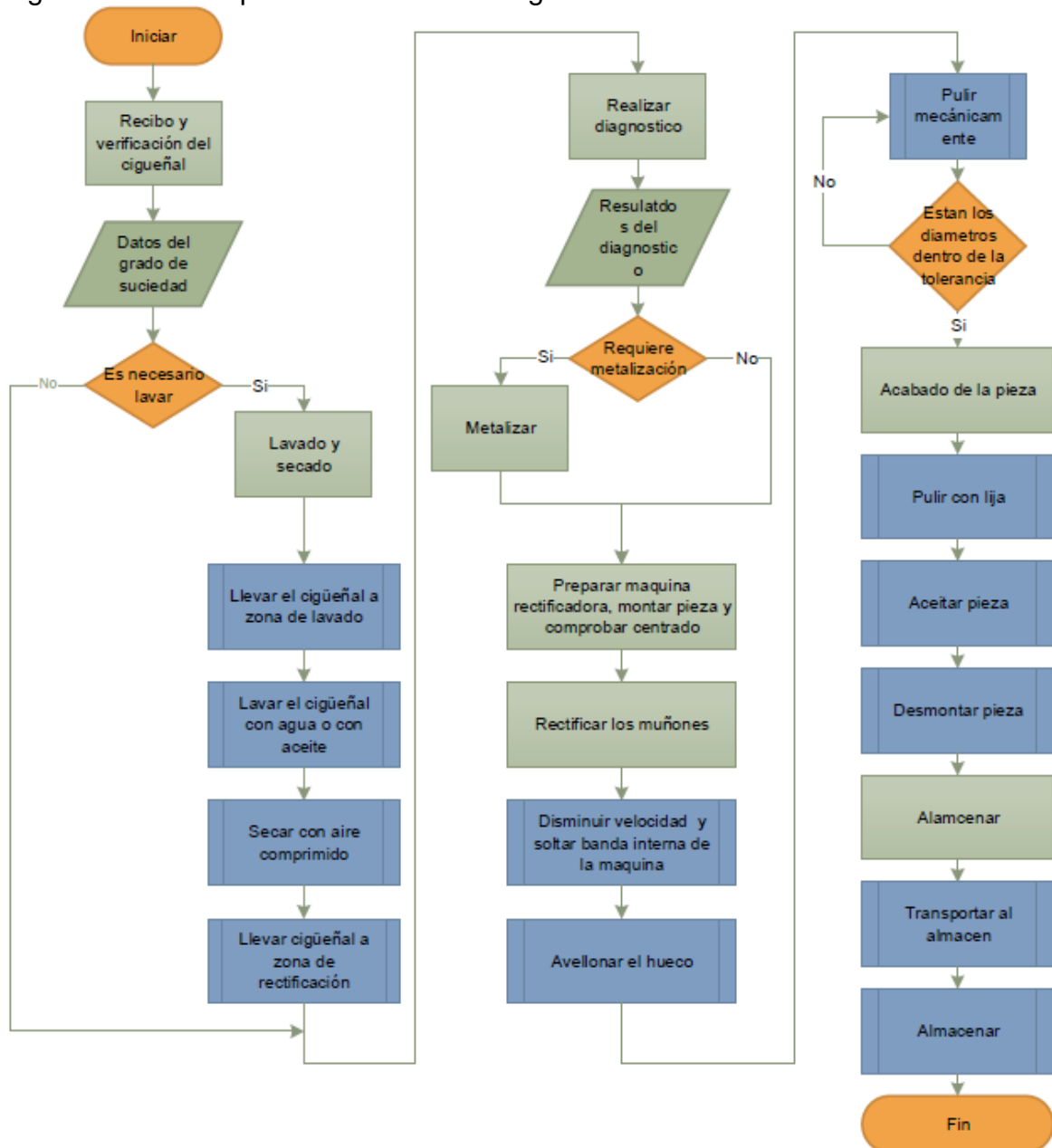
1.5.1.3 Área de ensamble.

- Soldadura por arco sumergido.
- Soldadura de por plasma.
- Soldadura de electrodos.

1.7 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

1.7.1 Rectificado de cigüeñal.

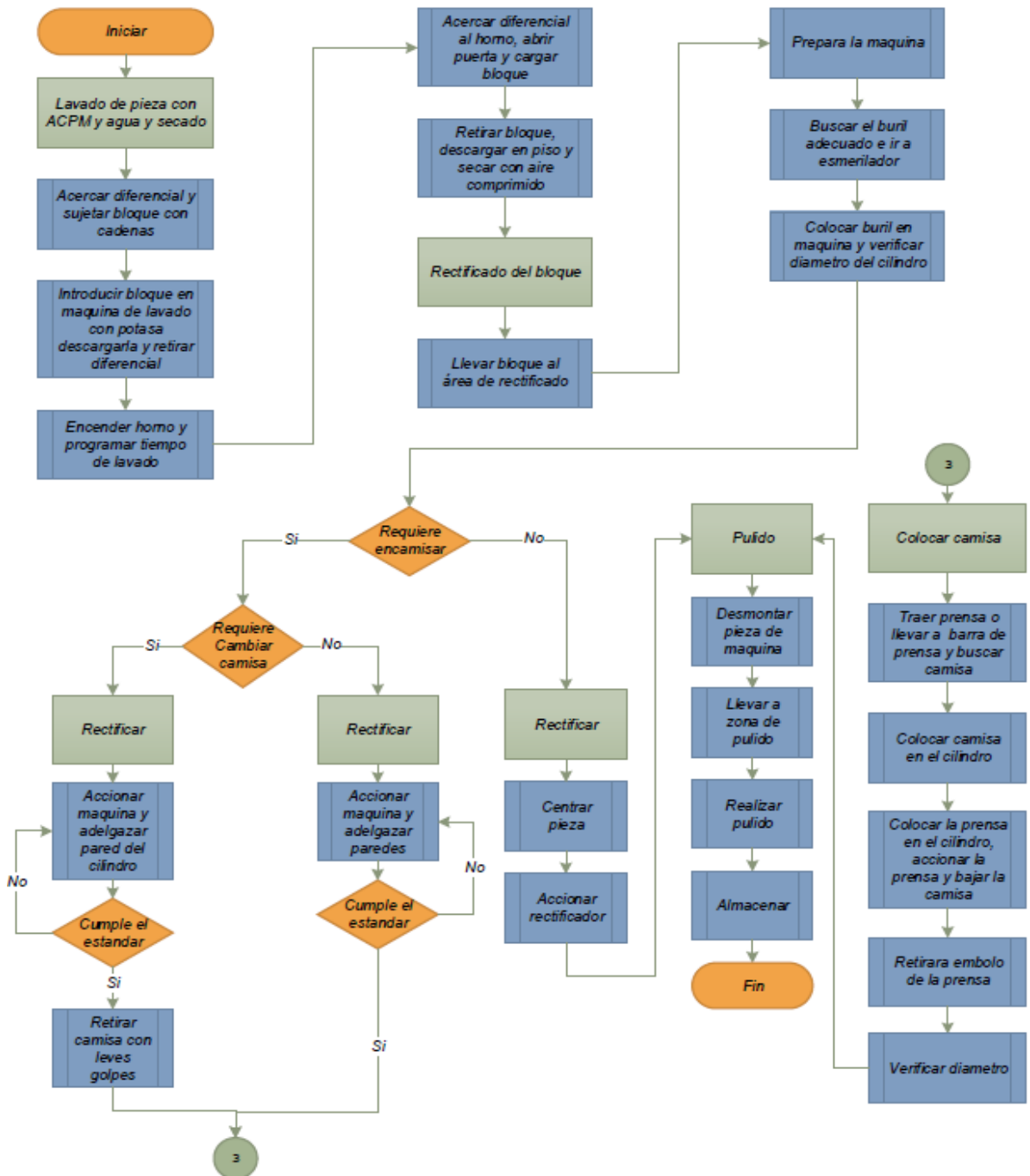
Figura 5. Proceso para rectificación de cigüeñales.



Fuente: MORENO GÓMEZ, Nelson Enrique; RAMÍREZ DÍAZ, Margarita María.
Tecnología de grupos aplicada a Metalizadora del Oriente Ltda.

1.7.2 Rectificado de bloques de motor.

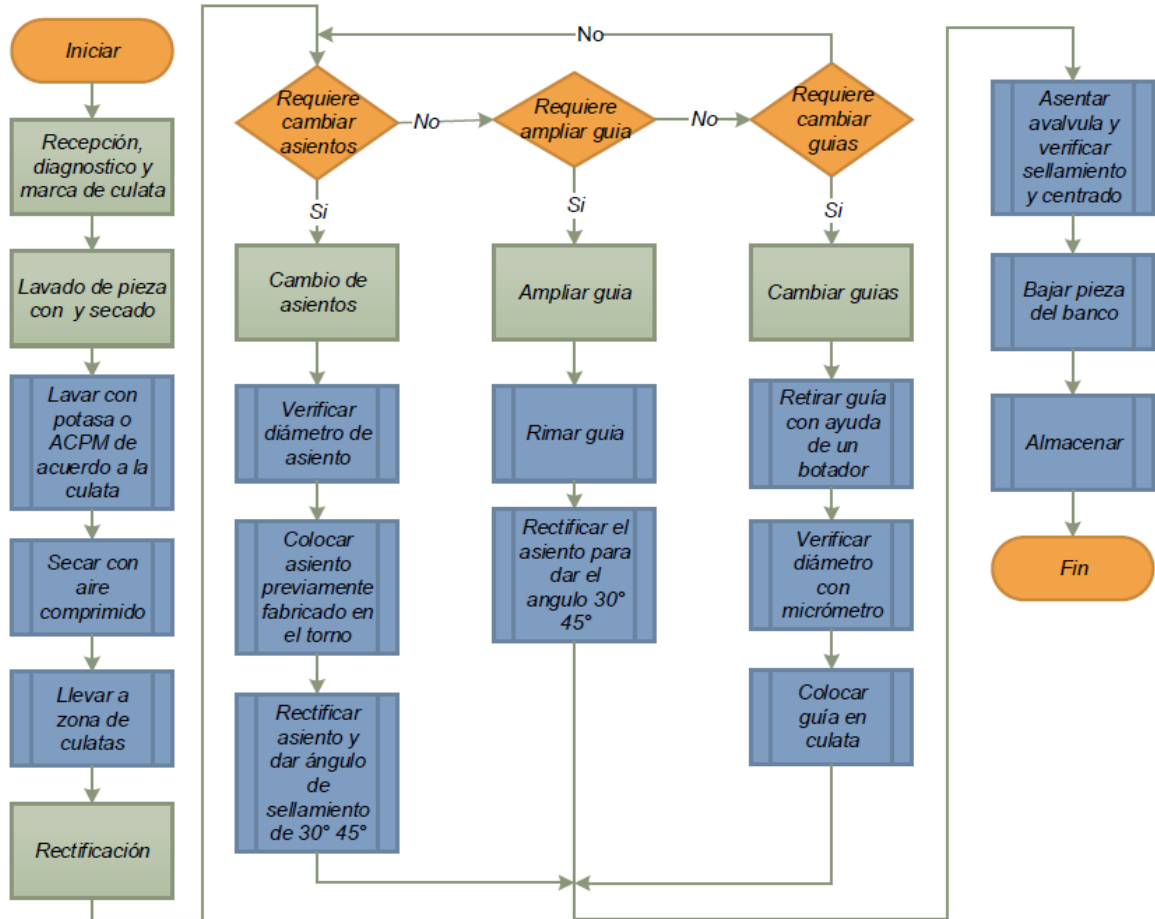
Figura 6. Proceso para rectificación de bloques de motor.



Fuente: MORENO GÓMEZ, Nelson Enrique; RAMÍREZ DÍAZ, Margarita María. Tecnología de grupos aplicada a Metalizadora del Oriente Ltda.

1.7.3 Rectificado de culatas.

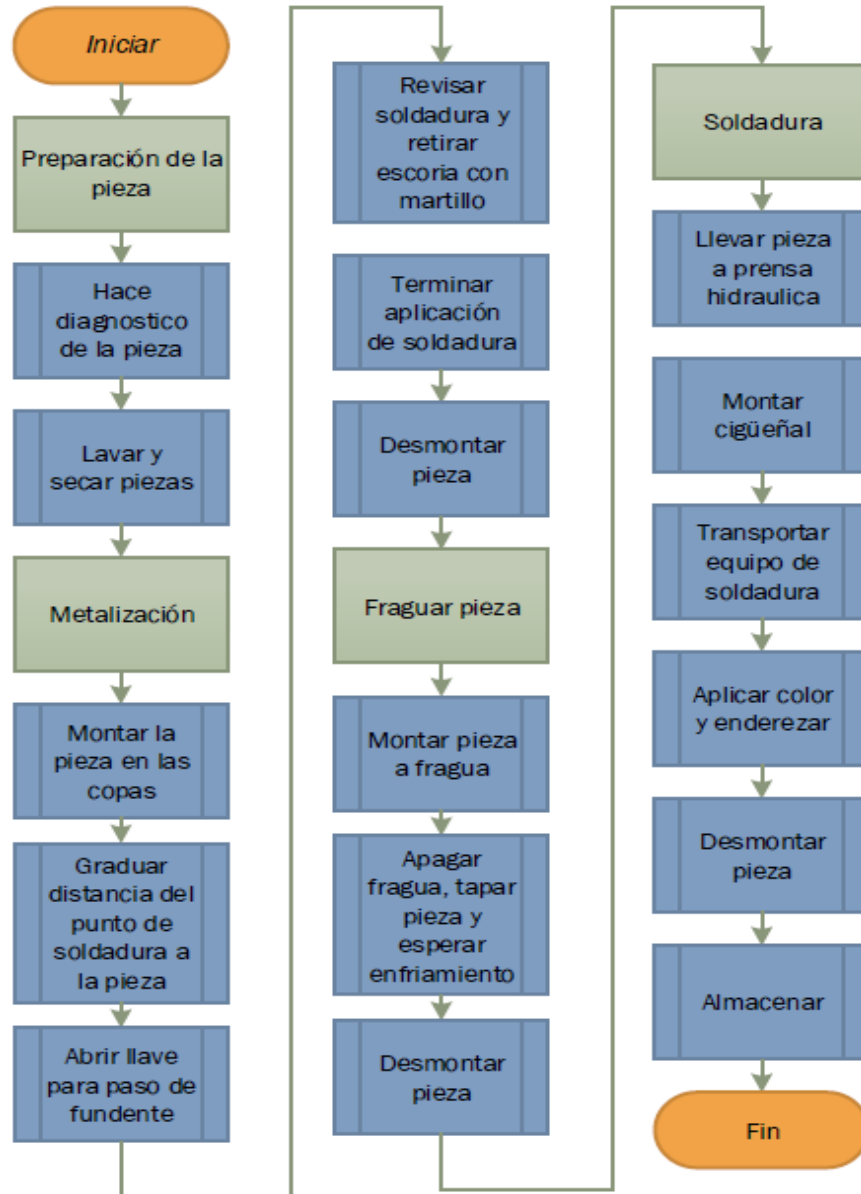
Figura 7. Proceso para rectificación de culatas.



Fuente: MORENO GÓMEZ, Nelson Enrique; RAMÍREZ DÍAZ, Margarita María.
Tecnología de grupos aplicada a Metalizadora del Oriente Ltda.

1.7.4 Soldadura por arco sumergido.

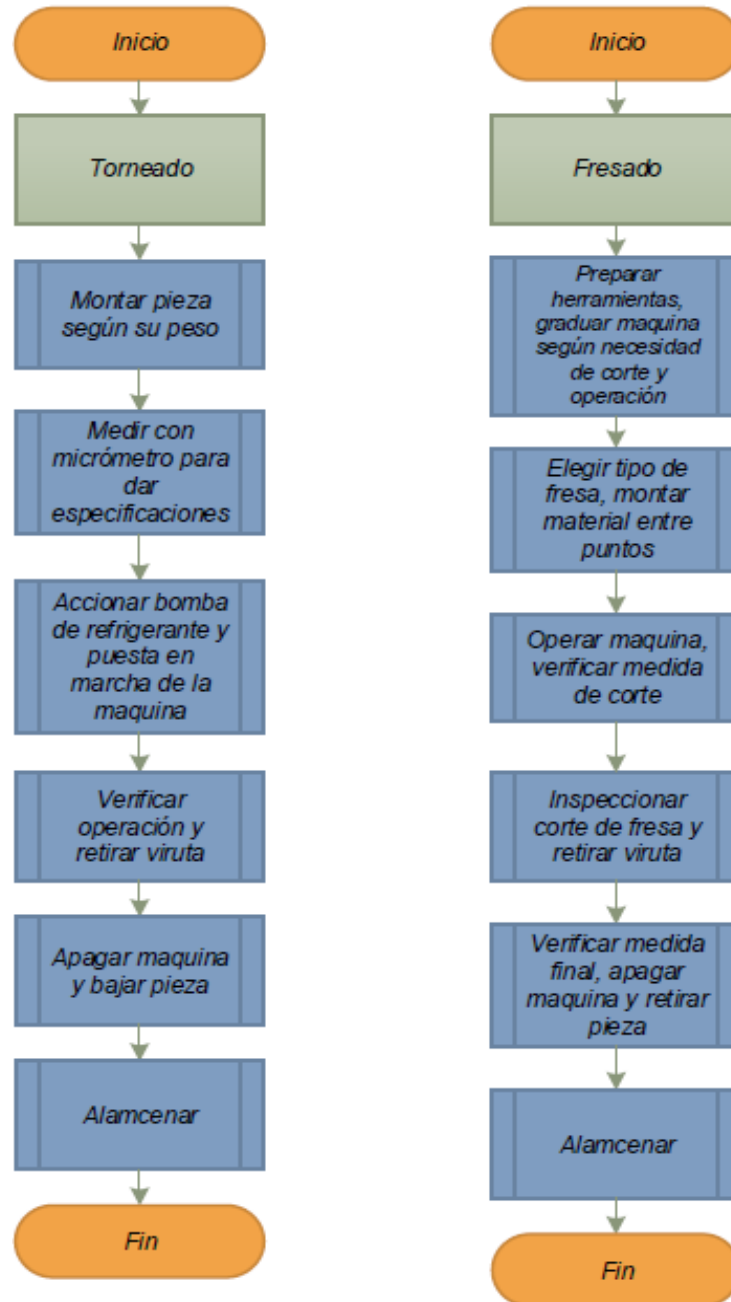
Figura 8. Proceso de soldadura por arco sumergido.



Fuente: MORENO GÓMEZ, Nelson enrique; RAMÍREZ DÍAZ, Margarita María.
Tecnología de grupos aplicada a Metalizadora del Oriente Ltda.

1.7.5 Proceso de torneado y fresado.

Figura 9. Proceso de torneado.



Fuente: MORENO GÓMEZ, Nelson Enrique; RAMÍREZ DÍAZ, Margarita María.
Tecnología de grupos aplicada a Metalizadora del Oriente Ltda.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se presentan los principales conceptos y aspectos básicos acerca del mantenimiento industrial, las principales técnicas que se desarrollan a la hora de establecer una metodología para el mantenimiento y sobre los sistemas de información y su aplicación en el mantenimiento.

2.1 MANTENIMIENTO

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan por resultado una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa.

Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo de producción debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.⁴

Mantener es realizar operaciones tales como: limpieza, lubricación, inspección, conservación, reparaciones y mejoras que permiten conservar el potencial de un equipo para asegurar su continuidad y garantizar la calidad de la producción.⁵

⁴ DIXON, Daffuaa. Sistemas de Mantenimiento. Limusa. Pág. 29. México. 2000.

⁵ GONZÁLEZ, Carlos Ramón. Ingeniería de Mantenimiento. Cap. I. UIS. Bucaramanga.

2.1.1 Objetivos del mantenimiento. El principal propósito del mantenimiento es conservar los equipos y sistemas productivos con las mejores condiciones de operación y el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento, garantizando confiabilidad y disponibilidad al menor coste posible, de manera que los equipos estén siempre aptos y en condiciones de operación inmediata. Se puede decir que sus pilares son:

- Garantizar la disponibilidad del equipo productivo.
- Optimizar los recursos económicos, humanos y tecnológicos.
- Disminuir los costos directos e indirectos del mantenimiento.

2.1.2 Tipos de mantenimiento. Aunque podrían establecerse diferentes clasificaciones del mantenimiento, atendiendo a las posibles funciones que se le atribuyan a éste, así como la forma de desempeñarlas, tradicionalmente se admite una clasificación basada más en un enfoque metodológico o filosofía de planteamientos.

La idea es practicar una adecuada combinación de los diferentes tipos de mantenimiento, realizando lo que se ha venido a llamar mantenimiento planificado, lo cual consiste en efectuar una correcta selección de las plantas o de los equipos a los que se va a aplicar cada uno de los tipos de mantenimiento.⁶

2.1.2.1 Mantenimiento correctivo. En este tipo de mantenimiento, también llamado “a rotura” (breakdown maintenance), sólo se interviene en los equipos cuando la falla ya se ha producido. Se trata, por tanto, de una actitud pasiva, frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera de la avería o fallo.

⁶ GOMES DE LEÓN, Félix Cesáreo: Tecnología del mantenimiento industrial. Madrid: Universidad de Murcia, 1998. P22.

Este tipo de mantenimiento puede estar plenamente justificado, especialmente en aquellos casos en los que existe un bajo costo de los componentes afectados y donde los equipos son de naturaleza auxiliar y no llegan a interrumpir la producción, ni si quiera afecta la capacidad productiva de forma instantánea. En estos casos es menos costoso reparar la falla que implementar otro tipo de mantenimiento más complejo. Por otra parte, este mantenimiento no es conveniente para equipos que están implicados en un proceso de producción y son únicos, debido a:

- Las averías se producirán de manera imprevista ocasionando el paro de la producción por un tiempo indefinido, ya que no se cuenta con el personal ni con los repuestos necesarios.
- Las averías imprevistas suelen ser graves, lo cual supone altos costos de reparación.
- Las averías imprevistas pueden implicar un riesgo para la seguridad del personal.

2.1.2.2 Mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están en estado inicial de desarrollo.

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando acabo un mantenimiento planeado, basado en las

inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a falla⁷. Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema preventivo obtiene Las siguientes ventajas:⁸

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, por menos paros imprevistos de equipos/máquinas.
- Mayor vida útil de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto, sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor cantidad de reparaciones repetitivas.
- Menor número de productos rechazados, menos desperdicios, mejor control de calidad debido a la correcta adaptación de los equipos.
- Menor costo de las reparaciones.
- Menos desperdicio de materia prima al no presentarse fallas inesperadas en el equipo.
- Se podrán realizar presupuestos y proyecciones más acertadas.
- Se podrán establecer índices para los costos de mantenimiento.

En resumen y considerando los costos directos e indirectos a mediano y largo plazo, se estima que una sana combinación de mantenimientos correctivo y preventivo puede reducir los costos en 40 a 50%. Hay que recordar que entre los costos indirectos están: pérdida de prestigio por incumplimiento de programas de

⁷ SIERRA A. Gabriel Antuán. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrial AVM S.A. Trabajo de grado en modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2004. 196p.

⁸ GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y montajes. En: Asignatura de mantenimiento y montajes. (2010: Bucaramanga). Lecturas y diapositivas de la asignatura mantenimiento y montajes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.

producción y entregas, primas por accidentes, litigios y desmandas, desmotivación a la calidad y productividad.

2.1.3 Procedimiento para implementar el mantenimiento preventivo. Se recomiendan los siguientes aspectos básicos para emprender un programa preventivo de mantenimiento.

- Comenzar con la determinación de los equipos más críticos de la planta.
- Hacer un programa de mantenimiento preventivo donde participen todos los departamentos de la empresa.
- Seleccione un departamento o sección de la planta para facilitar el inicio; esta aproximación permite concentrar los esfuerzos y facilita la medición del progreso.
- Debe determinar si se implementaran rutas de lubricación, realizar inspecciones y hacer ajustes y/o calibraciones, o cambiar partes con base a frecuencia y/o uso.
- La maquinaria y equipo que se seleccione para incluir en el programa, determinará si se necesitan disciplinas adicionales de mantenimiento preventivo, cada subsistema proveerá beneficios, pero también dependerá de la cantidad de recursos disponibles.
- Es importante que el personal en la organización entienda cual es el mayor propósito del programa de mantenimiento preventivo.
- Poner atención a la medición del progreso, ya que es donde muchos programas de mantenimiento preventivo fallan. Si no se mide el progreso no se tendrá ninguna defensa, y como se sabe, lo primero que se reduce cuando existen problemas de este tipo, es precisamente en el presupuesto del programa de mantenimiento preventivo. Por último y de mucha importancia, si no mide los resultados no podrá afinar su programa.
- Desarrolle un plan de entrenamiento. No se necesita mencionar demasiado sino solo la invariabilidad del requerimiento de un entrenamiento completo y consistente,

determine estos requerimientos y desarrolle un plan comprensible para acoplarlo a la línea de tiempo establecida que se desarrolló.

- Reúna y organice los datos.

2.1.4 Indicadores de mantenimiento.⁹ Cuando se emprende cualquier actividad es necesario definir una serie de indicadores que cuantifiquen la eficacia y eficiencia de dichas actividades. De este modo se puede evaluar de forma objetiva si se consiguen los objetivos que se pretendían con la realización de dicha actividad.

2.1.4.1 Confiabilidad¹⁰. Es la probabilidad de que un equipo o instalación desarrolle su función, bajo unas condiciones específicas y durante un tiempo determinado.

El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de los sistemas, para ello se utiliza lo que denominamos la tasa de falla, por tanto, la media de tiempos entre fallas (TMEF) caracteriza la fiabilidad de la máquina.

$$TMEF = \frac{H_{OP}}{\sum FALLAS} \quad (1)$$

Donde H_{OP} son las horas de operación y $FALLAS$ son el número de fallas detectadas.

2.1.4.2 Mantenibilidad. Es la probabilidad de que un equipo en estado de fallo, pueda ser reparado a una condición específica en un periodo de tiempo dado, y usando unos recursos determinados. Por tanto, la media de tiempos de reparación (TMDR) caracteriza la mantenibilidad del equipo.

⁹ Rodríguez Araujo, Jorge. Gestión del mantenimiento. dic. 2008 cap. 2.4.

¹⁰ Espinoza. Optimización del mantenimiento. Espoch. pág. 54.

$$TMDR = \frac{T_{TF}}{\sum FALLAS} \quad (2)$$

Donde T_T es el tiempo total de fallas y $FALLAS$ son el número de fallas detectadas.

2.1.4.3 Disponibilidad. La disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. Es la probabilidad de que una máquina esté preparada para producción en un periodo de tiempo determinado.

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p} \quad (3)$$

Donde T_o es el tiempo total de operación y T_p es el tiempo total de parada.

Los periodos de tiempo nunca incluyen paradas planificadas, ya sea por convenios laborales, por mantenimiento planificado, o por paradas de producción, dado que estas no son debidas al fallo de la máquina. También se puede definir de forma más práctica a través de los tiempos medidos entre fallos y de reparación, dado que son los datos que se conocen para cada sistema.

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR} \quad (4)$$

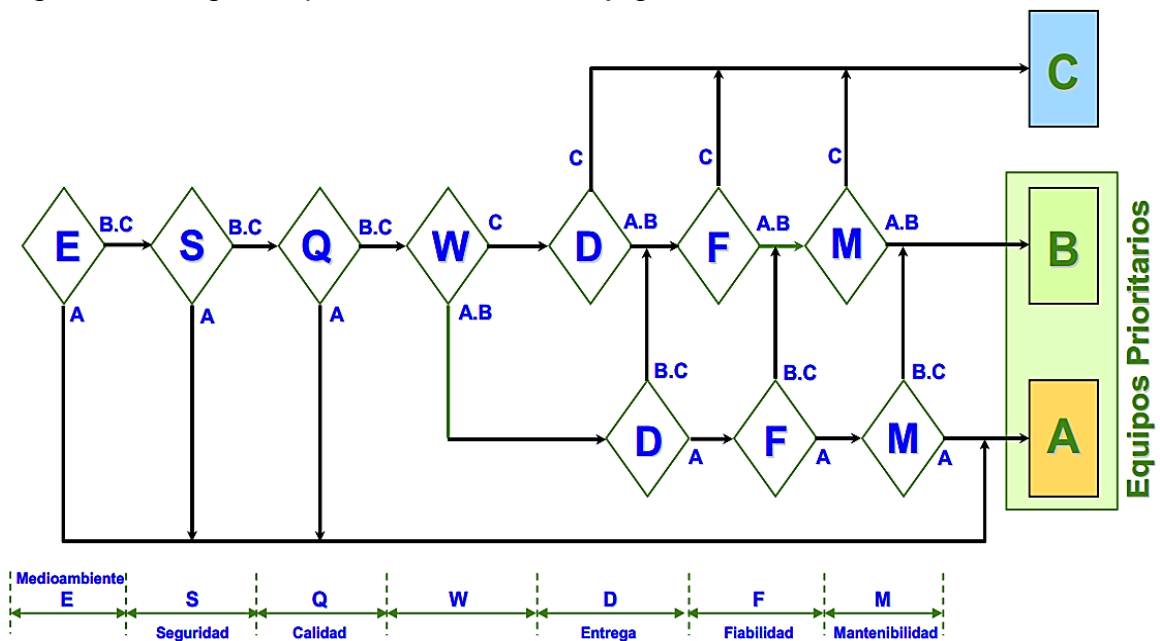
Donde $TMEF$ es el tiempo medio entre fallas y $TMDR$ es el tiempo medio de reparación.

2.2 CONFIABILIDAD OPERACIONAL DE LOS ACTIVOS

2.2.1 Análisis de Criticidad. Permite identificar y jerarquizar con base a algunos criterios a los activos sobre los cuales vale la pena dirigir recursos, determinando la importancia de los eventos potenciales de fallos y sus consecuencias para los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan.

2.2.1.1 Técnica del flujograma. Es un método totalmente cualitativo donde se clasifican a los equipos en tres categorías, A, B o C, por medio de calificaciones a distintas clases de cuestionamientos (E, S, Q, W, D, F, M).

Figura 10. Diagrama para la técnica del flujograma.



Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos. CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo Métodos de análisis de criticidad.

Tabla 1. Criterios para ponderación en la técnica del flujograma.

	A	B	C
Medio ambiente (E)	Afectar salud de personas y el medio ambiente	Se puede controlar al interior de la planta	no hay contaminación
Seguridad (S)	provocan accidentes que dejen incapacidad temporal o permanente	Provocan daños sin dejar incapacidad	no hay riesgo en la seguridad
Calidad (Q)	imagen negativa de la compañía en el mercado	imagen negativa al interior	no genera ningún impacto
Tiempo de trabajo (W)	Activos que trabajan tres turnos	Activos que trabajan dos turnos	Activos que trabajan un turno
Entrega (D)	Activos que paran toda la fábrica al fallar	Activos que paran una línea de producción al fallar	Activos que no producen una interrupción al fallar
Fiabilidad (F)	Activos con frecuencia de fallo menor a cinco horas	Activos con frecuencia de fallo entre cinco y diez horas	Activos con frecuencia de fallas mayor a diez horas
Mantenibilidad (M)	Activos que requieren más de 90 minutos para ser reparados	Activos que requieren entre 45 y 90 minutos para ser reparados	Activos que requieren menos de 45 minutos para ser reparados

Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos. CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo Métodos de análisis de criticidad.

2.2.1.2 Técnica de criticidad total por riesgo (CTR). Es un método semicuantitativo que consta de multiplicar la frecuencia de un fallo por la consecuencia del mismo este método ha sido muchas veces desarrollado e implementado por la industria.

- Consecuencia.

$$\text{Consecuencia} = (IO * FO) + CM + SHA \quad (5)$$

- Impacto operacional (IO). Es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla.

- Flexibilidad operacional (FO). Definida como la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables.
- Costo del mantenimiento (CM). Costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento.
- Impacto de seguridad, higiene y medio ambiente (SHA). Enfocado a evaluar los inconvenientes que puede causar el sistema, máquina o pieza sobre las personas o el ambiente.

Tabla 2. Factores ponderados para calcular la consecuencia.

Factores	Ponderación de los factores	
Impacto Operacional (IO)	Pérdida total de la producción	10
	Parada del sistema o subsistema y tiene repercusiones en otros sistemas	7
	Impacta en niveles de inventario o de calidad	4
	No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1
Flexibilidad Operacional (FO)	No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
	No hay opción de repuesto compartido/almacén	2
	Función de repuesto disponible	1
Costo de Mantenimiento (CM)	Mayor o igual a US\$ 400,000.00	2
	Inferior a US\$ 400,000.00	1
Impacto en Seguridad, Ambiente e Higiene (SAH)	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
	Afecta el ambiente/instalaciones	7
	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
	Provoca daños menores (Ambiente - Seguridad)	3
	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1

Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos. CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo Métodos de análisis de criticidad.

- Criticidad total.

$$\text{Criticidad Total} = \text{Frecuencia de Fallas} * \text{Consecuencia} \quad (6)$$

- Frecuencia de fallas. Representa el número de veces que se repite un evento considerado como falla, implicando una parada, dentro de un periodo de tiempo de un año.

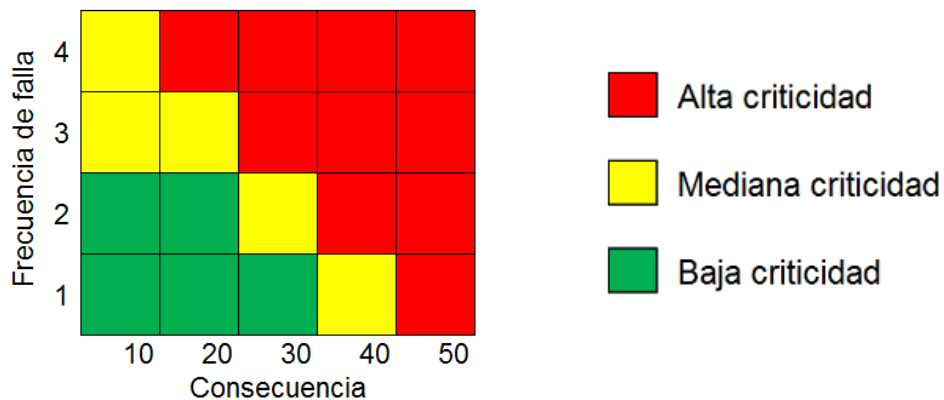
Tabla 3. Factores ponderados para calcular la criticidad.

Factores	Ponderación de los factores	
Frecuencia de Fallas (FF)	Mayor a 5 fallas/año	4
	Entre 2 y 5 fallas/año	3
	Entre 1 y 2 fallas/año	2
	Menor a 1 falla/año	1

Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos. CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo Métodos de análisis de criticidad.

- Matriz de criticidad. Es una matriz donde se ubica el valor de frecuencia en el eje Y y el valor de consecuencias en el eje X, mostrando de forma inmediata el grado de criticidad en que se encuentran los equipos evaluados.

Figura 11. Matriz de criticidad.



Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos. CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo Métodos de análisis de criticidad.

- Área de sistemas No Críticos (NC): Equipos que en el momento de fallar no afectarán el sistema productivo.

- Área de sistemas de Media Criticidad (MC): Equipos que en caso de fallar afectan parcialmente el sistema productivo sin causar una parada total de la producción.
- Área de sistemas Críticos (C): Son equipos que cuando fallan afectan las dinámicas de producción.

2.2.1.3 Técnica de matriz de criticidad por riesgo (MCR). Método semicuantitativo que se basa en determinar el factor de riesgo.

- Consecuencia.

$$\text{Consecuencia} = (IC + IP + BM + CM + SHA) * 0.2 \quad (7)$$

Tabla 4. Factores ponderados para la consecuencia.

Factores	Ponderación de los factores	
Impacto en Producción (IP)	Pérdidas superiores al 75%	5
	Pérdidas entre el 50% y el 74%	4
	Pérdidas entre el 25% y el 49%	3
	Pérdidas entre el 10% y el 24%	2
	Pérdidas menores al 10%	1
Impacto por baja Mantenibilidad (BM)	Tiempos de reparación y logística muy grandes	5
	Tiempos de reparación y logística intermedios	3
	Tiempos de reparación y logística muy pequeños	1
Impacto por costos de mantenimiento (CM)	Costos superiores al 75% del valor del equipo	5
	Costos entre 50% y 74% del valor del equipo	4
	Costos entre 25% y 49% del valor del equipo	3
	Costos entre 10% y 24% del valor del equipo	2
	Costos menores al 10% del valor del equipo	1
Impacto en Seguridad, Ambiente e Higiene (SAH)	Alto riesgo para el personal y el ambiente por catástrofe	5
	Bajo riesgo para el personal y el ambiente por incidentes controlables	3
	No existe riesgo para el personal ni para el ambiente	1

Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos. CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo Métodos de análisis de criticidad.

- Riesgo.

$$\text{Riesgo} = \text{Frecuencia de Fallas} * \text{Consecuencia} \quad (8)$$

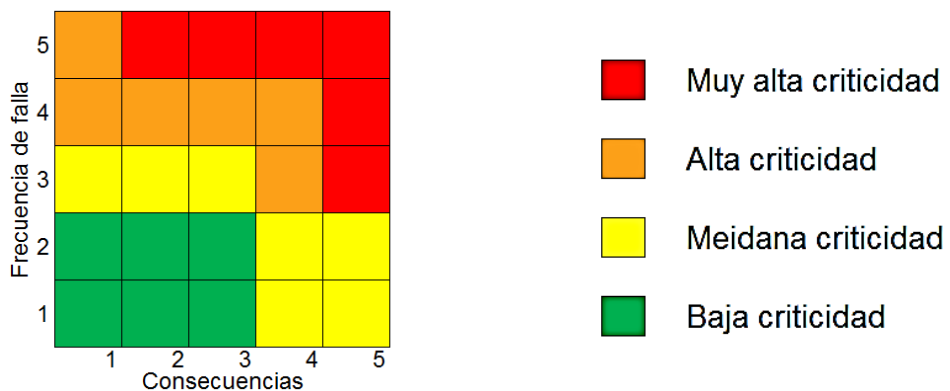
Tabla 5. Factores ponderados para calcular el riesgo.

Factores	Ponderación de los factores	
Frecuencia de Falla (FF)	Más de tres fallas en un año	5
	Una a tres fallas en un año	4
	Una falla en tres años	3
	Una falla en cinco años	2
	Menor a una falla en cinco años	1

Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos. CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo Métodos de análisis de criticidad.

- Representación de la criticidad.

Figura 12. Matriz de criticidad para le técnica MCR.



Fuente: PARRA MÁRQUEZ, Carlos. CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo Métodos de análisis de criticidad.

2.2.2 Análisis de Pareto. Es una herramienta estadística avanzada que se utiliza para jerarquizar datos, en este caso, jerarquizar los equipos con base a la frecuencia de sus eventos de fallo.

Este análisis permite mediante una representación gráfica de los datos en orden descendente y la aplicación de la regla 80/20, identificar cuales equipos son los causantes de la mayoría de las asistencias de mantenimiento correctivas, y por tanto los que más consecuencias generan en las dinámicas de producción, para posteriormente centrar la mayor parte de los recursos y esfuerzos en prevenir estos fallos en estos equipos.

2.2.3 Análisis de modos y efectos de fallas (FMEA). A continuación, se cita un procedimiento de manera resumida para realizar el análisis FMEA basándose en la norma y teniendo en cuenta que su aplicación será para el aspecto de prestación de un servicio, en este caso, el que prestan los equipos a la empresa.

- Preparación del equipo. Se conforma un equipo conformado por operarios y, personal encargado del mantenimiento correctivo y supervisión, este grupo debe tener una amplia experiencia con el manejo de las máquinas y conocer sus principales características para poder dar calificaciones coherentes a la realidad.
- Funciones principales. Se especifican las funciones principales realizadas por los equipos.
- Modos de fallo potenciales. Se establecen todos los posibles modos de fallo para cada función establecida anteriormente, hasta aquellos que se puedan dar por uso incorrecto, aunque no suceda.
- Efectos de fallo potenciales. Se establecen todos los posibles efectos de fallo para cada modo de fallo establecido anteriormente.
- Causas de fallo potenciales. Se establecen todas las posibles causas de fallo, directas o indirectas, para cada modo de fallo establecido anteriormente.

2.2.3.1 Índices de modo de falla. Se establecen tres índices para cada modo de falla establecido anteriormente.

- Índice de gravedad (G). Determina la severidad del efecto de una falla.

Tabla 6. Ponderación para el índice de gravedad.

Gravedad	Criterio	Valor
Muy baja (repercusiones imperceptibles)	Este fallo no genera un efecto real sobre el rendimiento	1-2
Baja (repercusiones irrelevantes apenas perceptibles)	Se genera un pequeño deterioro en el rendimiento del sistema	3-4
Moderada (defectos de relativa importancia)	Se genera un deterioro notable en el rendimiento del sistema	5-6
Alta	Fallo crítico que puede causar la inactividad del sistema	7-8
Muy alta	Fallo crítico que afecta la seguridad del sistema, incumpliendo normativas	9-10

Fuente: NTP 697 [en línea].

- Índice de ocurrencia (O). Determina la probabilidad de que se produzca una falla debido a una causa de fallo potencial.

Tabla 7. Ponderación para la ocurrencia o frecuencia.

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy baja (muy improbable)	Ningún fallo se asocia a los que sucedieron antes, es concebible	1
Baja	Fallos aislados, son casos similares, poco probable	2-3
Moderada	Falla aparecida ocasionalmente puede que aparezca algunas veces	4-5
Alta	Fallo presentado con cierta frecuencia en casos similares	6-8
Muy alta	Fallo casi inevitable, seguramente se producirá frecuentemente	9-10

Fuente: NTP 697 [en línea].

- Índice de detección (D). Evalúa la probabilidad de detectar la causa y el efecto para un modo de fallo.

Tabla 8. Ponderación para el índice de defectibilidad.

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy alta	El defecto será detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto alguna vez pasará los controles básicos	2-3
Mediana	El defecto es casualmente no detectado por controles exhaustivos	4-6
Pequeña	El defecto es difícil de detectar con los tipos de controles que se cuentan	7-8
Improbable	El defecto es indetectable, la falla es segura	9-10

Fuente: NTP 697 [en línea].

2.3 CONFIABILIDAD

La confiabilidad puede llegar a ser la característica más importante para un activo de una empresa, porque expresa la probabilidad de que dicho activo cumplirá con sus funciones, bajo determinadas condiciones y periodo de tiempo.

Por medio de una determinada metodología podemos obtener amplia información sobre en qué estado funciona un sistema, como se puede prevenir un mal funcionamiento y si sucede, como se puede recuperar. Existen muchos procedimientos estadísticos para determinar la confiabilidad, pero sus resultados no serán efectivos si no se tienen abundantes datos históricos de los equipos de alta fiabilidad y calidad.

2.3.1 Distribución Weibull.¹¹ Es el modelo estadístico moderno más utilizado para la determinación de la confiabilidad, es muy versátil y ofrece mucha información para el análisis de un equipo, se prefiere también porque sus resultados son confiables si se cuenta con pocos datos. Existen dos técnicas para calcular esta

¹¹ DE LA OSSA GONZALES, Carlos Alberto. GÓMEZ GUARÍN. Julián Camilo. Desarrollo de un programa para el cálculo de la confiabilidad operacional de activos basado en distribuciones estadísticas WEIBULL Ingeniero mecánico. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2014. 135 P.

distribución una de ellas está basada en rangos de medianas que se utiliza cuando se tiene una muestra pequeña de datos.

- Rango de mediana.

$$F(t) = \frac{i - 0.3}{N + 0.4} \quad (9)$$

- Confiabilidad.

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (10)$$

- Parámetro de escala. Representa el tiempo característico para el fracaso.

$$\eta = e^{\frac{-b}{\beta}} \quad (11)$$

- Parámetro de forma β . Indica el mecanismo de la falla, la etapa en la que se encuentra el equipo.

Tabla 9. Análisis para el parámetro β .

β	Tipos de falla	Tasa de riesgo
< 1	Fallas tempranas	Decreciente
= 1	Fallas aleatorias	Constante
> 1	Fallas por obsolescencia o desgaste	Creciente

Fuente: DE LA OSSA GONZALES, Carlos Alberto. GÓMEZ GUARÍN. Julián Camilo. Desarrollo de un programa para el cálculo de la confiabilidad operacional de activos basado en distribuciones estadísticas Weibull.

2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN

2.4.1 Definición. Es una disposición de componentes integrados entre sí que comprenden todos los procesos, procedimientos y recursos involucrados para cumplir el objetivo de satisfacer las necesidades de información para el apoyo de

las actividades de una organización, ya que, con una buena interpretación, esta información puede contribuir a la toma de decisiones.¹²

Figura 13. Partes de un sistema de información.



Fuente: COHEN KAREN, Daniel; ASIN LARES Enrique. Sistemas de información para los negocios.

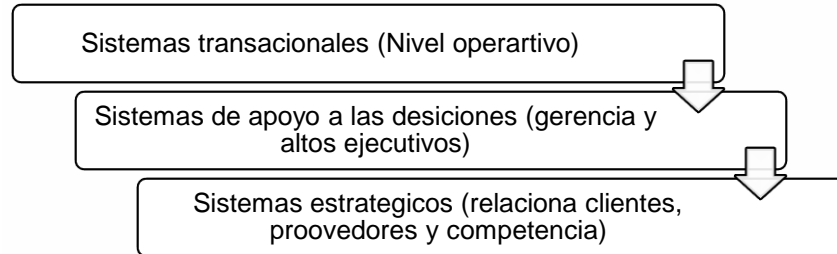
2.4.1.1 Funciones de un sistema de información.

- **Entrada de datos.** son aquellos datos que se obtienen mediante, la observación, el cálculo, la medición, la evaluación antes, durante y después de las actividades desarrolladas en la industria dentro de uno o varios contextos. Se pueden ingresar de forma manual por el usuario o automáticamente si provienen de otros sistemas.
- **Almacenamiento de la información** El sistema puede recordar la información guardada en la sesión o proceso anterior, la cual se almacena en estructuras de información denominadas archivos.
- **Procesamiento de la información.** El sistema efectúa los cálculos de acuerdo con una secuencia de operaciones preestablecida, utilizando los datos almacenados
- **Salida de información.** El sistema muestra la información por medio de cifras, tablas, gráficos, entre otros. Algunas veces la salida de un sistema de información puede ser la entrada de otro.

¹² COHEN KAREN, Daniel; ASIN LARES Enrique. Sistemas de información para los negocios. 3 ed. México D.F. McGraw-Hill. 2000, p. 4

2.4.1.2 Tipos de sistemas de información.

Figura 14. Tipos de sistemas de información.



Fuente: COHEN KAREN, Daniel; ASIN LARES Enrique. Sistemas de información para los negocios.

2.4.1.3 Objetivos de los sistemas de información.

Cuadro 2. Objetivos de los tipos de sistemas de información.

Sistemas transaccionales	Sistemas de apoyo a la toma de decisiones
Automatizar los procesos operativos los cuales pueden tener las tareas más rutinarias y tediosas.	Dar un apoyo en el proceso de toma de decisiones de naturaleza repetitivas y estructuradas, así como no repetitivas y no estructuradas.
Acelerar los trámites.	Proporcionar informes periódicos necesarios para la planeación, el control, el análisis, la acción y resolución de problemas.
Disminuir la cantidad de mano de obra.	Apoyar el juicio humano, de tal modo que se pueda utilizar el máximo potencial de los procesos del hombre y de la máquina.
Minimizar los errores.	Crear herramientas de apoyo bajo el control de los usuarios, sin automatizar la totalidad del proceso decisorio predefiniendo objetivos o imponiendo soluciones.
Facilitar la registración y recuperación de datos desagregados.	Ayudar en la solución de problemas prácticos no totalmente estructurados y en lo que, hallándose presente algún grado de estructura, el juicio sea esencial
Reducir o aligerar las actividades que desarrollan los empleados u operarios.	

Fuente: COHEN KAREN, Daniel; ASIN LARES Enrique. Sistemas de información para los negocios.

3. DIAGNÓSTICO DE LA FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO EN METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA

Este capítulo tiene como objetivo la evaluación y diagnóstico de la situación actual del mantenimiento y de su gestión dentro de la organización de la planta, con la finalidad de establecer los problemas presentes en el área de mantenimiento y posteriormente plantear una posible solución que permita llevar un mejor control de todas las labores de mantenimiento que se realizan en la empresa.

3.1 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La empresa actualmente desarrolla un mantenimiento de tipo correctivo para todos los equipos, generando así, paradas imprevistas, pérdidas de producción y disminuyendo el control tanto en calidad como cumplimiento en la entrega de sus productos. Los procedimientos de mantenimiento como revisiones, lubricación y ajustes realizados por el operario no son plenamente definidos por un programa sistemático basado en horas de trabajo. No se tiene un formato establecido para las órdenes de trabajo y hojas de vida de los equipos, pero se tienen algunos registros desactualizados y dispersos; los operadores de las máquinas o el supervisor informan de manera informal las fallas o anomalías presentadas al jefe de la planta para su arreglo, el cual contrata un técnico externo para la solución del problema.

3.2 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

En la actualidad la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento definido que permita la organización anticipada y ordenada de las actividades de mantenimiento que se van a efectuar, conllevando a ello a ejecutar actividades de solo mantenimiento correctivo, las cuales no se basan en ningún criterio de criticidad u horas de funcionamiento de los equipos, lo cual trae como consecuencia la dificultad

de realizar el seguimiento de las tareas concluidas y por ejecutar en cada equipo de la planta.

3.3 SOPORTE INFORMÁTICO

En el momento la empresa no cuenta con un sistema informático que permita la planificación, recopilación, control y descripción de las tareas de mantenimiento ejecutadas en las máquinas y equipos.

3.4 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

La información técnica de los equipos de la planta se presenta en formatos desactualizados, existen algunos documentos que evidencian que en algún momento se intentó llevar el registro de fichas técnicas, hojas de vida y órdenes de trabajo, pero en la mayoría la información contenida está incompleta o dispersa, dando como consecuencia escasez de información para la resolución de problemas.

3.5. GESTIÓN DE REPUESTOS

El resultado del análisis de la gestión de los repuestos y suministros de la empresa, Metalizadora del Oriente Ltda., se pudo determinar que:

- No se tiene un área destinada para ubicación del stock de repuestos lo que ocasiona, que éstos estén dispersos en muchas áreas de la planta.
- No existe una herramienta que permita ejercer control sobre los repuestos e insumos que realmente se utilizan en las intervenciones de mantenimiento.

3.6. COSTOS DE MANTENIMIENTO

El costo de mantenimiento es uno de los factores más importantes a tener en cuenta en la administración del mantenimiento, ayudando a medir la eficiencia del mismo. En la empresa se ha llevado un control de costos deficiente, ya que no se tiene un registro, en la cual se evidencie los costos por mano de obra, materiales involucrados y tiempo empleado en la actividad.

3.7. ÁREA FÍSICA PARA EL MANTENIMIENTO

La empresa cuenta con un área establecida para el almacenamiento de insumos, pero no tiene un área específica para el mantenimiento de las máquinas, debido al tamaño de los equipos y a la distribución de la planta, por ello las tareas de mantenimiento son desarrolladas en el mismo lugar en donde se encuentra ubicada la máquina dentro de la empresa.

3.8. DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIÓN DE LAS MÁQUINAS

El empleo de técnicas de diagnóstico en los equipos y el análisis de variables que indiquen la condición de éstos, es de suma importancia para el mantenimiento de las máquinas, mostrando la evolución de este mismo en la empresa.

Para determinar la condición o estado de funcionamiento de las máquinas existen varias técnicas, entre las que están: Monitoreo de la condición, análisis de aceites usados, uso de los sentidos humanos (oír, sentir, ver), análisis de vibraciones, etc.

La técnica utilizada en la empresa para el diagnóstico de los equipos es el empleo de los sentidos de los operarios de las respectivas máquinas, al momento de detectar alguna falla o problema la mayoría de las veces es demasiado tarde, pues

la falla ya es inminente, ya que los operarios no disponen de ningún tipo de dispositivo de medición que permita seguir algún parámetro o estándar y descubrir la anomalía anticipadamente.

Las condiciones ambientales en los que se encuentra cada equipo y los ciclos de trabajo en los que se opera cada uno de éstos no son los adecuados para que tengan un correcto funcionamiento, ya que no se tienen en cuentas algunas condiciones o especificaciones de los fabricantes y/o distribuidores, afectando la vida útil de los elementos que componen los equipos.

4. PROPUESTA DE MODELO PARA EL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA

En este capítulo se describe la propuesta para la administración del mantenimiento en la empresa Metalizadora del Oriente Ltda. Se busca implementar este modelo ya que con el que se cuenta actualmente se basa únicamente en un mantenimiento correctivo para la totalidad de los equipos, por lo cual no se puede realizar un análisis y seguimiento de los problemas, para una posterior planeación con el fin de prevenir la ocurrencia de las fallas, aumentando la disponibilidad de las máquinas y optimizando los indicadores de gestión dentro de la empresa.

4.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

- **Objetivo General.** El objetivo principal del mantenimiento aplicado por medio de la metodología que se ajuste a las necesidades y recursos de la empresa es garantizar lo más posible la disponibilidad y confiabilidad de los equipos que son prioritarios para el correcto desarrollo de las actividades productivas de la empresa Metalizadora del Oriente LTDA.

- **Objetivos específicos.** Esta metodología busca cumplir los siguientes objetivos:

- Aumentar la vida útil de los equipos.
- Disminuir costos asociados al mantenimiento.
- Evitar pérdidas económicas por efectos directos e indirectos en fallos de los equipos.

4.2 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

En el estudio realizado a la gestión actual del mantenimiento y estado de los equipos en la empresa Metalizadora del Oriente Ltda. se concluyó que existe la necesidad de mejorar el modelo de mantenimiento por medio de la realización de un programa de mantenimiento. Para el soporte del programa de mantenimiento se creará un sistema de información, lo que permite controlar y registrar las actividades de mantenimiento de una manera organizada, práctica y eficiente. Con la implementación del sistema de información para la gestión del programa de mantenimiento se quiere mejorar las condiciones para el cumplimiento de los objetivos planteados.

4.3 INVENTARIO Y CODIFICACIÓN

Para iniciar con el desarrollo de la propuesta, se realiza un inventario completo de los equipos y se codifican con base a sus características de producción. Esta codificación debe dar una idea clara a que equipo se está haciendo referencia. La codificación es de vital importancia porque permite establecer las relaciones en la programación del sistema de información que cada equipo requiere para ser monitoreado.

4.3.1 Formato de codificación.

Figura 15. Esquema de codificación de equipos.

XXX	-	XX	-	##
↓		↓		↓
1		2		3

- Parte 1. Representa el área de producción en la que se encuentra el equipo, y se compone de la primera letra y las dos letras más significativas del nombre del área. Estas áreas se establecen con base a los procesos llevados a cabo en la empresa para ofrecer sus servicios como lo muestra la figura 4.

Tabla 10. Código de área de producción.

Área de producción	Código
Rectificado	RTF
Mecanizado	MEC
Mecanizado piezas grandes	MPG
Soldadura	SOL
Lavado	LAV
Ensamble	ENS

- Parte 2. Representa el nombre del tipo de equipo y está conformado por la primera letra del nombre de la máquina y por la primera consonante. Para aquellos nombres de las máquinas que tengan dos palabras, el código se forma por la primera letra de cada palabra.
- Parte 3. Número consecutivo de veces que esta misma clase de equipo existe dentro de los activos.

4.3.2 Aplicación del formato a todos los equipos. A continuación, se presenta una tabla con la totalidad de los equipos inventariados y codificados que participan dentro del proceso productivo en la empresa.

Tabla 11. Codificación de los equipos.

N°	Equipo	Código		
1	Rectificadora de superficies planas	RTF	SP	01
2	Alineadora de bancadas y bloques	RTF	AB	01
3	Rectificadora de cilindros	RTF	CL	01
4	Rectificadora de cilindros	RTF	CL	02
5	Mandrinadora de cilindros	RTF	CL	03
6	Rectificadora de cilindros	RTF	CL	04
7	Rectificadora de cigüeñales 1	RTF	CG	01
8	Rectificadora de cigüeñales 2	RTF	CG	02
9	Enderezadora de cigüeñales	RTF	EC	01
10	Balanceadora electrónica	RTF	BE	01
11	Metalizadora	RTF	MT	01
12	Rectificadora de bielas	RTF	BL	01
13	Rectificadora de asiento de válvulas	RTF	AV	01
14	Rectificadora de válvulas	RTF	VL	01
15	Torno paralelo	MEC	TP	01
16	Torno paralelo	MEC	TP	02
17	Torno paralelo	MEC	TP	03
18	Torno paralelo	MEC	TP	04
19	Torno paralelo	MEC	TP	05
20	Torno paralelo	MEC	TP	06
21	Torno paralelo	MEC	TP	07
22	Torno paralelo universal	MEC	TP	08
23	Fresadora universal	MEC	FU	01
24	Taladro radial	MEC	TR	01
25	Taladro radial	MEC	TR	02
26	Taladro radial	MEC	TR	03
27	Cepillo limadora	MEC	CL	01

Tabla 11. (Continuación).

N°	Equipo	Código		
28	Alesadora fresadora de presión	MPG	AL	01
29	Fresadora	MPG	FU	02
30	Torno paralelo universal	MPG	TP	09
31	Torno paralelo universal	MPG	TP	10
32	Equipo de soldadura	SOL	ES	01
33	Equipo de soldadura	SOL	ES	02
34	Equipo de soldadura	SOL	ES	03
35	Equipo de soldadura	SOL	ES	04
36	Equipo para corte 1	ENS	EC	01
37	Equipo para corte 2	ENS	EC	02
38	Mortajadora	ENS	MR	01
39	Cepillo puente	ENS	CP	01
40	Compresor	ENS	CM	01
41	Máquina herramienta portátil	ENS	HP	01
42	Cepillo puente	ENS	CP	02
43	Lavadora de motores	LAV	LM	01

4.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD PARA LOS EQUIPOS

De acuerdo a la información citada en el capítulo dos, sobre las técnicas de criticidad, y las necesidades que se requieren suplir con la implementación del mantenimiento, se decide realizar el análisis de criticidad basado en el concepto de riesgo CTR, esta técnica se aplica a cada una de las máquinas bajo la guía de los operarios, personal de mantenimiento y del jefe de producción, los cuales pueden asesorar en las ponderaciones de los aspectos evaluados. A continuación, se presenta el estudio de criticidad realizado para un equipo y sus respectivos cálculos, posteriormente se tabulan los resultados para los demás equipos de la empresa Metalizadora del Oriente Ltda.

- Cálculo tipo de criticidad para la rectificadora de bielas. RTF-BL-01.

Tabla 12. Estudio de los Factores Ponderados para el equipo RTF-BL-01.

Factores ponderados		Valor
Frecuencia de fallas		2
Impacto operacional (<i>IO</i>)		7
Flexibilidad operacional (<i>FO</i>)		4
Costo de mantenimiento (<i>CM</i>)		1
Impacto (<i>SHA</i>)		1

A continuación, se resuelve la fórmula (2) para obtener la consecuencia del equipo RTF-BL-01.

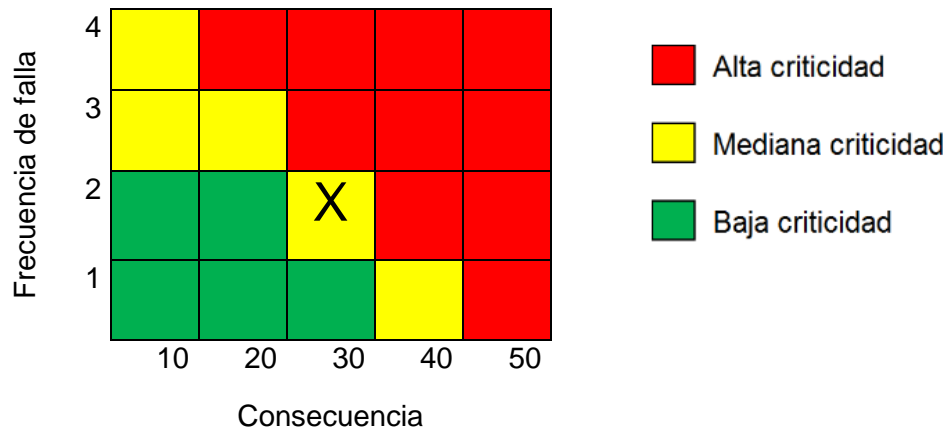
$$\begin{aligned}
 \text{Consecuencia} &= (IO * FO) + CM + SHA \\
 \text{Consecuencia} &= (7 * 4) + 1 + 1 \\
 \text{Consecuencia} &= \mathbf{30}
 \end{aligned}$$

A continuación, se resuelve la formula (1) para obtener la criticidad total del equipo RTF-BL-01.

$$\begin{aligned}
 \text{Criticidad Total} &= \text{Frecuencia de Fallas} * \text{Consecuencia} \\
 \text{Criticidad Total} &= 2 * 30 \\
 \text{Criticidad Total} &= \mathbf{60}
 \end{aligned}$$

A continuación, se ubica al equipo RTF-BL-01 dentro de la matriz de criticidad.

Figura 16. Ubicación del equipo RTF-BL-01 en la matriz de criticidad.



4.4.1 Criticidad calculada para la totalidad de los equipos.

Tabla 13. Resultados del análisis de criticidad para cada equipo.

N°	Código	Factores ponderados					Consecuencia.	Criticidad total
		FF	IO	FO	CM	SAH		
1	RTF-SP-01	4	7	4	1	3	32	128
2	RTF-AB-01	2	7	4	1	1	30	60
3	RTF-CL-01	4	7	4	1	3	32	128
4	RTF-CL-02	2	4	4	1	1	18	36
5	RTF-CL-03	4	7	4	1	3	32	128
6	RTF-CL-04	2	4	4	1	1	18	36
7	RTF-CG-01	2	4	4	1	1	18	36
8	RTF-CG-02	2	7	4	1	1	30	60
9	RTF-EC-01	2	4	4	1	1	18	36
10	RTF-BE-01	4	7	4	1	1	30	120
11	RTF-MT-01	2	7	4	1	1	30	60
12	RTF-BL-01	2	7	4	1	1	30	60
13	RTF-AV-01	2	7	4	1	1	30	60
14	RTF-VL-01	2	7	4	1	1	30	60

Tabla 13. (Continuación).

N°	Código	Factores ponderados					Consecuencia	Criticidad total
		FF	IO	FO	CM	SAH		
15	MEC-TP-01	4	7	4	1	3	32	128
16	MEC-TP-02	2	4	4	1	1	18	36
17	MEC-TP-03	2	4	4	1	1	18	36
18	MEC-TP-04	2	7	4	1	1	30	60
19	MEC-TP-05	2	7	4	1	1	30	60
20	MEC-TP-06	2	4	4	1	1	18	36
21	MEC-TP-07	2	7	4	1	1	30	60
22	MEC-TP-08	4	7	4	1	3	32	128
23	MEC-FU-01	4	7	4	1	3	32	128
24	MEC-TR-01	1	4	4	1	5	22	22
25	MEC-TR-02	1	4	4	1	5	22	22
26	MEC-TR-03	1	4	4	1	5	22	22
27	MEC-CL-01	2	7	4	1	1	30	60
28	MPG-AL-01	4	10	4	1	3	44	176
29	MPG-FU-02	2	4	4	1	3	20	40
30	MPG-TP-09	4	7	4	1	3	32	128
31	MPG-TP-10	4	7	4	1	3	32	128
32	SOL-ES-01	2	4	1	1	3	8	16
33	SOL-ES-02	1	4	2	1	3	12	12
34	SOL-ES-03	1	4	2	1	3	12	12
35	SOL-ES-04	1	4	2	1	3	12	12
36	ENS-EC-01	3	4	2	1	5	14	42
37	ENS-EC-02	3	4	2	1	5	14	42
38	ENS-CM-01	1	4	2	1	3	12	12
39	ENS-HP-01	2	7	4	1	1	30	60
40	LAV-LM-01	1	4	2	1	3	12	12

Figura 17. Ubicación de todos los equipos en la matriz de criticidad.

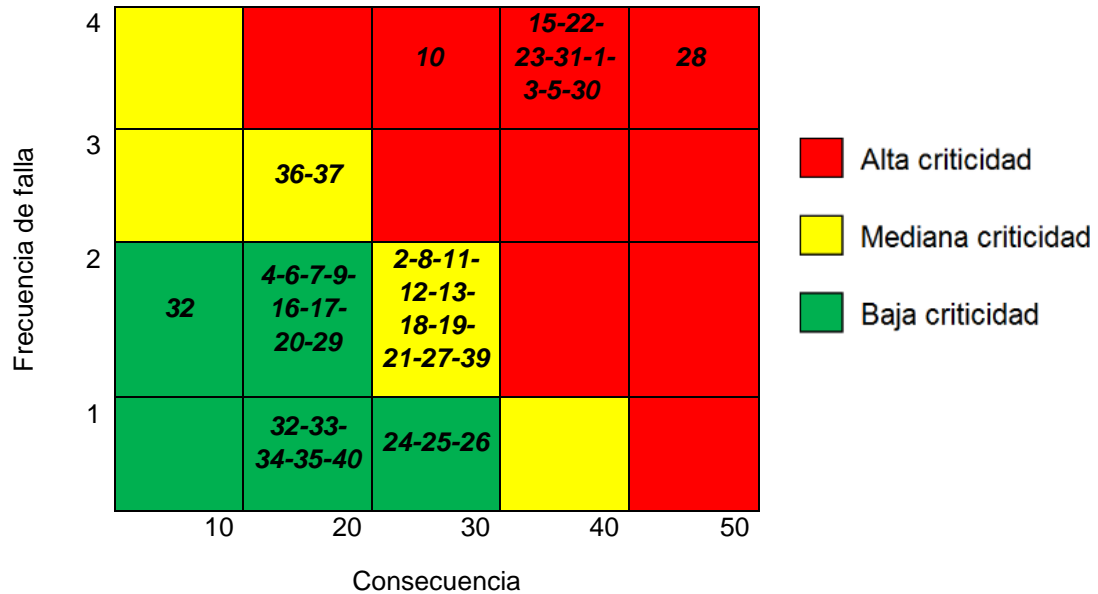
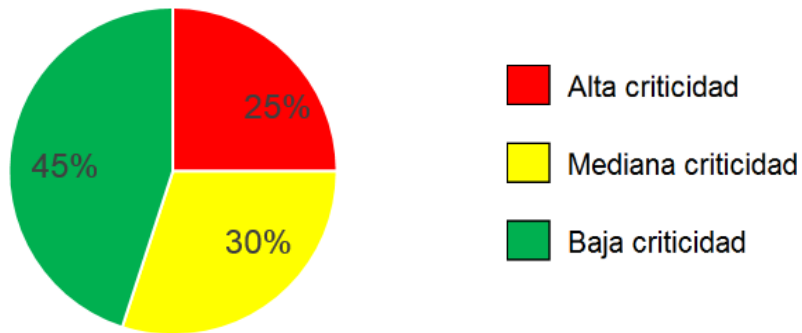


Tabla 14. Equipos críticos obtenidos por el análisis de criticidad.

N°	Código	Equipo	Criticidad
28	MPG-AL-01	Alesadora fresadora de presión	176
1	RTF-SP-01	Rectificadora de superficies planas	128
3	RTF-CL-01	Rectificadora de cilindros	128
5	RTF-CL-03	Rectificadora de cilindros	128
15	MEC-TP-01	Torno paralelo	128
22	MEC-TP-08	Torno paralelo	128
23	MEC-FU-01	Fresadora universal	128
30	MPG-TP-09	Torno paralelo	128
31	MPG-TP-10	Torno paralelo	128
10	RTF-BE-01	Balanceadora electrónica	120

De los diez equipos altamente críticos resulta un equipo con la mayor criticidad, el cual es indispensable en la producción, ya que es único, es por eso que tiene el mayor índice de impacto operacional, como puede verse en la tabla 13 el resto de estos tienen un índice de criticidad similar.

Figura 18. Balance de criticidad de los equipos.



4.5 ANÁLISIS DE PARETO PARA LOS EQUIPOS

Con base en datos estadísticos dados por la empresa, y un tratamiento de estos para ordenar y filtrar aquellos que son requeridos para este tipo de análisis se obtienen los siguientes datos.

Tabla 15. Resumen de datos de fallas anuales en cada equipo.

N°	Código	Frecuencia fallas / año	N°	Código	Frecuencia fallas / año
1	RTF-SP-01	34	23	MEC-FU-01	52
2	RTF-AB-01	3	24	MEC-TR-01	17
3	RTF-CL-01	38	25	MEC-TR-02	25
4	RTF-CL-02	3	26	MEC-TR-03	11
5	RTF-CL-03	35	27	MEC-CL-01	7
6	RTF-CL-04	3			
7	RTF-CG-01	3	28	MPG-AL-01	61
8	RTF-CG-02	3	29	MPG-FU-02	4
9	RTF-EC-01	6	30	MPG-TP-09	67
10	RTF-BE-01	41	31	MPG-TP-10	51
11	RTF-MT-01	3			
12	RTF-BL-01	6	32	SOL-ES-01	3
13	RTF-AV-01	4	33	SOL-ES-02	3

Tabla 15. (Continuación).

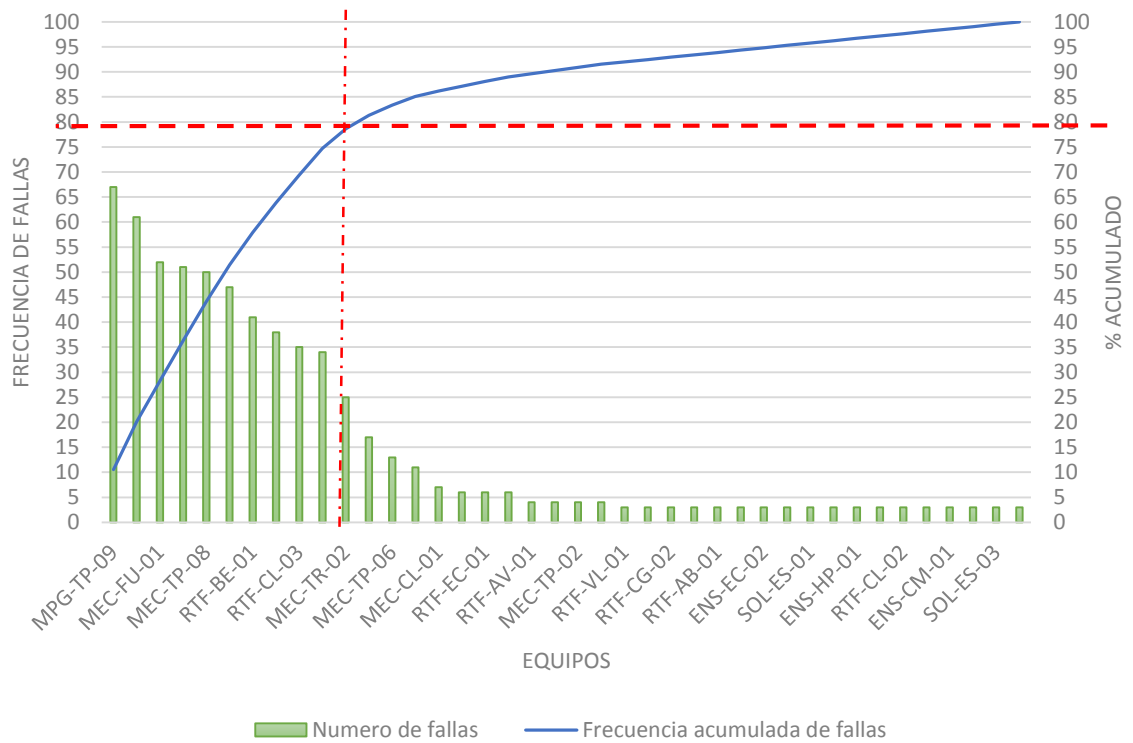
14	RTF-VL-01	3	34	SOL-ES-03	3
			35	SOL-ES-04	3
15	MEC-TP-01	47			
16	MEC-TP-02	4	36	ENS-EC-01	3
17	MEC-TP-03	3	37	ENS-EC-02	3
18	MEC-TP-04	3	38	ENS-CM-01	3
19	MEC-TP-05	6	39	ENS-HP-01	3
20	MEC-TP-06	13			
21	MEC-TP-07	4	40	LAV-LM-01	3
22	MEC-TP-08	50			

Tabla 16. Equipos críticos obtenidos del análisis de Pareto.

N°	Código	Equipo	Frecuencia fallas / año
30	MPG-TP-09	Torno paralelo universal	67
28	MPG-AL-01	Alesadora fresadora de presión	61
23	MEC-FU-01	Fresadora universal	55
31	MPG-TP-10	Torno paralelo universal	51
22	MEC-TP-08	Torno paralelo universal	49
15	MEC-TP-01	Torno paralelo	46
10	RTF-BE-01	Balanceadora electrónica	41
3	RTF-CL-01	Rectificadora de cilindros	38
5	RTF-CL-03	Mandrinadora de cilindros	35
1	RTF-SP-01	Rectificadora de superficies planas	34

Se puede concluir al analizar la figura 16 que son diez los equipos que corresponden al 80% de la frecuencia acumulada de fallas, estos equipos coinciden con los obtenidos del análisis de criticidad CTR, puesto que los factores correspondientes a la frecuencia de fallas son los más altos, según los criterios del método y como se corrobora con los datos recolectados de frecuencia de fallas. Pero no coinciden en el orden cuantitativo para cada análisis, ya que el análisis de Pareto solo tiene en cuenta la frecuencia de fallas mientras el CTR tiene en cuenta otros criterios.

Figura 19. Diagrama de Pareto para los equipos.



4.6 ANÁLISIS DE WEIBULL PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS

El análisis de Weibull se desarrolla para los cinco equipos más críticos, según el análisis de Pareto con el fin de tener una idea previa de cómo están los índices de confiabilidad en estos equipos para poder hacer un análisis y sacar conclusiones más consecuentes y acertadas con las necesidades que requiere la empresa. A continuación, se muestran los datos obtenidos para cada equipo.

- Análisis Weibull para el equipo MPG-TP-09.

Tabla 17. Datos de Weibull para el equipo MPG-TP-09.

Tiempo de la falla	clase	Numero de orden	Rango de mediana F(t)	Confiabilidad R(t)	$\ln(\ln(1/(1-F(t))))$	$\ln(t)$	Densidad de falla f(t)	Funcion de tasa de falla $\lambda(t)$
102	F	1	0,1296	87,037	-1,9745	4,625	0,001656	0,00188
223	F	2	0,3148	68,519	-0,9727	5,407	0,001840	0,00278
325	F	3	0,5000	50,000	-0,3665	5,784	0,001623	0,00336
476	F	4	0,6852	31,481	0,1448	6,165	0,001119	0,00407
574	F	5	0,8704	12,963	0,7145	6,353	0,000809	0,00447

Tabla 18. Resultados de Weibull para el equipo MPG-TP-09.

b	-8,993	β	1,5	η	401,6	TMEF	340
----------	--------	----------	-----	----------	-------	-------------	-----

Figura 20. Función de probabilidad acumulada de falla para el equipo MPG-TP-09.

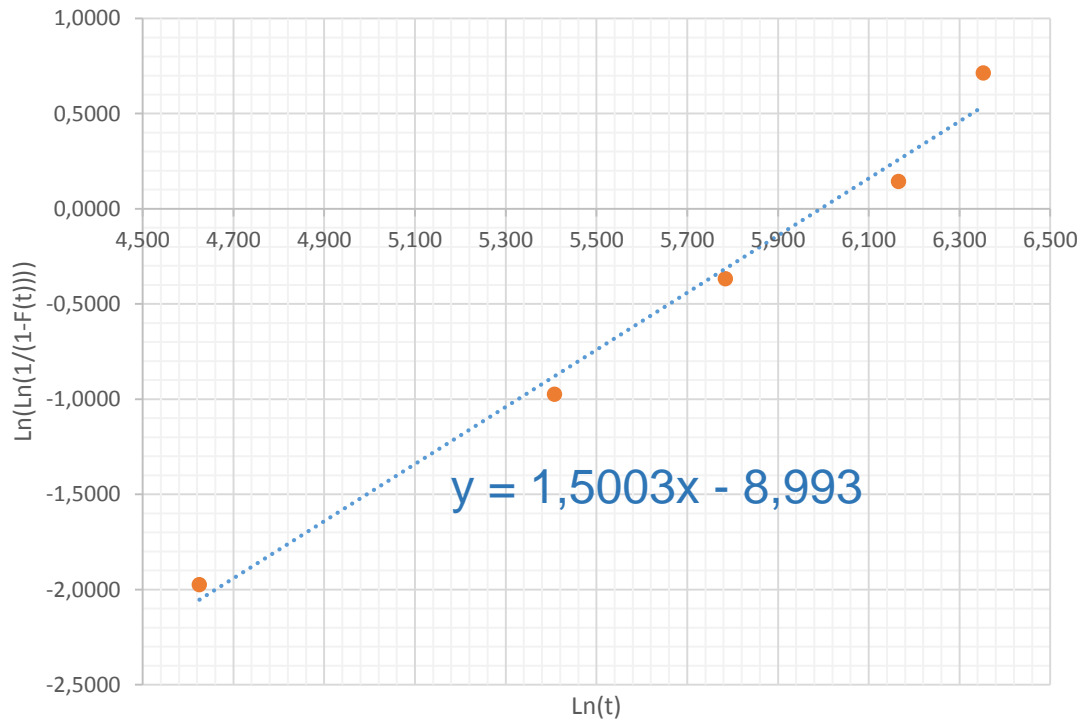
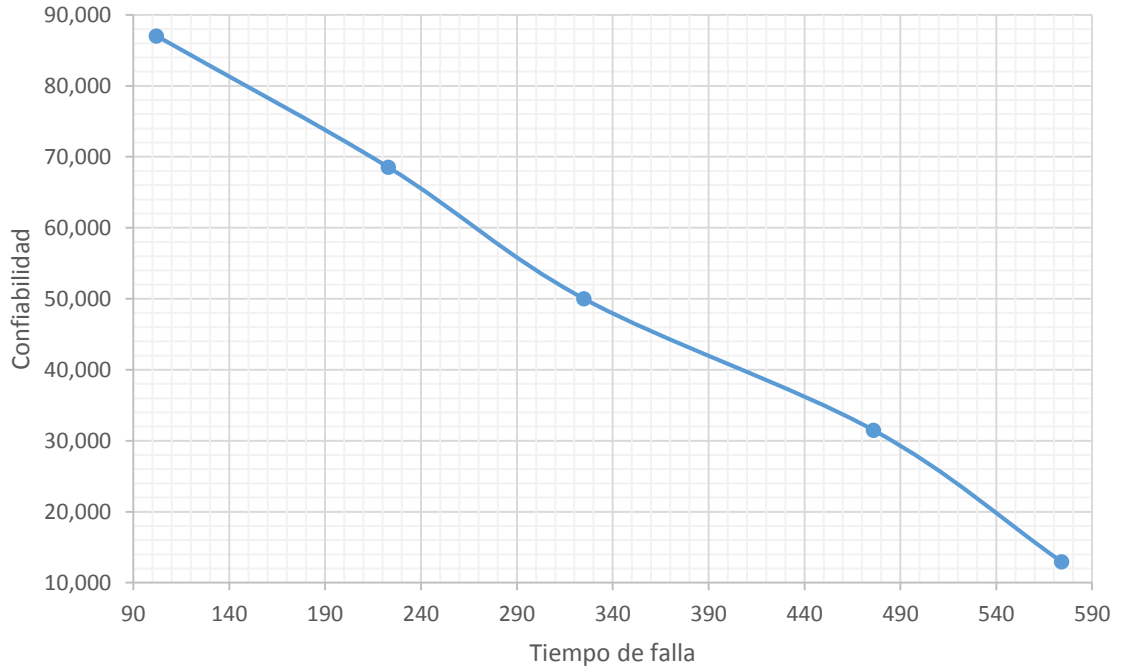


Figura 21. Confiabilidad para el equipo MPG-TP-09.



• Análisis Weibull para el equipo MPG-AL-01.

Tabla 19. Datos de Weibull para el equipo MPG-AL-01.

Tiempo de la falla	clase	Numero de orden	Rango de mediana F(t)	Confiabilidad R(t)	$\ln(\ln(1/(1-F(t))))$	$\ln(t)$	Densidad de falla f(t)	Funcion de tasa de falla $\lambda(t)$
115	F	1	0,1296	87,037	-1,9745	4,745	0,001657	0,00188
226	F	2	0,3148	68,519	-0,9727	5,421	0,002038	0,00305
348	F	3	0,5000	50,000	-0,3665	5,852	0,001787	0,00415
439	F	4	0,6852	31,481	0,1448	6,084	0,001397	0,00489
501	F	5	0,8704	12,963	0,7145	6,217	0,001117	0,00538

Tabla 20. Resultados de Weibull para el equipo MPG-AL-01.

b	-10,203	β	1,714	η	384,807	TMEF	325,8
----------	---------	---------------------------	-------	--------------------------	---------	-------------	-------

Figura 22. Función de probabilidad acumulada de falla para el equipo MPG-AL-01.

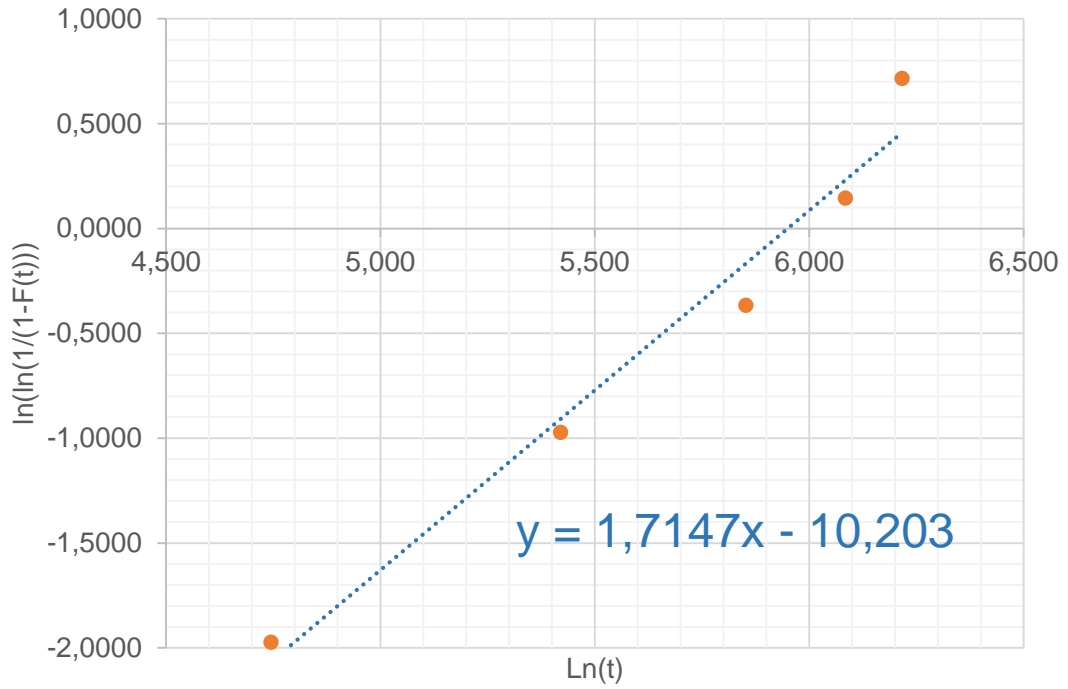
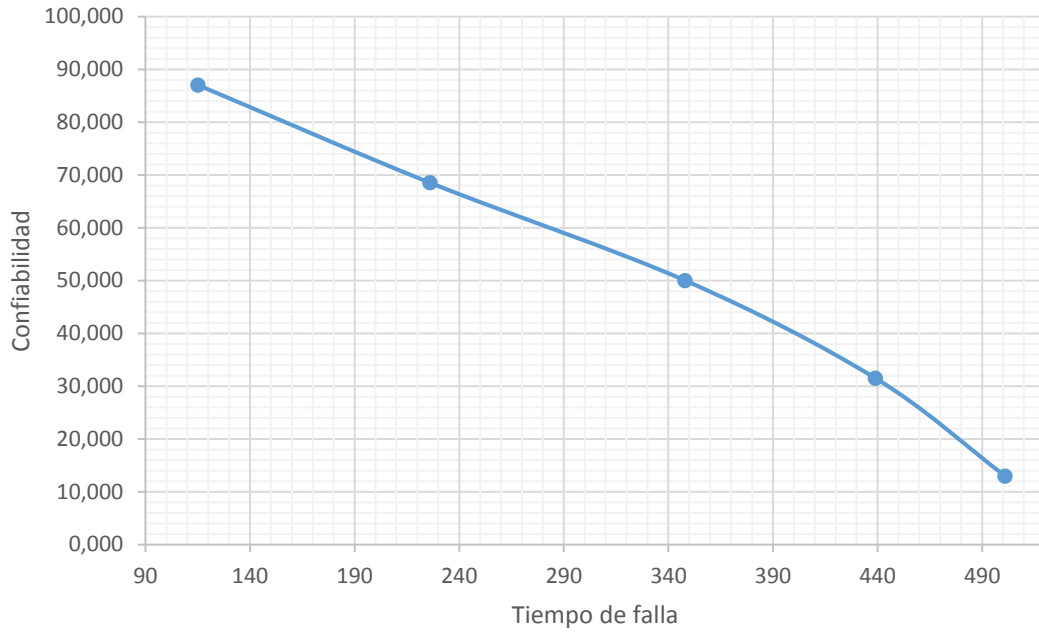


Figura 23. Confiabilidad para el equipo MPG-AL-01.



- Análisis Weibull para el equipo MEC-FU-01.

Tabla 21. Datos de Weibull para el equipo MEC-FU-01.

Tiempo de la falla	clase	Numero de orden	Rango de mediana F(t)	Confiabilidad R(t)	$\ln(\ln(1/(1-F(t))))$	$\ln(t)$	Densidad de falla f(t)	Funcion de tasa de falla $\lambda(t)$
130	F	1	0,1296	87,037	-1,9745	4,868	0,001675	0,00189
254	F	2	0,3148	68,519	-0,9727	5,537	0,002330	0,00373
353	F	3	0,5000	50,000	-0,3665	5,866	0,002089	0,00521
362	F	4	0,6852	31,481	0,1448	5,892	0,002044	0,00534
484	F	5	0,8704	12,963	0,7145	6,182	0,001279	0,00717

Tabla 22. Resultados de Weibull para el equipo MEC-FU-01.

b	-11,9	β	2,013	η	369,28724	TMEF	316,6
----------	-------	---------------------------	-------	--------------------------	-----------	-------------	-------

Figura 24. Función de probabilidad acumulada de falla para el equipo MEC-FU-01.

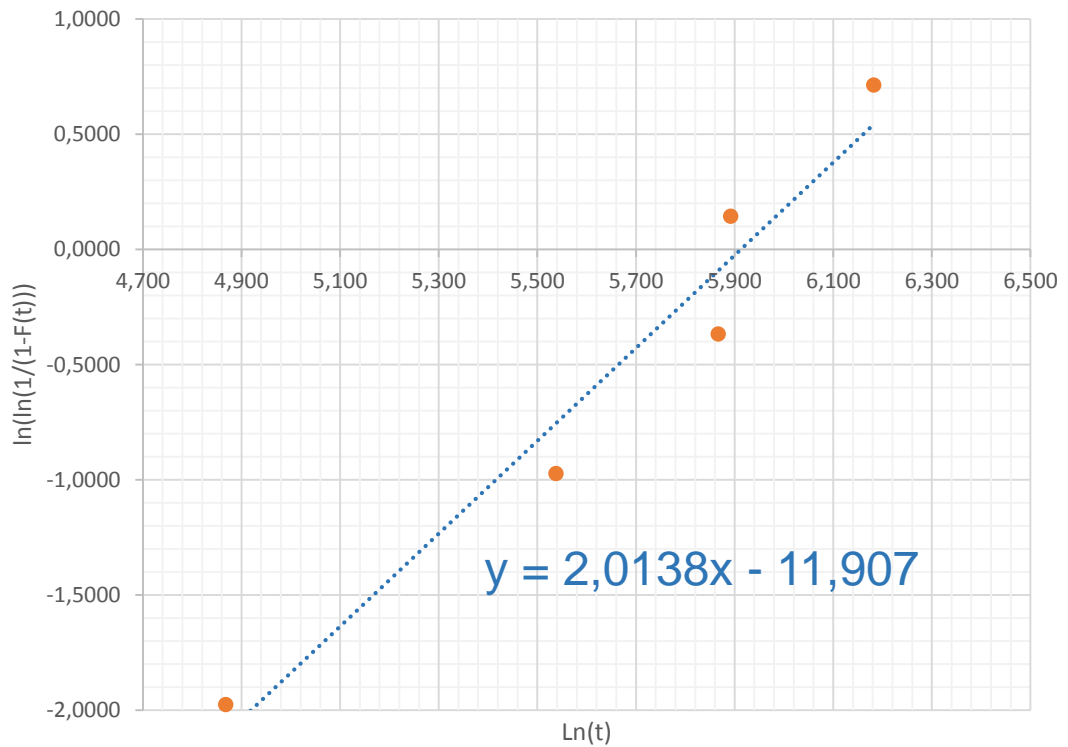
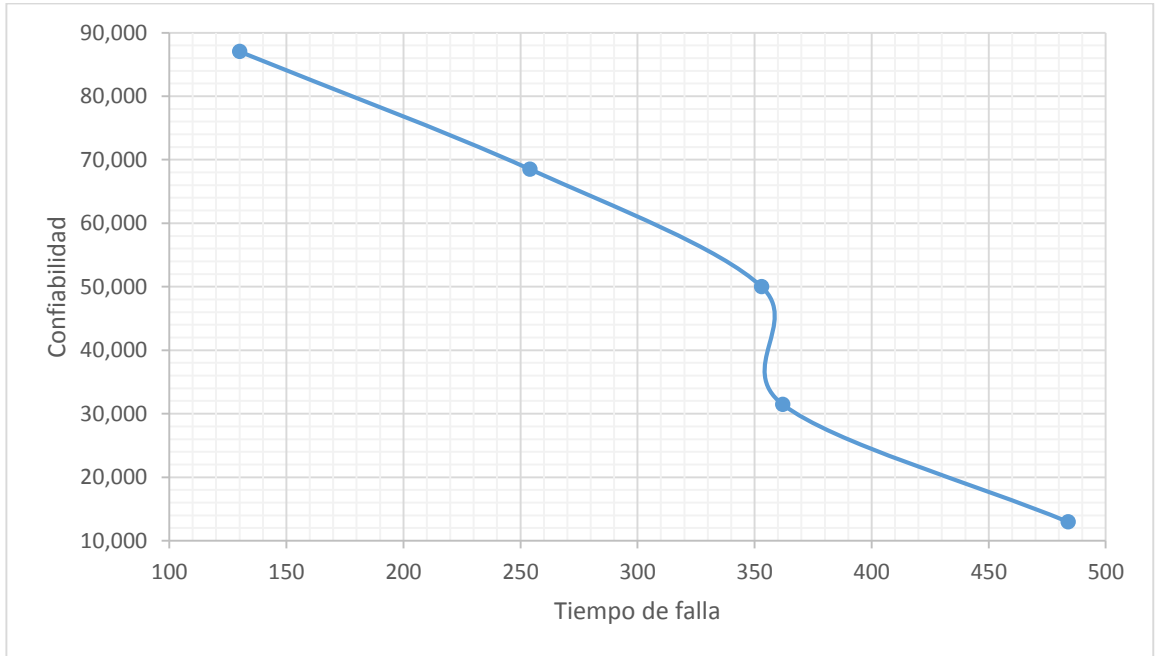


Figura 25. Confiabilidad para el equipo MEC-FU-01.



• Análisis Weibull para el equipo MPG-TP-10.

Tabla 23. Datos de Weibull para el equipo MPG-TP-10.

Tiempo de la falla	clase	Numero de orden	Rango de mediana F(t)	Confiabilidad R(t)	$\ln(\ln(1/(1-F(t))))$	$\ln(t)$	Densidad de falla f(t)	Funcion de tasa de falla $\lambda(t)$
90	F	1	0,1296	87,037	-1,9745	4,500	0,001727	0,00195
225	F	2	0,3148	68,519	-0,9727	5,416	0,001865	0,00294
340	F	3	0,5000	50,000	-0,3665	5,829	0,001545	0,00355
425	F	4	0,6852	31,481	0,1448	6,052	0,001243	0,00392
541	F	5	0,8704	12,963	0,7145	6,293	0,000856	0,00437

Tabla 24. Resultados de Weibull para el equipo MPG-TP-10.

b	-8,6403	β	1,4506	η	386,2029	TMEF	324,2
----------	---------	---------------------------	--------	--------------------------	----------	-------------	-------

Figura 26. Función de probabilidad acumulada de falla para el equipo MPG-TP-10.

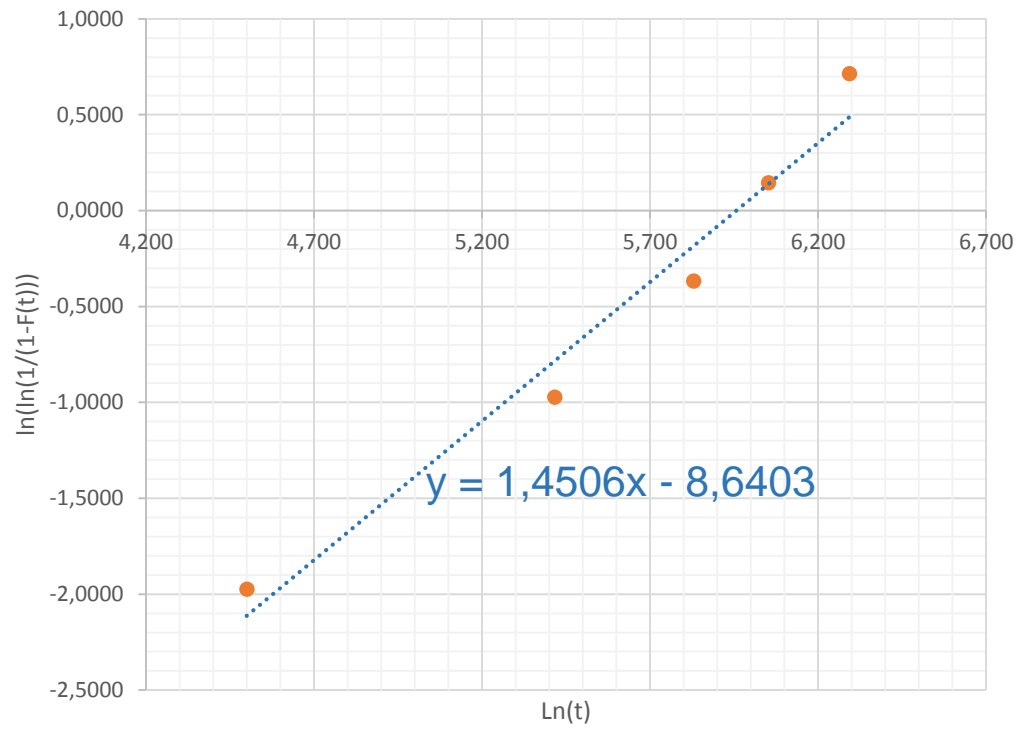
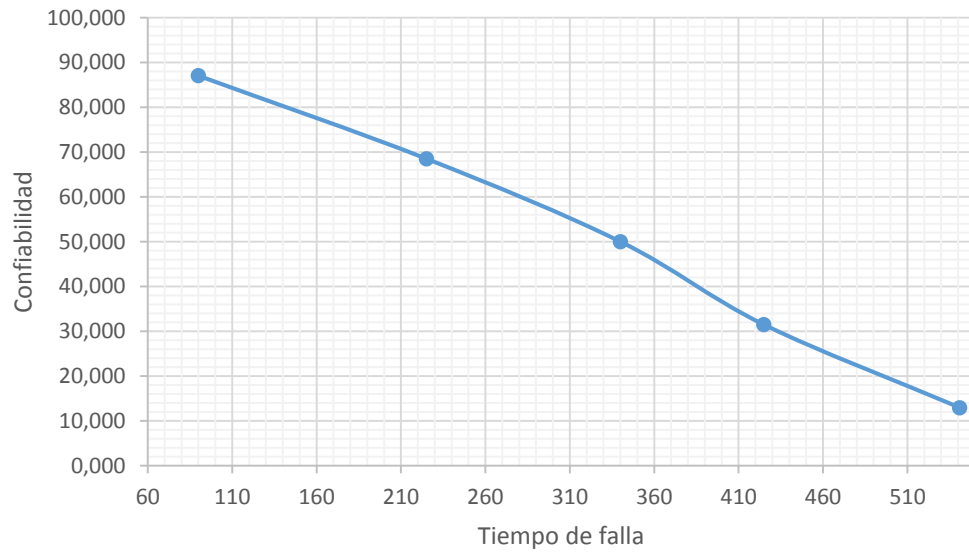


Figura 27. Confiabilidad para el equipo MPG-TP-10.



- Análisis Weibull para el equipo MEC-TP-08.

Tabla 25. Datos de Weibull para el equipo MEC-TP-08.

Tiempo de la falla	clase	Numero de orden	Rango de mediana F(t)	Confiabilidad R(t)	$\ln(\ln(1/(1-F(t))))$	$\ln(t)$	Densidad de falla f(t)	Funcion de tasa de falla $\lambda((t))$
75	F	1	0,1296	87,037	-1,9745	4,317	0,001909	0,00217
186	F	2	0,3148	68,519	-0,9727	5,226	0,001871	0,00281
318	F	3	0,5000	50,000	-0,3665	5,762	0,001457	0,00327
427	F	4	0,6852	31,481	0,1448	6,057	0,001092	0,00356
570	F	5	0,8704	12,963	0,7145	6,346	0,000696	0,00387

Tabla 26. Resultados de Weibull para el equipo MEC-TP-08.

b	-7,6212	β	1,286	η	374,75896	TMEF	315,2
----------	---------	---------------------------	-------	--------------------------	-----------	-------------	-------

Figura 28. Función de probabilidad acumulada de falla para el equipo MEC-TP-08.

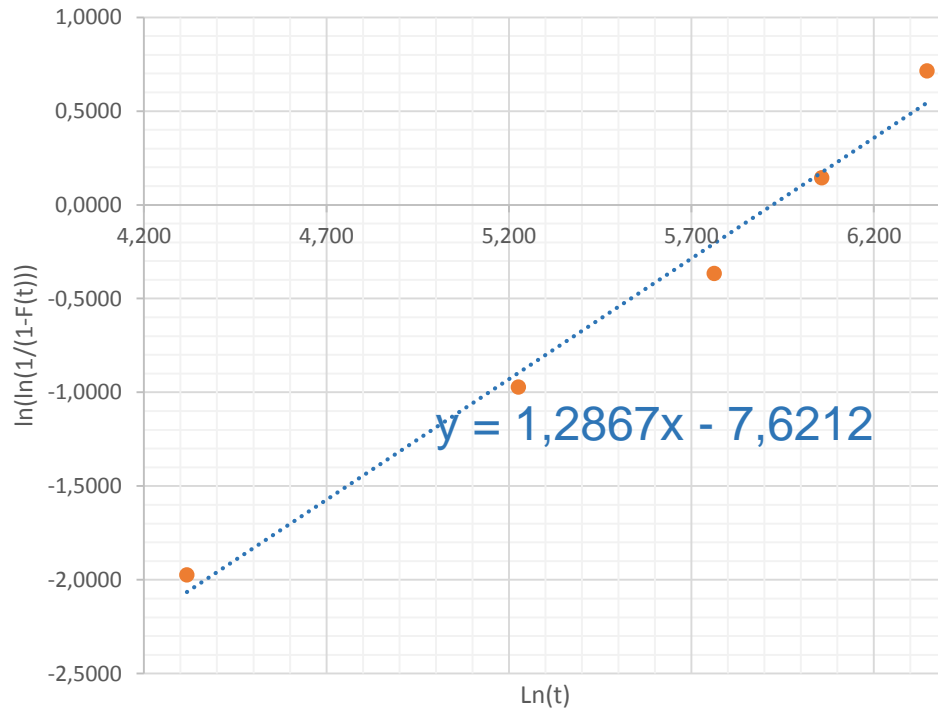
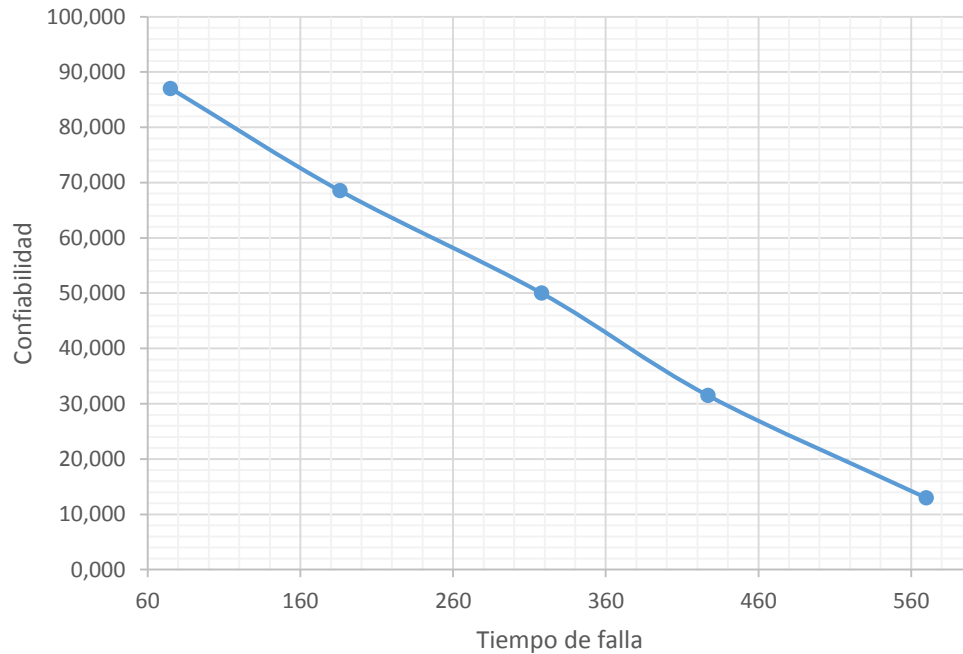


Figura 29. Confiabilidad para el equipo MEC-TP-08.



Con base a los resultados del análisis de Weibull se puede concluir de manera general que los equipos analizados se encuentran en una etapa de envejecimiento, donde se presenta una tasa de fallo creciente debido a desgaste, por lo que se recomienda proceder con un plan de mantenimiento preventivo.

4.7 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS

Para asegurar que los elementos funcionales de una organización continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga; un programa de mantenimiento general debe tener en cuenta todos los sucesos que son contingentes de amenazar esa funcionalidad. Para el análisis de estos acontecimientos, cada equipo puede ser clasificado según sus subsistemas y/o componentes, al cual se les determinará sus funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla.

Tabla 27. Registro de información AMEF para el equipo MEC-TP-01.


	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (A.M.E.F)								
	Equipo	Torno paralelo	Modelo	SNA 1000	Criticidad	Crítico		Hoja N°	
	Código	MEC-TP-01	Marca	Sargo Targoviste	Área	Mecanizado		Fecha	
Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de falla	O	G	D	IPR	
Cabezal	Transmitir y limitar la potencia real de la máquina	Motor no gira	Si el interruptor no esta apagado,el interruptor esta sin fusible (ELB) o el contactor magnético es defectuoso		3	6	5	90	
			El voltaje de 3 fases está desequilibrado						
			Motor sobrecargado						
			Cableado defectuoso						
		El motor esta sobrecalentado	Motor sobrecalentado		4	7	5	140	
			Inversor averiado:debido al desequilibrio en el voltaje de los terminales de salida						
	Obstrucción en el sistema de enfriamiento del motor								

Tabla 27. (Continuación).

Mandril	Dispositivo que sostiene el material a mecanizar mientras que es sometido a movimientos rotacional	El mandril no funciona	Un componente del mandril esta dañada	Mecanizados incorrectos	3	9	2	54
			No gira el cilindro rotatorio hidráulico					
			Se hallan partes corredizas					
		La mandibula maestra no tiene carrera suficiente	Gran volumen de virutas acumuladas dentro del mandril		3	6	5	90
			Tuberia de drenaje se afloja					
		Material de trabajo se desliza en el mandril	Movimiento de la mandibula maestra insuficiente		4	8	3	96
			Fuerza de sujección del mandril es insuficiente					
			Mordazas no se forman correctamente para el diametro de la pieza de trabajo					
			Fuerza de corte es demasiado alta					
			La mandibula maestra y otras piezas deslizantes no son lubricadas correctamente					

Tabla 27. (Continuación).

Torreta		La torreta sigue girando sin posicionarse	La válvula esta obstruida		2	9	2	36				
		La torreta gira pero no indexa correctamente	Las herramientas no está equilibradas		2	10	2	40				
			La torreta no está montada correctamente									
			El elemento mecánico de conexión está suelto									
Contrapunto	Sujetar la pieza en el lado opuesto del cabezal	El eje trasero no se mueve hacia delante y/o hacia atrás	La potencia de cola del husillo es excesivamente alta	Inseguridad e inexactitud en el mecanizado	3	10	3	90				
Sistema de refrigeración	Abastecer de liquido refrigerante a la herramienta de corte en el punto de corte y el otro para fragmentos lejos del corte	No se suministra el líquido refrigerante	El filtro esta obstruido	Calentamiento y deformación del material y herramienta de corte	2	10	1	20				
			El refrigerante es insuficiente									
			Recalentamiento de las bombas de enfriamiento									
Sistema de Lubricación	Suministrar el aceite lubricante para las guías lineales de los ejes x , eje z, husillos de bola y contrapunto	Presión de aceite de lubricación cae por debajo de 1 kgf/cm ² (14,2 PSI)	Aceite de lubricación es insuficiente	Desgaste de piezas, mecanizados inconsistentes	4	10	4	160				
		No suministro del aceite de lubricante	Fuga de la tubería a lubricar						1	9	2	18
			Tubería de lubricación esta obstruida									

Tabla 28. Registro de información AMEF para el equipo MEC-TP-08.


	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (A.M.E.F)								
	Equipo	Torno paralelo	Modelo	C10MSH	Criticidad	Crítico		Hoja N°	
	Código	MEC-TP-08	Marca	Mastroy	Área	Mecanizado		Fecha	
Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de falla	O	G	D	IPR	
Bancada	sirve de soporte para las otras unidades del torno. En su parte superior lleva unas guías por las que se desplaza el cabezal móvil o contrapunto y el carro principal.	Atascamiento del carro principal	Obstrucción en la guía por presencia de viruta o elementos externos	Desplazamiento frenado del carro principal, generando problemas para el mecanizado y dimensiones incorrectas.	3	6	5	90	
		Deslizamiento del carro principal	Desgaste en las guías	Desplazamiento frenado del carro principal dando mal mecanizado en las piezas y dimensiones incorrectas	4	7	5	140	
Cabezal Fijo	contiene los engranajes o poleas que impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. Incluye el motor, el husillo, el selector de velocidad, el selector de unidad de avance y el selector de sentido de avance. Además sirve para soporte y rotación de la pieza de trabajo que se apoya en el husillo.	No gira el Plato	Correas de transmisión estiradas	No hay transmisión de movimiento hasta no corregir la falla	3	7	3	63	
			Desgaste o corrosión en las poleas	Motor eléctrico dañado por no poder transmitir el movimiento de rotación (parada del equipo)	3	6	5	90	
		No hay cambios en la velocidad de paso	Desgaste en los engranes o fractura de algún diente de dicha caja	Mal mecanizado y problemas en operaciones de torneado	4	7	3	84	
Carro Principal	produce los movimientos de la herramienta en dirección axial	Descarrilamiento	Mal montaje del elemento	Se imposibilita la operación de torneado	3	7	4	84	

Tabla 29. Registro de información AMEF para el equipo MEC-FU-01.


	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (A.M.E.F)								
	Equipo	Fresadora	Modelo	FWF 32J	Criticidad	Crítico		Hoja N°	
	Código	MEC-FU-01	Marca	JAFO S.A	Área	Mecanizado		Fecha	
Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de falla	O	G	D	IPR	
Sistema de Lubricación	Suministrar aceite lubricante por las cuatro válvulas de dosificación de las guías lineales, al punto sobre la tuerca del tornillo de bolas de cada eje.(Control de lubricación	No se suministra aceite o muestra una alarma de error en la presión de lubricante.	Bajo nivel de aceite en el tanque	Desgaste, deterioro y deformación de los componentes mecánicos	4	7	3	84	
			El filtro de succión esta obstruido						
			Daño en la tubería de la bomba						
			El motor gira en dirección incorrecta						
			Viscosidad demasiado alta						
			Interruptor o cableado de presión defectuoso						
		No existe incremento de presión en la tubería de distribución principal	El empaque del pistón de la bomba esta dañado	Desgaste, deterioro y deformación de los componentes mecánicos	5	9	5	225	
			Aire en el tubo de suministro de aceite						
Fuga de aceite en las conexiones de la tubería									
Sección de la tubería dañada									

Tabla 29. (Continuación).

Sistema mecanico	Realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una fresa	No mecanizado de piezas por mal estado de la fresa	Las fresas no estén bien afiladas.	Mala calidad en el mecanizado y trabajo de la pieza	2	10	3	60
			Desgaste de la fresa.					
			Fresa no indicada para el tipo de trabajo					
		Desgaste de las correas	Correas se encuentran a temperaturas que sobrepasen sus limites	Generación de vibraciones y ruidos en el maquina .	3	8	1	24
Vibraciones y efectos de torsión sobre el árbol portafresas	Desajuste en los volantes de inercia	Mecanizados incorrectos	5	8	1	40		
Baja potencia de la máquina y de la fresa.	El motor presenta temperaturas elevadas	Imposibilidad de mecanizar y profundidad de desbaste incorrectas	5	8	1	40		
Sistema eléctrico	Proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos e instrumentos de control	La maquina no prende	Aislamiento del fluido eléctrico	Imposibilidad de mecanizar	3	9	2	54
		El cableado se calienta	Interruptores defectuosos	Paradas inoportunas de la maquina	4	8	3	96
		Rompimiento de alambres en los fusibles	Componentes eléctricos deteriorados	Riesgo general de la maquina	3	9	2	54
		Olor a quemado en el cuadro de control	Cables sueltos y deterioro en ellos		4	9	2	72

Tabla 30. Registro de información AMEF para el equipo MPG-AL-01.


	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (A.M.E.F)								
	Equipo	Alesadora	Modelo	W100A	Criticidad	Crítica		Hoja N°	
	Código	MPG-AL-01	Marca	Tos varnsdorf A.S	Área	Mecanizado Piezas G	Fecha		
Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de falla	O	G	D	IPR	
Cabezal	Permite el movimiento vertical sobre el montaje y sostiene el husillo de trabajo	Obstrucción en el recorrido vertical, vibraciones y desajustes	Viruta o elementos extraños en el tornillo sin fin	Imposibilidad de mecanizar en sentido vertical	4	7	3	84	
Cabezal portahusillo	Proteger la máquina contra sobrecargas en el mecanismo de avance	No desembragar al finalizar la carrera	Desajuste en el sistema de embrague	Sobrecarga en el sistema avance	5	5	5	125	
Husillo	Sistema portaherramientas que sujeta las barreras de alesar	Vibración y desalineamiento, parte giro irregular	Rodamientos en mal estado Mal funcionamiento del motor eléctrico asincronico	Imposibilidad de mecanizar elementos que requieran alta precisión, aumento en el tiempo de mecanizado	6	8	4	192	
Sistema de lubricación del cabezal	Lubricar automáticamente por circulación forzada el cabezal por torsillo	Lubricación insuficiente en el sistema	Se da por bajo nivel de lubricante Falla en la bomba de émbolos	Impedir desplazamiento vertical y el deterioro/desgaste de los componentes internos del cabezal	6	10	5	300	
Sistema portaherramienta	Mecanismo que produce avance radial de las herramientas a lo largo del brazo colocado en el eje de rotación	Obstrucción del desplazamiento radial	Baja y descuidada lubricación	Imposibilidad de mecanizar en sentido adialmente	3	9	4	108	
		Desajuste mecánico	Deterioro en los rodamientos de las ruedas cónicas		4	9	4	144	

Tabla 30. (Continuación).

Sistema hidráulico	Suministrar flujo de aceite para generar el accionamiento de las partes de la máquina	Aceite no se descarga	La bomba no gira	Imposibilidad de mecanizar Deja de funcionar los rápidos y los automáticos de la máquina	3	8	2	48
			La bomba esta rotando en sentido inverso					
			Rompimiento de las mangueras del sistema					
			Tubería de aspiración esta obstruida					
			Fuga en la tubería de aspiración					
			Filtro de aspiración no esta completamente sumergido en aceite					
		Viscosidad del aceite hidráulica es demasiada alta	Imposibilidad de mecanizar	6	8	2	96	
		No se genera presión aunque el aceite esta descargado						
		No se aplica la carga en el circuito hidráulico						
		El ruido es excesivamente alto	El filtro esta tapado.	Imposibilidad de mecanizar	3	9	3	81
			El aire es aspirado desde el tubo de succión.					
			Bajo nivel de aceite					
		Sobrecalentamiento de la bomba	Desgaste de la bomba	Imposibilidad de mecanizar	2	8	2	32
Generación de calor								

Tabla 30. (Continuación).

Montante	Soporte limita el desplazamiento del cabezal portahusillo	Finales de carreras defectuosos	Uso paulatino	No limita el desplazamiento del cabezal portahusillo	3	9	3	81
		Leve inclinación del cabezal portahusillo	Desajuste en las regletas del montante		2	9	3	54
Carro del montante	Desplaza automática y manualmente el montante transversalmente	Desajuste del sistema de anclaje a la bancada	Uso sucesivo	Mecanizado incorrecto	4	9	4	144
		Hay holgura al desplazarse el cabezal portahusillo	Uso sucesivo					
Bancada	Servir de soporte al montante y al carro del montante permitiendo el desplazamiento trasversal de la máquina	Obstrucción en el desplazamiento trasversal	Insuficiencia de lubricación	No permite mecanizar en esa dirección	3	8	4	96
			Inclusión de virutas o cuerpos extraños en as vías					
			Daños en el sistema de transmisión del movimiento					
			Componentes eléctricos o de control averiados					
Unidad Eléctrica	Proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos e instrumentos de control	El motor esta sobrecalentado	Motor sobrecargado	Imposibilidad de balancear	4	7	5	140
			obstrucción en el sistema de enfriamiento del motor					
		La máquina no prende	Aislamiento del fluido eléctrico	Imposibilidad de mecanizar	4	10	2	80
		El cableado se calienta	Interruptores defectuosos	Paradas inoportunas de la máquina	3	10	2	60
Unidad hidráulico	Suministrar el liquido de presión a las unidades inmovilizadoras	Bajas o subidas por fuera del rango de presión de trabajo	Daño en el contacto del manómetro que prende o apaga la bomba	No permite el bloqueo de la mesa giratoria	3	8	3	72
			Fugas en las mangueras y acoples					

Tabla 31. Registro de información AMEF para el equipo MPG-TP-10.


	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (A.M.E.F)								
	Equipo	Torno paralelo	Modelo	VDF	Criticidad	Crítico		Hoja N°	
	Código	MEC-TP-10	Marca	W45	Área	Mecanizado Piezas	Fecha		
Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de falla	O	G	D	IPR	
Bancada	sirve de soporte para las otras unidades del torno. En su parte superior lleva unas guías por las que se desplaza el cabezal móvil o contrapunto y el carro principal.	Atascamiento del carro principal	Obstrucción en la guía por presencia de viruta o elementos externos	Desplazamiento frenado del carro principal, generando problemas para el mecanizado y dimensiones incorrectas.	3	5	4	60	
		Deslizamiento del carro principal	Desgaste en las guías	Desplazamiento frenado del carro principal dando mal mecanizado en las piezas y dimensiones incorrectas	3	6	5	90	
Cabezal Fijo	contiene los engranajes o poleas que impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. Incluye el motor, el husillo, el selector de velocidad, el selector de unidad de avance y el selector de sentido de avance. Además sirve para soporte y rotación de la pieza de trabajo que se apoya en el husillo.	No gira el Plato	Correas de transmisión estiradas	No hay transmisión de movimiento hasta no corregir la falla	3	6	3	54	
			Desgaste o corrosión en las poleas	Motor eléctrico dañado por no poder transmitir el movimiento de rotación (parada del equipo)	3	5	5	75	
		No hay cambios en la velocidad de paso	Desgaste en los engranes o fractura de algún diente de dicha caja	Mal mecanizado y problemas en operaciones de torneado	3	5	3	45	
Carro Principal	produce los movimientos de la herramienta en dirección axial	Descarrilamiento	Mal montaje del elemento	Se imposibilita la operación de torneado	3	5	4	60	

Tabla 32. Registro de información AMEF para el equipo RTF-SP-01.


		ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (A.M.E.F)							
		Equipo	Rectificadora Superficies Plana	Modelo	STC 461	Criticidad	Medianamente	Hoja N°	
Componente		Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de falla	O	G	D	IPR
Sistema mecánico	Realizar rectificaciones a superficies planas	Vibraciones y ruido	Vibraciones	Rotación o soporte de la pieza defectuosos	Desplazamiento defectuoso	3	9	4	108
			Ruido del corte no uniforme						
			Avance hacia adentro o desplazamiento errático						
			Operación no apropiada						
		Acabado de inferior calidad (superficie marcada o quemada)	Corte de rectificado no uniforme y abultamientos de las muelas	Daños en la muela	3	9	5	135	
			Quemaduras en las piezas de trabajo	Grado de la dureza de la muela incorrecto					
			Superficie rayada o marcada	Tamaño incorrecto del grado de la muela					
		Inexactitud de la pieza	Desplazamiento de la muela más allá del extremo de la pieza.	Ajuste incorrecto del desplazamiento	4	6	2	48	
			La pieza de trabajo brinca, chispas intermitentes.	Excesiva presión de la muela sobre la pieza de trabajo					
			La pieza de trabajo se quema	Insuficiente líquido refrigerante					
			Muela de forma incorrecta o de cara no uniforme	Rectificadora no apropiada					

Tabla 32. (Continuación).

Sistema eléctrico	Proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos e instrumentos de control	La máquina no prende	Aislamiento del fluido eléctrico	Imposibilidad de mecanizar.	6	10	2	120
		El cableado se calienta	Interruptores defectuosos	Paradas inoportunas de la máquina	2	5	2	20
		Daño en los finales de carrera	Potencias elevadas no permitidas	Imposibilidad de mecanizar, riesgo general de la máquina	3	8	3	72
Sistema de lubricación	Suministrar el aceite lubricante para las guías lineales de los ejes, para los tornillos sin fin y la mesa.	No se suministra aceite o muestra un alarma de error en a presión del lubricante	Bajo nivel de aceite en el tanque	Desgaste de piezas, mecanizados inconsistentes	3	9	5	135
			El motor gira en dirección incorrecta					
			El filtro de succión esta obstruido					
			Daño en la tubería de la bomba					
			Viscosidad demasiado alta					
		Sustancias extrañas en el sistema						
Fugas de aceite	Montaje de la bomba suelto	4	9	5	180			
	Empaque de la bomba dañado							
Sistema de refrigeración	Abastecer de líquido refrigerante la herramienta de corte en el punto de corte y el otro para fragmentos lejos del corte	No se suministra el líquido refrigerante	Filtro esta obstruido	Calentamiento y deformación del material y herramientas de corte (Piedra de rectifican)	2	8	5	80
			Refrigerante es insuficiente					
		Daño en la bomba de enfriamiento	Por cortos circuitos en el cableado de la bomba		3	9	3	81

Tabla 32. (Continuación).

Sistema eléctrico	Proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos e instrumentos de control	La máquina no prende	Aislamiento del fluido eléctrico	Imposibilidad de mecanizar.	6	10	2	120
		El cableado se calienta	Interruptores defectuosos	Paradas inoportunas de la máquina	2	5	2	20
		Daño en los finales de carrera	Potencias elevadas no permitidas	Imposibilidad de mecanizar, riesgo general de la máquina	3	8	3	72
Sistema de lubricación	Suministrar el aceite lubricante para las guías lineales de los ejes, para los tornillos sin fin y la mesa.	No se suministra aceite o muestra un alarma de error en a presión del lubricante	Bajo nivel de aceite en el tanque	Desgaste de piezas, mecanizados inconsistentes	3	9	5	135
			El motor gira en dirección incorrecta					
			El filtro de succión esta obstruido					
			Daño en la tubería de la bomba					
			Viscosidad demasiado alta					
		Sustancias extrañas en el sistema						
Fugas de aceite	Montaje de la bomba suelto	4	9	5	180			
	Empaque de la bomba dañado							
Sistema de refrigeración	Abastecer de líquido refrigerante la herramienta de corte en el punto de corte y el otro para fragmentos lejos del corte	No se suministra el líquido refrigerante	Filtro esta obstruido	Calentamiento y deformación del material y herramientas de corte (Piedra de rectifican)	2	8	5	80
			Refrigerante es insuficiente					
		Daño en la bomba de enfriamiento	Por cortos circuitos en el cableado de la bomba		3	9	3	81

Tabla 33. Registro de información AMEF para el equipo RTF-CL-01.


	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (A.M.E.F)								
	Equipo	Rectificadora de Cilindros	Modelo	MHS 220	Criticidad	Crítico		Hoja N°	
	Código	RTF-CL-01	Marca	Metal Progress	Área	Rectificado		Fecha	
Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de falla	O	G	D	IPR	
Sistema mecánico	Realizar rectificaciones para una gama muy amplia de herramientas en acero rápido, herramientas con punta de carburo, etc	Vibraciones y chirrido	Ruido del corte no uniforme y chispas intermitentes	Muela desbalanceada	3	9	4	108	
				Muela no concéntrica					
			Muela lustrosa	Rectificación incorrecta					
			Ruido de vibraciones	Rotación o soporte de la pieza defectuosos					
			Ruido del corte no uniforme						
				Desplazamiento defectuoso					
			Operación no apropiada						
			Vibraciones de la pieza de trabajo						
		Acabado de inferior calidad (superficie marcada o quemada)	Corte de rectificado no uniforme y abultamientos de las muelas	Daños en la muela	3	9	5	135	
			Quemaduras en las piezas de trabajo	Grado de la dureza de la muela incorrecto					
Superficie rayada o marcada	Tamaño incorrecto del grado de la muela								

Tabla 33. (Continuación).

Sistema mecánico	Realizar rectificaciones para una gama muy amplia de herramientas en acero rápido, herramientas con punta de carburo, etc	Inexactitud de la pieza	Desplazamiento de la muela más allá del extremo de la pieza.	Ajuste incorrecto del desplazamiento	4	6	2	48
			La pieza de trabajo brinca, chispas intermitentes.	Excesiva presión de la muela sobre la pieza de trabajo				
			La pieza de trabajo se quema	Insuficiente líquido refrigerante				
			Corte no uniforme y chispas intermitentes	Muela desbalanceada				
			Muela de forma incorrecta o de cara no uniforme	Rectificadora no apropiada				
		Fractura de la piedra para rectificar	Corte excesivo	Suspension de la tarea, parada de la máquina	3	10	5	150
	Piedra se estreñe con la pieza a rectificar, la copa o la contrapunta							
Sistema eléctrico	Proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos e instrumentos de control	La máquina no prende	Aislamiento del fluido eléctrico	Imposibilidad de mecanizar.	6	10	2	120
		El cableado se calienta	Interruptores defectuosos	Paradas inoportunas de la máquina	2	5	2	20
		Daño en los finales de carrera	Potencias elevadas no permitidas	Imposibilidad de mecanizar, riesgo general de la máquina	3	8	3	72

Tabla 33. (Continuación).

Sistema de lubricación	Suministrar el aceite lubricante para las guías lineales de los ejes, para los tornillos sin fin y la mesa.	No se suministra aceite o muestra un alarma de error en a presión del lubricante	Bajo nivel de aceite en el tanque	Desgaste de piezas, mecanizados inconsistentes	3	9	5	135
			El motor gira en dirección incorrecta					
			El filtro de succión esta obstruido					
			Daño en la tubería de la bomba					
			Viscosidad demasiado alta					
		Sustancias extrañas en el sistema						
		Fugas de aceite	Montaje de la bomba suelto		4	9	5	180
			Medidor de aceite desajustado o dañado					
			Empaque de la bomba dañado					
			Tapon de drenaje suelto					
No existe incremento de presión en la tubería de distribución principal	El empaque del piston de la bomba esta dañado	2	9	3	54			
	Aire en el tubo de suministro de aceite							
	Fuga de aceite en las conexiones de la tubería							
	tubería dañada							
Sistema de refrigeración	Abastecer de liquido refrigerante la herramienta de corte en el punto de corte y el otro para fragmentos lejos del corte	No se suministra el liquido refrigerante	Filtro esta obstruido	Calentamiento y deformación del material y herramientas de corte (Piedra de rectificar)	2	8	5	80
			Refrigerante es insuficiente					
		Daño en la bomba de enfriamiento	Por cortos circuitos en el cableado de la bomba		3	9	3	81

Tabla 34. Registro de información AMEF para el equipo RTF-CL-03.


ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (A.M.E.F)									
	Equipo	Rectificadora de Cilindros	Modelo	AV760	Criticidad	Crítico		Hoja N°	
	Código	RTF-CL-03	Marca	Sclodum	Área	Rectificado		Fecha	
Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de falla	O	G	D	IPR	
Sistema mecánico	Realizar rectificaciones para una gama muy amplia de herramientas en acero rápido, herramientas con punta de carburo, etc	Vibraciones y chirrido	Ruido del corte no uniforme y chispas intermitentes	Muela desbalanceada	3	6	3	54	
			Muela lustrosa	Muela no concéntrica					
			Ruido de vibraciones	Rectificación incorrecta					
			Ruido del corte no uniforme	Rotación o soporte de la pieza defectuosos					
			Avance hacia adentro o desplazamiento errático	Desplazamiento defectuoso					
				Operación no apropiada					
		Acabado de inferior calidad (superficie marcada o quemada)	Vibraciones de la pieza de trabajo	Corte de rectificado no uniforme y abultamientos de las muelas	Daños en la muela	3	6	5	90
				Quemaduras en las piezas de trabajo	Grado de la dureza de la muela incorrecto				
				Superficie rayada o marcada	Operación no apropiada				
					Tamaño incorrecto del grado de la muela				

Tabla 34. (Continuación).

Sistema mecánico		Inexactitud de la pieza	Desplazamiento de la muela más allá del extremo de la pieza.	Ajuste incorrecto del desplazamiento	4	6	2	48
			La pieza de trabajo brinca, chispas intermitentes.	Excesiva presión de la muela sobre la pieza de trabajo				
			La pieza de trabajo se quema	Insuficiente líquido refrigerante				
			Corte no uniforme y chispas intermitentes	Muela desbalanceada				
			Muela de forma incorrecta o de cara no uniforme	Rectificadora no apropiada				
		Fractura de la piedra para rectificar	Corte excesivo	Suspension de la tarea, parada de la máquina	3	6	5	90
	Piedra se estreñe con la pieza a rectificar, la copa o la contrapunta							
Sistema eléctrico	Proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos e instrumentos de control	La máquina no prende	Aislamiento del fluido eléctrico	Imposibilidad de mecanizar.	4	5	2	40
		El cableado se calienta	Interruptores defectuosos	Paradas inoportunas de la máquina	2	5	2	20
		Daño en los finales de carrera	Potencias elevadas no permitidas	Imposibilidad de mecanizar, riesgo general de la máquina	3	6	3	54

Tabla 34. (Continuación).

Sistema de lubricación	Suministrar el aceite lubricante para las guías lineales de los ejes, para los tornillos sin fin y la mesa.	No se suministra aceite o muestra un alarma de error en a presión del lubricante	Bajo nivel de aceite en el tanque	Desgaste de piezas, mecanizados inconsistentes	3	6	3	54
			El motor gira en dirección incorrecta					
			El filtro de succión esta obstruido					
			Daño en la tubería de la bomba					
			Viscosidad demasiado alta					
			Sustancias extrañas en el sistema					
		Fugas de aceite	Montaje de la bomba suelto		4	9	5	180
			Medidor de aceite desajustado o dañado					
			Empaque de la bomba dañado					
			Tapon de drenaje suelto					
		No existe incremento de presión en la tubería de distribución principal	El empaque del piston de la bomba esta dañado		2	7	3	42
			Aire en el tubo de suministro de aceite					
Fuga de aceite en las conexiones de la tubería								
tubería dañada								
Sistema de refrigeración	Abastecer de liquido refrigerante la herramienta de corte en el punto de corte y el otro para fragmentos lejos del corte	No se suministra el liquido refrigerante	Filtro esta obstruido	Calentamiento y deformación del material y herramientas de corte (Piedra de rectificar)	2	8	5	80
			Refrigerante es insuficiente					
		Daño en la bomba de enfriamiento	Por cortos circuitos en el cableado de la bomba		4	9	3	108

Tabla 35. Registro de información AMEF para el equipo RTF-BE-01.

	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (A.M.E.F)								
	Equipo	Balancadora	Modelo	CE-502-VS	Criticidad	Crítico		Hoja N°	
	Código	RTF-BE-01	Marca	DIA	Área	Mecanizado		Fecha	
Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de falla	O	G	D	IPR	
Sistema mecánico	Balancear los rotores y compensar los equipos	Rompimiento de un diente, de un engranaje o del cardan de los apoyos.	Montaje incorrecta de la pieza Potencia demasiado fuerte	Imposibilidad de balancear	2	10	3	60	
		Soporte de la pieza defectuosos	Excesos del llímite establecido de vida útil	Balancesos imperfectos, lecturas erroneas	3	8	1	24	
Control electrónico	Permite reflejar los datos que se transmiten en la operación	El sensor de lectura no registra los datos de balanceo	Daño en el sistema	No realiza el contador de revoluciones	2	9	2	36	
		El cableado no transmite los datos de las vibraciones hacia el monitor		No se sabe si el equipo está balanceado o desbalanceado	1	8	3	24	
		Desconfiguración del software del monitor	Manejo incorrecto del sistema operativo.	No se puede observar los datos transmitidos por el sistema	4	9	2	72	
		Maquina no patroneada	Reinicio del equipo, o cuando se desenergiza el monitor.	No se puede observar los datos transmitidos por el sistema	3	9	2	54	

Tabla 35. (Continuación).

Sistema eléctrico	Proveer la energía necesaria para el arranque y correcto funcionamiento de los accesorios eléctricos e instrumentos de control	El motor no gira	Motor sobrecargado	Imposibilidad de balancear	5	10	3	150
			Cableados defectuosos					
		El motor zumba pero no gira	El ajuste de aceleración esta corto	Imposibilidad de balancear	3	9	3	81
			Motor defectuoso: debido a desequilibrio en el voltaje de los terminales de salida					
		El motor esta sobrecalentado	Motor sobrecargado	Imposibilidad de balancear	4	7	5	140
			Obstrucción en el sistema de enfriamiento del motor					
La máquina no prende	Aislamiento del fluido eléctrico	Imposibilidad de balancear	4	10	2	80		
El cableado se calienta	Interruptores defectuosos	Paradas inoportunas de la máquina	3	10	2	60		

4.8 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS

En este paso se definió el plan de mantenimiento preventivo apropiado para cada uno de los equipos caracterizados previamente como críticos, el cual está basado con las recomendaciones consignadas en los manuales de los fabricantes, información recopilada sobre el mantenimiento de los equipos, el análisis de modos de fallas y las observaciones realizadas por los operarios y técnicos encargados del mantenimiento, de tal manera que se pueda tener una adecuada planificación, programación y ejecución de las actividades de mantenimiento, con miras a facilitar una ruta de acción para los equipos que requieren de una pronta intervención. Con las actividades programadas en cada uno de los planes de mantenimiento, se confía en el óptimo funcionamiento y la prolongación de la vida útil de trabajo de los equipos, lo cual es el objetivo principal del programa de mantenimiento.

Tabla 36. Plan de Mantenimiento para el equipo MEC-TP-01.


	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				PERIODO DE INSPECCION							
					FECHA		DIA	MES	AÑO			
	EQUIPO:	TORNO PARALELO			DIARIO	SEMANAL	MESES DE OPERACIÓN					
	MARCA:	Sargo Targoviste	MODELO:	SNA 1000			1	3	6	12	24	36
CODIGO:	MEC-TP-01											
COMPONENTE	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO											
GENERAL	MANTENER EN ORDEN Y LIMPIEZA LA MÁQUINA Y SU PERIFERIA, ESPECIALMENTE EL SUELO.				X							
CABEZAL	COMPROBACIÓN DEL MANDRIL Y SU PERIFERIA PARA BUSCAR ASTILLAS O TROZOS				X							
	COMPROBACIÓN DEL MONTAJE SEGURO DE LAS MORDAZAS				X							
	COMPROBACIÓN DE LA SUJECCIÓN Y NO SUJECCIÓN DE MANERA SUAVE				X							
	ENGRASE DE LA UNIDAD DEL MANDRIL					X						
	ELIMINACIÓN DE VIRUTA DEL COLECTOR DEL REFRIGERANTE						X					
CONTRAPUNTO	COMPROBACIÓN DE LAS CORREAS							X				
	COMPROBAR EL EJE DEL CABEZAL MOVIL PARA BUSCAR ASTILLAS O TROZOS				X							
	COMPROBACIÓN DEL CUERPO DEL HUSILLO Y EL CONTRAPUNTO PARA EL BUEN AVANCE/RETROCESO.				X							
EL EJE X	COMPROBAR LA ADECUADA TENSION DE LA CADENA IMPULSORA					X			X			
	COMPROBACIÓN DEL MONTAJE SEGURO DE LAS HERRAMINETAS DE CORTE AL SOPORTE TITULAR					X						
	AJUSTE EL PERNO DEL PUNTO CERO DEL EJE X					X						
EL EJE Z	COMPROBACIÓN DE LAS TORRES Y HERRAMIENTAS DE CORTE QUE SE ENCUENTRE LIBRES DE ASTILLAS O TROZOS					X						
	AJUSTE EL PERNO DEL PUNTO CERO DEL EJE Z						X					
MULTIHERRAMIENTAS (TORRETA)	APRETAR LOS PERNOS, PASADORES CONICOS Y/O TUERCAS QUE ESTEN FLOJOS						X					
	REVISAR LA ABRAZADERA DE CONTROL DE LA VÁLVULA DE SOLENOIDE, SI NO FUNCIONA CORRECTAMENTE CAMBIELA							X				
	AJUSTAR LOS PERNOS Y EL ELEMENTO DE CONEXIÓN MECÁNICO PARA FIJACIÓN DE LA TORRETA.							X				
	COMPRUEBE EL CODIFICADOR DE DETENCIÓN DE POSICIÓN O CAMBIELO.								X			
	LIMPIE LA VÁLVULA DE SOLENOIDE								X			
UNIDAD DE CONTROL ELECTRICO	EQUILIBRAR LAS HERRAMIENTAS DE LA TORRETA							X				
	LIMPIEZA DEL FILTRO Y VENTILADOR						X					
	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR						X					
	INSPECCIONAR EL CONTROL DE RESIDUOS				X							
	INSPECCIONAR DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD				X							
	INSPECCIONAR CABLEADOS, RELES, TEMPORIZADORES						X					
	COMPROBACIÓN DE TORNILLOS PARA TERMINALES MOVILES								X			
	INSPECCIONAR OPERACIÓN DE LUCES INDICADORES					X						
UNIDAD DE LUBRICACIÓN	REVISAR LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE ENTRADA								X			
	COMPROBACIÓN DE LOS COMPONENTES ELECTRICOS PARA EVITAR LA SUCIEDAD Y DECOLORACIÓN.				X							
	COMPROBACIÓN DE LOS NIVELES DE ACEITE, SI ES NECESARIO, RECARGARLOS				X							
	LIMPIEZA DE LOS FILTROS DE SUCCIÓN									X		
	LIMPIEZA DE LOS FILTROS DE ENGRASE									X		
COMPROBACIÓN DE FUGAS DE ACEITE O POR TUBERÍAS DAÑADAS									X			

Tabla 36. (Continuación).

UNIDAD HIDRAULICA	COMPROBACIÓN DE LA PRESIÓN ADECUADA	X							
	COMPROBACIÓN DE LOS NIVELES DE ACEITE Y SI ES NECESARIO, RECARGUELO	X							
	LIMPIEZA DEL MICROSEPARADOR				X				
	LIMPIEZA DE LOS FILTROS				X				
	SUSTITUCIÓN DEL ACEITE HIDRÁULICO				X				
	CONTROL DE FUGAS DE ACEITE Y POR TUBERÍA DAÑADA				X				
CONECTORES	COMPROBACIÓN DE CONECTORES SUELTOS O TERMINALES ENTRE LAS UNIDADES				X				
CIMIEN TO Y CAJA DE REPARTO	COMPROBACIÓN Y AJUSTE DEL NIVEL DE CAMA					X			
	INSPECCIÓN DEL CABLEADO Y PARTES DE LA CAJA DE REPARTO				X				

Tabla 37. Plan de mantenimiento para el equipo MEC-FU-01.


	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				PERIODO+C3:P27 DE INSPECCION									
	EQUIPO: FRESADORA				FECHA		DIA	MES	AÑO					
	MARCA:	JAFO S.A	MODELO:	FWF 32J	DIARIO	SEMAMANAL	MESES DE OPERACIÓN							
	CODIGO:	MEC-FU-01					1	3	6	12	24	36		
COMPONENTE	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO													
GENERAL	MANTENER EN ORDEN Y LIMPIEZA LA MÁQUINA Y SU PERIFERIA, ESPECIALMENTE EL SUELO				X									
UNIDAD MECANICA	INSPECCIONAR LAS FRESAS, CORREAS Y MOTOR						X							
	NIVELAR, ALINEAR E INSPECCIONAR LOS SOPORTES DE LAS PIEZAS					X								
	INSPECCIÓN Y LUBRICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS DEL MOTOR					X								
UNIDAD ELÉCTRICA	VERIFICAR ESTADO DE CONTACTORES, INTERRUPTORES, RELES, FUSIBLES Y CABLEADO ELECTRICO							X						
	VERIFICAR CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES DE PARADA DEL MOTOR PRINCIPAL							X						
	VERIFICAR QUE EL MOTOR PRINCIPAL NO PRESENTE RUIDOS, VIBRACIONES, Y RECALENTAMIENTO ANORMAL							X						
	VERIFICAR ESTADO DEL VENTILADOR DEL MOTOR PRINCIPAL							X						
	MEDIR Y REGISTRAR EL VALOR DE LA CORRIENTE DE CONSUMO DEL MOTOR PRINCIPAL							X						
	VERIFICAR ESTADO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO													
UNIDAD HIDRAÚLICA	COMPROBACIÓN DE LA PRESIÓN ADECUADA				X									
	COMPROBACIÓN DE LOS NIVELES DE ACEITE, Y SI ES NECESARIO, RECARGUELO				X									
	LIMPIEZA DEL MICROSEPARADOR								X					
	LIMPIEZA DE LOS FILTROS								X					
	SUSTITUCIÓN DEL ACEITE HIDRÁULICO								X					
	CONTROL DE FUGAS DE ACEITE Y POR TUBERÍA DAÑADA								X					
UNIDAD DE LUBRICACIÓN	COMPROBACIÓN DE LOS NIVELES DE ACEITE, SI ES NECESARIO, RECARGARLOS				X									
	LIMPIEZA DE LOS FILTROS DE SUCCIÓN									X				
	LIMPIEZA DE LOS FILTROS DE ENGRASE									X				
	COMPROBACIÓN DE FUGAS DE ACEITE O POR TUBERÍAS DAÑADAS									X				

Tabla 38. Plan de mantenimiento para el equipo MPG-AL-01.


	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				PERIODO DE INSPECCION								
	EQUIPO:		ALESADORA		FECHA		DIA		MES		AÑO		
	MARCA:	TOS VARNSDORF	MODELO:	W100A	DIARIO	SEMANAL	MESES DE OPERACIÓN						
	CODIGO:	MPG-AL-01	1 3 6 12 24 36										
COMPONENTE	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO												
CABEZAL DEL HUSILLO- HUSILLO- PLATO DE FRENTEAR	REVISAR SUJECIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL							X					
	REVISAR PALANCAS, VOLANTES Y ACCIONAMIENTOS						X						
	VERIFICA NIVEL DE ACEITE EN LOS DEPOSITOS DEL CABEZAL DEL HUSILLO, REPONER SI ES NECESARIO	X											
	REVISAR EXTERNAMENTE EL HUSILLO DE TRABAJO							X					
	REVISAR TORNILLO SIN FÍN DE DESPLAZAMIENTO DEL HUSILLO DE TRABAJO								X				
	REVISAR EL SISTEMA DE FIJACIÓN DE LA COPA						X						
	REVISAR SINFIN Y CREMALLERA E LA COPA								X				
	INSPECCIONAR ALOJAMIENTO DEL HUSILLO PRINCIPAL								X				
	INSPECCIONAR Y COMESAR LA HOLGURA AXIAL Y RADIAL DEL HUSILLO HUECO, PRINCIPAL Y DE TRABAJO,								X				
	LUBRICAR EL COJINETE PRINCIPAL DEL HUSILLO												
	LUBRICAR ENGRANAJES Y COJINETES DEL CABEZAL DEL HUSILLO	X											
	VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ACEITE DEL CABEZAL DEL HUSILLO MEDIANTE GOTEO EN EL INDICADOR DE FLUJO	X											
	LUBRICAR RODAMIENTO DEL BRAZO DEL HUSILLO	X											
	LUBRICAR SUPERFICIES DE LAS GUIAS DEL CABEZAL DEL HUSILLO					X							
	LUBRICAR TUERCA DE DESPLAZAMIENTO DEL CABEZAL DEL HUSILLO					X							
LUBRICAR TUERCA DE DESPLAZAMIENTO DEL HUSILLO					X								
LUBRICAR PLATO DE SUJECIÓN.					X								
CARROS Y MESA GIRATORIA	VERIFICAR ESTADO DEL CARRO LONGITUDINAL							X					
	VERIFICAR ESTADO DEL CARRO TRANSVERSAL							X					
	VERIFICAR ESTADO DE LA MESA PORTAPIEZA							X					
	VERIFICAR LA NO EXISTENCIA DE FUGAS EN EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN							X					
CARROS Y MESA GIRATORIA	INSPECCIONAR SI SE PRESENTA PATINAJE DE LOS ACOPLAMIENTOS ELECTROMECANICOS, DE SER ASI REAJUSTAR EL INTERVALO DE AIRE								X				
	INSPECCIÓN DE LOS COJINETES DE DOBEL HILERA DE RODILLOS								X				
	INSPECCIONAR GRUPO HIDRAULICO DE LA MESA GIRATORIA (BOMBA DE ALTA PRESIÓN, VALVULA DE RETENCIÓN, MANOMETRO,												X
	INSPECCIONAR CARGA DE NITROGENO EN EL ACUMULADOR Y CAMBIO						X						
	LUBRICAR COJINETE CENTRADO DE LA MESA	X											
LUBRICAR CARROS LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL ACCIONANDO LA BOMBA MANUAL	X												
BANCADA	VERIFICAR ESTADO DE LA BANCADA							X					
	VERIFICAR ESTADO DE LAS GUIAS DE LA BANCADA							X					
LUNETAS	REVISAR SUPERFICIE DE LAS GUIAS DE LA LUNETAS												
	REVISAR TORNILLO SIN FIN												
UNIDAD REFRIGERANTE	REVISAR LIMPIEZA DEL FILTRO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN								X				
	REVISAR SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: TANQUE, BOMBA, CONDUCTOS.								X				
	REVISAR ESTADO DE LOS ACCESORIOS								X				

Tabla 38. (Continuación).

UNIDAD ELÉCTRICA	VERIFICAR ESTADO DE CONTACTORES, INTERRUPTORES, RELES, FUSIBLES Y CABLEADO ELECTRICO				X					
	VERIFICAR CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES DE PARADA DEL MOTOR PRINCIPAL				X					
	VERIFICAR QUE EL MOTOR PRINCIPAL NO PRESENTE RUIDOS, VIBRACIONES, Y RECALENTAMIENTO ANORMAL				X					
	VERIFICAR ESTADO DEL VENTILADOR DEL MOTOR PRINCIPAL				X					
	MEDIR Y REGISTRAR EL VALOR DE LA CORRIENTE DE CONSUMO DEL MOTOR PRINCIPAL				X					
	VERIFICAR ESTADO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO									
UNIDAD HIDRÁULICA	COMPROBACIÓN DE LA PRESIÓN ADECUADA	X								
	COMPROBACIÓN DE LOS NIVELES DE ACEITE, Y SI ES NECESARIO, RECARGUELO	X								
	LIMPIEZA DEL MICROSEPARADOR					X				
	LIMPIEZA DE LOS FILTROS					X				
	SUSTITUCIÓN DEL ACEITE HIDRÁULICO					X				
	CONTROL DE FUGAS DE ACEITE Y POR TUBERÍA DAÑADA					X				

Tabla 39. Plan de Mantenimiento para el equipo RTF-SP-01.


	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				PERIODO DE INSPECCION							
					FECHA		DIA	MES	AÑO	MESES DE OPERACIÓN		
	EQUIPO:	RECTIFICADORA DE SUPERFICIES PLANAS			DIARIO	SEMANAL	1	3	6	12	24	36
	MARCA:	BERCO	MODELO:	STC-461			36					
CODIGO:	RTF-SP-01											
COMPONENTE	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO											
GENERAL	MANTENER EN ORDEN Y LIMPIEZA LA MÁQUINA Y SU PERIFERIA, ESPECIALMENTE EL SUELO				X							
UNIDAD MECANICA	INSPECCIONAR LAS MUELAS , LA COPA Y LA PIEDRA PARA RECTIFICAR						X					
	NIVELAR, ALINEAR E INSPECCIONAR LOS SOPORTES DE LAS PIEZAS					X						
	INSPECCIÓN Y LUBRICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS DEL MOTOR					X						
UNIDAD ELÉCTRICA	VERIFICAR ESTADO DE CONTACTORES, INTERRUPTORES, RELES, FUSIBLES Y CABLEADO ELECTRICO							X				
	VERIFICAR CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES DE PARADA DEL MOTOR PRINCIPAL							X				
	VERIFICAR QUE EL MOTOR PRINCIPAL NO PRESENTE RUIDOS, VIBRACIONES, Y RECALENTAMIENTO ANORMAL							X				
	VERIFICAR ESTADO DEL VENTILADOR DEL MOTOR PRINCIPAL							X				
	MEDIR Y REGISTRAR EL VALOR DE LA CORRIENTE DE CONSUMO DEL MOTOR PRINCIPAL							X				
UNIDAD DE LUBRICACIÓN	COMPROBACIÓN DE LOS NIVELES DE ACEITE, SI ES NECESARIO, RECARGARLOS				X							
	LIMPIEZA DE LOS FILTROS DE SUCCIÓN								X			
	COMPROBACIÓN DE FUGAS DE ACEITE O POR TUBERÍAS								X			

Tabla 39. (Continuación).

UNIDAD REFRIGERANTE	REVISAR LIMPIEZA DEL FILTRO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN					X			
	REVISAR SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: TANQUE, BOMBA, CONDUCTOS.					X			
	REVISAR ESTADO DE LOS ACCESORIOS					X			

Tabla 40. Plan de Mantenimiento para el equipo RTF-CL-03.

	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				PERIODO DE INSPECCION							
					FECHA		DIA	MES	AÑO			
	EQUIPO:	RECTIFICADORA DE CILINDROS			DIARIO	SEMANAL	MESES DE OPERACIÓN					
	MARCA:	Metalprogres	MODELO:	MHS 220			1	3	6	12	24	36
CODIGO:	RTF-CL-03											
COMPONENTE	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO											
GENERAL	MANTENER EN ORDEN Y LIMPIEZA LA MÁQUINA Y SU PERIFERIA, ESPECIALMENTE EL SUELO	X										
UNIDAD MECANICA	INSPECCIONAR LAS MUELAS , LA COPA Y LA PIEDRA PARA RECTIFICAR				X							
	NIVELAR, ALINEAR E INSPECCIONAR LOS SOPORTES DE LAS PIEZAS				X							
	INSPECCIÓN Y LUBRICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS DEL MOTOR				X							
UNIDAD ELÉCTRICA	VERIFICAR ESTADO DE CONTACTORES, INTERRUPTORES, RELES, FUSIBLES Y CABLEADO ELECTRICO						X					
	VERIFICAR CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES DE PARADA DEL MOTOR PRINCIPAL						X					
	VERIFICAR QUE EL MOTOR PRINCIPAL NO PRESENTE RUIDOS, VIBRACIONES, Y RECALENTAMIENTO ANORMAL						X					
	VERIFICAR ESTADO DEL VENTILADOR DEL MOTOR PRINCIPAL						X					
	MEDIR Y REGISTRAR EL VALOR DE LA CORRIENTE DE CONSUMO DEL MOTOR PRINCIPAL							X				
UNIDAD DE LUBRICACIÓN	COMPROBACIÓN DE LOS NIVELES DE ACEITE, SI ES NECESARIO, RECARGARLOS	X										
	LIMPIEZA DE LOS FILTROS DE SUCCIÓN							X				
	LIMPIEZA DE LOS FILTROS DE ENGRASE							X				
	COMPROBACIÓN DE FUGAS DE ACEITE O POR TUBERÍAS							X				
UNIDAD REFRIGERANTE	REVISAR LIMPIEZA DEL FILTRO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN							X				
	REVISAR SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: TANQUE, BOMBA,							X				
	REVISAR ESTADO DE LOS ACCESORIOS							X				

Tabla 41 Plan de Mantenimiento para el equipo RTF-BE-01.

	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				PERIODO DE INSPECCION												
					FECHA		DIA	MES	AÑO								
	EQUIPO:	BALANCEADORA				DIARIO	SEMANAL	MESES DE OPERACIÓN									
	MARCA:	DIA	MODELO:	CE-502-VS	1			3	6	12	24	36					
CODIGO:	RTF-BE.01																
COMPONENTE	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO																
GENERAL	MANTENER EN ORDEN Y LIMPIEZA LA MÁQUINA Y SU PERIFERIA, ESPECIALMENTE EL SUELO				X												
UNIDAD MECANICA	INSPECCIONAR LOS DIENTES, ENGRANAJES Y CARDAN DE LOS APOYOS.						X										
	NIVELAR, ALINEAR E INSPECCIONAR LOS SOPORTES DE LAS PIEZAS					X											
	INSPECCIÓN Y LUBRICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS DEL MOTOR					X											
CONTROL ELÉCTRONICO	LIMPIEZA DE LA SECCIÓN DEL SENSOR Y ELIMINAR CUALQUIER VIRUTA				X												
	COMPROBACIÓN DE SONIDOS DE REACCIÓN DURANTE EL CONTACTO DEL SENSOR				X												
CONTROL ELÉCTRICO	LIMPIEZA DEL FILTRO Y EL VENTILADOR						X										
	CONTROLAR QUE LA PUERTA ESTÁ TOTALMENTE CERRADA				X												
	COMPROBACIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS PARA EVITAR LA SUCIEDAD Y DECOLORACIÓN				X												
	COMPROBACIÓN DE TORNILLOS PARA TERMINALES MOVILES									X							

5. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Este capítulo hace referencia al diseño y funcionamiento del sistema de información implementado en la empresa Metalizadora del Oriente Ltda. analizando los requerimientos del sistema cómputo y los alcances en cada uno de los módulos presentes en el sistema de información, el cual tiene como objetivo servir de apoyo para los diferentes procesos de administración y planificación del mantenimiento de los equipos de la empresa, además de proveer herramientas eficientes para el manejo de la información que allí se manipula y su posterior procesamiento con el fin de obtener distintos análisis requeridos por los usuarios del sistema.

5.1 FUNDAMENTACIÓN BÁSICA DE PROGRAMACIÓN

A continuación, se cita una breve reseña sobre los fundamentos teóricos de programación tenidos en cuenta para la programación del sistema de información.

5.1.1 Metodología de la programación.

Figura 30. Pasos para resolver un problema.

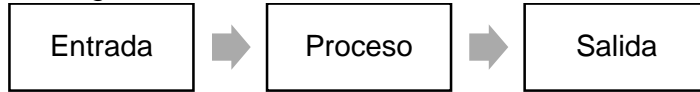


Fuente: JOYANES AGUILAR, Luis. Fundamentos de programación.

5.1.1.1 Diseño del algoritmo¹³. Es un método para solucionar un problema, por medio del diseño de una secuencia sistemática, éste es independiente de los otros elementos de la programación. El algoritmo debe ser preciso, definido y finito.

¹³JOYANES AGUILAR, Luis. Fundamentos de programación. Algoritmos, estructuras de datos y objetos. 3 ed. 989 p. 40-5

Figura 31 Partes de un algoritmo.



Fuente: JOYANES AGUILAR, Luis. Fundamentos de programación.

- Técnica del diseño descendente o modular. Técnica para resolver un problema que consiste en dividir el programa en módulos, cada módulo ejecuta una tarea en específico, como entrada, salida o manipulación de datos, o control de otros módulos, si la tarea es compleja, entonces, se crean submódulos y la tarea se divide. Cada módulo se codifica por separado.
- Diagramas de flujo. Herramienta gráfica que se puede utilizar para diseñar un algoritmo.
- Pseudocódigo. Herramienta para diseñar un algoritmo con base a instrucciones en palabras (inglés o español).

5.1.1.2 Codificación. Es el proceso de escribir el algoritmo ya diseñado en un lenguaje de programación definido.

5.1.2 Lenguaje informático. El lenguaje de un ordenador se utiliza para la transferencia de información entre un computador y un usuario.

Cuadro 3. Tipos de lenguajes informáticos.

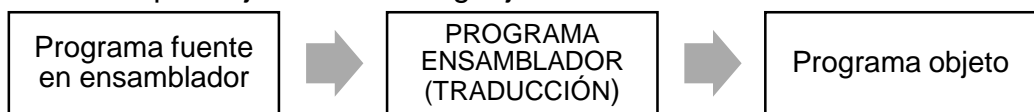
Lenguaje informático	Lenguaje de programación*
	Lenguaje de especificación
	Lenguaje de consulta*
	Lenguaje de marcas
	Lenguaje de transformación
	Protocolo de comunicaciones
	Lenguaje de sonido
	Lenguaje gráfico
	Pseudocódigo

Fuente: JOYANES AGUILAR, Luis. Fundamentos de programación.

5.1.2.1 Lenguaje de programación.¹⁴

- Lenguaje máquina. Es el lenguaje propio de la computadora, compuesto de cadenas binarias, este lenguaje cambia con la computadora.
- Lenguaje de bajo nivel. Tiene instrucciones similares al lenguaje humano, como es el caso más típico el lenguaje ensamblador, es menos dependiente de la máquina.

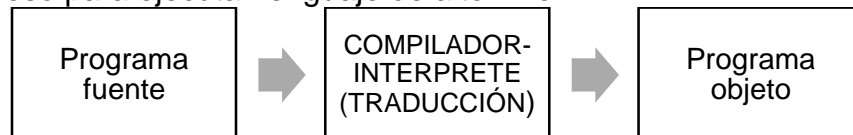
Figura 32 Proceso para ejecutar con lenguaje ensamblador.



Fuente: ELMASRI, Ramez. NAVATHE, Shamkant. Fundamentos de sistemas de bases de datos.

- Lenguaje de alto nivel. Sus instrucciones no dependen de la máquina, por tanto, son portables, son mucho más parecidas al lenguaje humano, algunos son Java, C++, entre otros.

Figura 33 Proceso para ejecutar lenguaje de alto nivel.



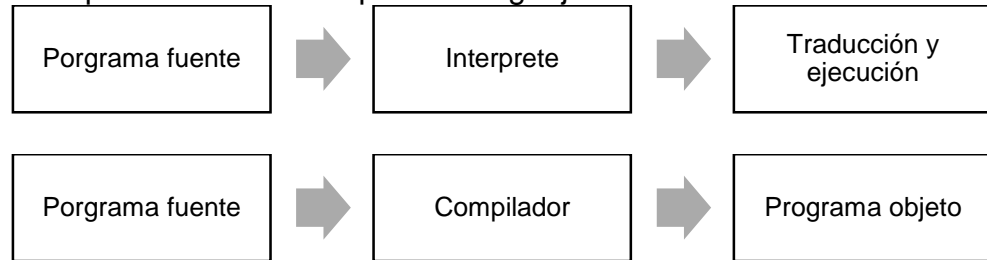
Fuente: ELMASRI, Ramez. NAVATHE, Shamkant. Fundamentos de sistemas de bases de datos.

- Interpretes. Este traductor toma el programa fuente, lo traduce y lo ejecuta. Aunque es algo obsoleto, con el lenguaje java se hace necesario.

¹⁴JOYANES AGUILAR, Luis. Fundamentos de programación. Algoritmos, estructuras de datos y objetos. 3 ed. 989 p. 21-24

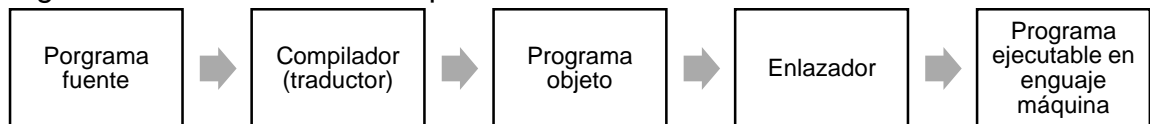
- Compiladores. Programas que traducen el lenguaje de alto nivel a lenguaje máquina y permiten guardar el programa objeto para que sea ejecutado por la computadora cuando se desee, puede necesitarse un compilador diferente para cada tipo de máquina.

Figura 34. Tipos de traductores para el lenguaje de alto nivel.



Fuente: ELMASRI, Ramez. NAVATHE, Shamkant. Fundamentos de sistemas de bases de datos.

Figura 35 Proceso de un compilador.



Fuente: ELMASRI, Ramez. NAVATHE, Shamkant. Fundamentos de sistemas de bases de datos.

5.1.3 Bases de datos. La base de datos se puede definir como una serie de datos organizados y relacionados entre sí, los cuales son recolectados y explotados por un sistema de información.

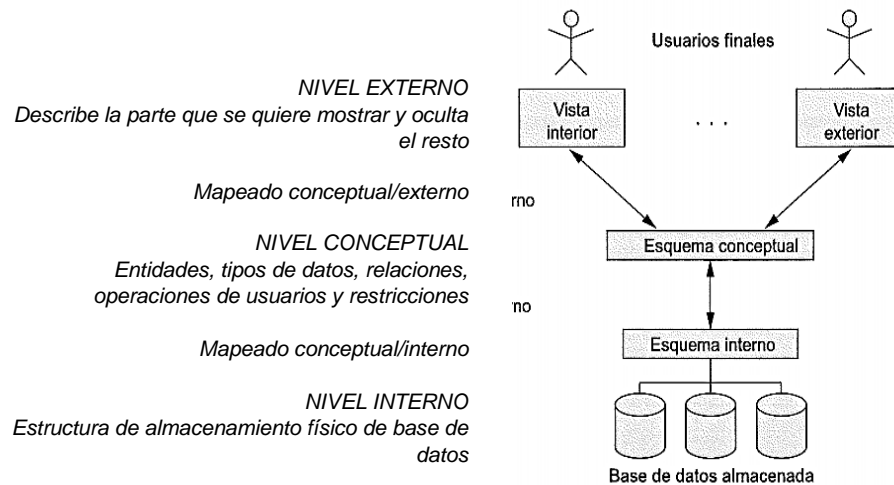
5.1.4 Sistemas de bases de datos. Es la combinación entre la base de datos y un DBMS.

5.1.4.1 DBMS. Es un conjunto de programas que se conoce como sistema de administración de base de datos (DBMS). Su función es facilitar procesos que se

pueden llevar a cabo en una base de datos, Como definición, manipulación y consulta de datos.¹⁵

- Arquitectura de los tres esquemas. El objetivo de esta arquitectura es separar las aplicaciones de usuario y la base de datos, como muestra la figura 36.

Figura 36. Etapas de la arquitectura de las tres fases.



Fuente: ELMASRI, Ramez. NAVATHE, Shamkant. Fundamentos de sistemas de bases de datos.

- Lenguajes de un DMBS.

- Lenguaje de definición de datos (DDL). Permite definir tanto el esquema interno como el esquema externo.
- Lenguaje de manipulación de datos (DML+otro lenguaje). Crean, actualizan y extraen información.
- Lenguaje de consulta de datos (DML). Permite hacer requerimientos de datos sin escribir un programa. Un ejemplo sería el SQL de Oracle.

¹⁵ ELMASRI, Ramez. NAVATHE, Shamkant. Fundamentos de sistemas de bases de datos.5 ed. Madrid. PEARSON EDUCACIÓN S.A. 2007. 1102 p.5

- Los sistemas de bases de datos orientados a objetos son compatibles con lenguajes de programación C++ y Java, y el software DBMS realiza las conversiones necesarias. El almacenamiento persistente de objetos de programas es una función importante de los sistemas de base de datos.
- Sistemas de base de datos relacionales. Maneja el modelo de base de datos relacionadas, donde se archivan datos en tablas separadas en vez de colocar todos los datos en un gran archivo. Esto permite velocidad y flexibilidad. Las tablas están conectadas por relaciones definidas que hacen posible combinar datos de diferentes tablas sobre pedido. Su lenguaje de consulta es de muy alto nivel. Actualmente es el predominante en estos sistemas.

5.9 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Un requerimiento es una necesidad documentada sobre el contenido, forma o funcionalidad de un producto o servicio. Entre los requerimientos de la empresa podemos encontrar:

- Un programa de mantenimiento preventivo: El sistema de información debe permitir programar rutinas de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos.
- Información detallada de cada una de los equipos y procesos: Llevar un completo registro de cada una de las labores de mantenimiento efectuadas en cada equipo.
- Elaboración de órdenes de trabajo a partir de solicitudes de servicio que contengan la información detallada acerca de las actividades de mantenimiento a realizar sobre los equipos y que además sirva como alimentación para las hojas de vidas de los equipos.
- Datos de proveedores, usuarios y empleados.
- Indicadores de mantenimiento: Proporcionar información cuantificable que valoren la eficiencia de la planta a partir de los mismos indicadores.

- Garantizar información exacta, confiable y a disposición en el momento deseado por los usuarios.

5.10 SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS Y LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Para el desarrollo del software, se analizaron las opciones que ofrece el mercado para las plataformas de entornos de programación y los administradores de bases de datos y se seleccionaron las siguientes herramientas.

5.10.1 XAMPP. Es un servidor independiente de tipo plataforma con base a software libre, con el cual podemos disponer de un servidor propio o simplemente usarlo para hacer pruebas de nuestras páginas web, bases de datos, para desarrollar aplicaciones en PHP, con conexión a base de datos SQL.¹⁶

Su contenido se distribuye por paquetes de software, los paquetes básicos constan de Apache, el servidor Web más famoso, MySQL, un sistema de gestión relacional de base de datos de código respectivo gestores phpMyAdmin libre, intérpretes de lenguajes de programación como PHP y Perl; un servidor ProFTPD y FTP; OpenSSL para soporte a la capa de sockets segura.¹⁷

El nombre proviene del acrónimo de X (para cualquiera de los diferentes sistemas operativos), Apache, MySQL, PHP, Perl.

¹⁶ BARZANALLAN, Rafael Desarrollo de aplicaciones web: XAMPP. [en línea]. Murcia (España). Universidad de Murcia. "actualizado en Marzo del 2015". [citado en 20 de octubre del 2015], Disponible en internet<<http://www.um.es/docencia/barzana/DAWEB/Desarrollo-de-aplicaciones-web-Xampp.html>>

¹⁷ ZAPATA, Cristian. ¿Qué es xampp y para qué sirve? [en línea]. 13 Noviembre del 2011. [citado en 20 de octubre del 2015], Disponible en internet< <http://mantenimientosdeunapc.blogspot.com.co/2011/11/que-es-xampp-y-para-que-sirve.html>>

5.10.1.1 My SQL. es un sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario. Una subsidiaria de Sun Microsystems y ésta a su vez de Oracle Corporation desarrolla MySQL como software libre en un esquema de licenciamiento dual.

MySQL es software de fuente abierta, esto significa que es posible para cualquier persona usarlo y modificar su código fuente, sin pagar. Cualquier interesado puede estudiar el código fuente y ajustarlo a sus necesidades. MySQL usa el GPL (GNU General Public License) para definir qué puede hacer y qué no puede hacer con el software en diferentes situaciones.

5.10.2 NETBEANS. Java es un lenguaje orientado a objetos, y esto supone un desafío para quienes quieren aprenderlo o enseñarlo. Las peculiaridades de este tipo de lenguajes han motivado la aparición de entornos de programación específicamente adaptados para su enseñanza como BlueJ y jGrasp y NetBeans.¹⁸

NetBeans IDE es un entorno de desarrollo integrado (IDE), modular, de base estándar (normalizado), escrito en el lenguaje de programación Java. El proyecto NetBeans consiste en un IDE de código abierto y una plataforma de aplicación, las cuales pueden ser usadas como una estructura de soporte general (framework) para compilar cualquier tipo de aplicación.¹⁹

A pesar de la complejidad, resulta muy cómodo programar en NetBeans. Se trata de un completo entorno que permitirá realizar no sólo programas sencillos sino auténticos proyectos profesionales de programación, es estable el más fiable de los

¹⁸ RUIZ, Alberto. Java. [en línea] Madrid. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado. 21 de Agosto del 2009[citado el 25 de Septiembre del 2015]. Disponible en < <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/ca/software/programacion/911-monografico-java>>

¹⁹ ORACLE CORPORAION. Información Net Beans 6.1[en línea] [citado en 25 de Octubre del 2015]. Disponible en < https://netbeans.org/community/releases/61/index_es.html>

tres IDE, La gestión de paquetes y sus avanzadas detecciones de errores (incluso antes de compilar) resultan más cómodas e intuitivas que en los otros entornos.

Tabla 42. Comparación entre los tres principales IDE.

Característica	BlueJ	jGrasp	NetBeans
Versión del entorno en castellano	No	No	Algunas versiones
Existencia de documentación oficial en castellano	Tutorial y libro	No	No
Disponibilidad en Linux	Sí	Sí	Sí
Tipo de licencia	GNU (software libre)	Propietaria (freeware)	CDDL y GPL2 (software libre)
Permite trabajar con otros lenguajes de programación	No	Sí	Sí
Generación automática de documentación (JavaDoc)	Sí	Sí	Sí
Información esquemática sobre las clases	Escasa	Completa (diagrama UML)	Abundante
Gestión de paquetes	Confusa	Regular	Buena
Funciones de depuración	Muy básicas	Básicas	Avanzadas
Funcionalidades avanzadas (refactorización, control de versiones...)	No	No	Sí
Creación y manejo de objetos visualmente sin programa principal	Muy fácil	Fácil	No
Espacio aproximado en disco duro	10 MB	6 MB	160 MB
Consumo aproximado de memoria (10 clases abiertas en el editor)	70 MB	50 MB	140 MB
Fiabilidad para uso intensivo en proyectos semi o profesionales	No	No	Sí
Comodidad para trabajar con múltiples archivos abiertos	Baja	Alta	Alta
Complejidad de uso	Muy baja	Baja	Media

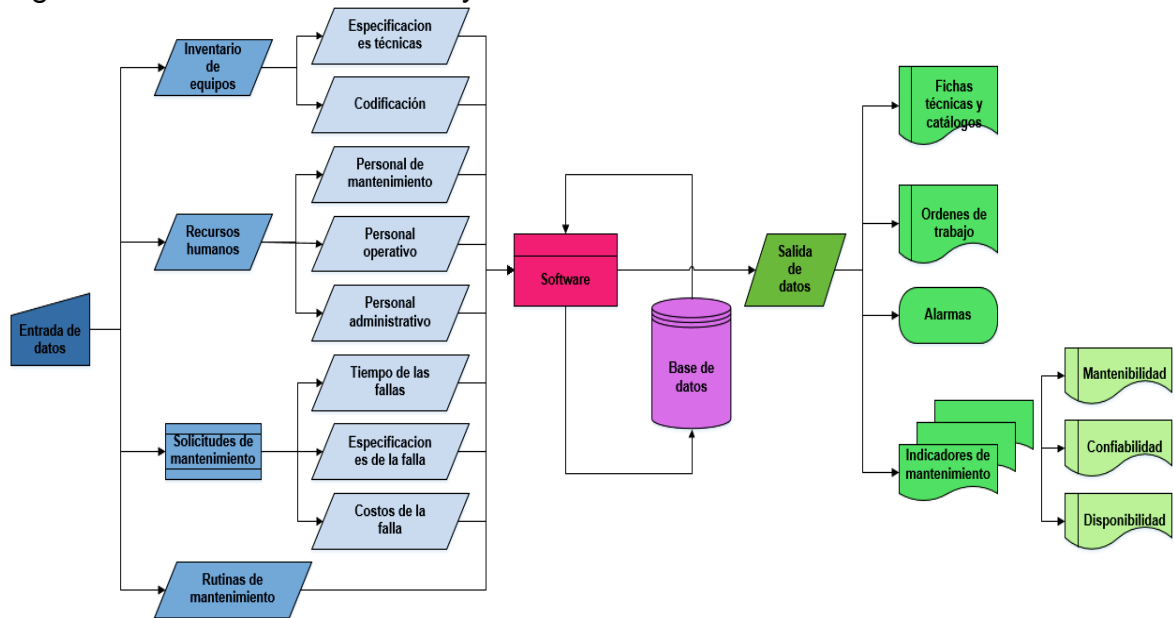
Fuente: RUIZ, Alberto. Java. [en línea].

En conclusión, se decide trabajar en el entorno Net beans utilizando lenguaje Java para la programación del sistema de información.

5.11 VARIABLES DE ENTRADA Y DE SALIDA

Una adecuada y correcta selección de las variables de entrada y salida del sistema de información son esenciales para que el sistema cumpla con los objetivos para los que se implementa. Las variables de entrada son los datos que se ingresan al sistema y alimentan la base de datos, éstas son fundamentales para que el programa funcione lo más eficiente posible, ya que son el corazón de la base de datos. Las variables de salida son los datos arrojados en los reportes, información disponible en la base de datos y alarmas de acuerdo a la programación de las actividades preventivas, permitiendo la medición y valoración de los diferentes indicadores de gestión del mantenimiento y así poder influir positivamente en la toma de decisiones.

Figura 37. Variables de entrada y de salida.



5.12 DISEÑO DE LOS MÓDULOS

La estructura general del sistema de información del mantenimiento de la empresa Metalizadora del Oriente Ltda. está conformado por 5 módulos básicos.

- Módulo de administración
- Módulo de equipos
- Módulo de gestión de mantenimiento
- Módulo Desempeño del mantenimiento.
- Módulo de alarmas.

Estos módulos son los encargados de manejar toda la información relacionada con la administración y planeación de actividades de mantenimiento, administración de repuestos e insumos, visualización y cálculo de indicadores.

5.13 ALGORITMOS DE LOS MÓDULOS PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Como se especificó en la fundamentación teórica, antes de comenzar a programar debemos adecuar el algoritmo, para luego hacer la codificación. A continuación, se muestran los diagramas de flujo para cada módulo con sus entradas y salidas.

Figura 38. Diagrama de flujo que muestra la entrada al sistema con los módulos establecidos.

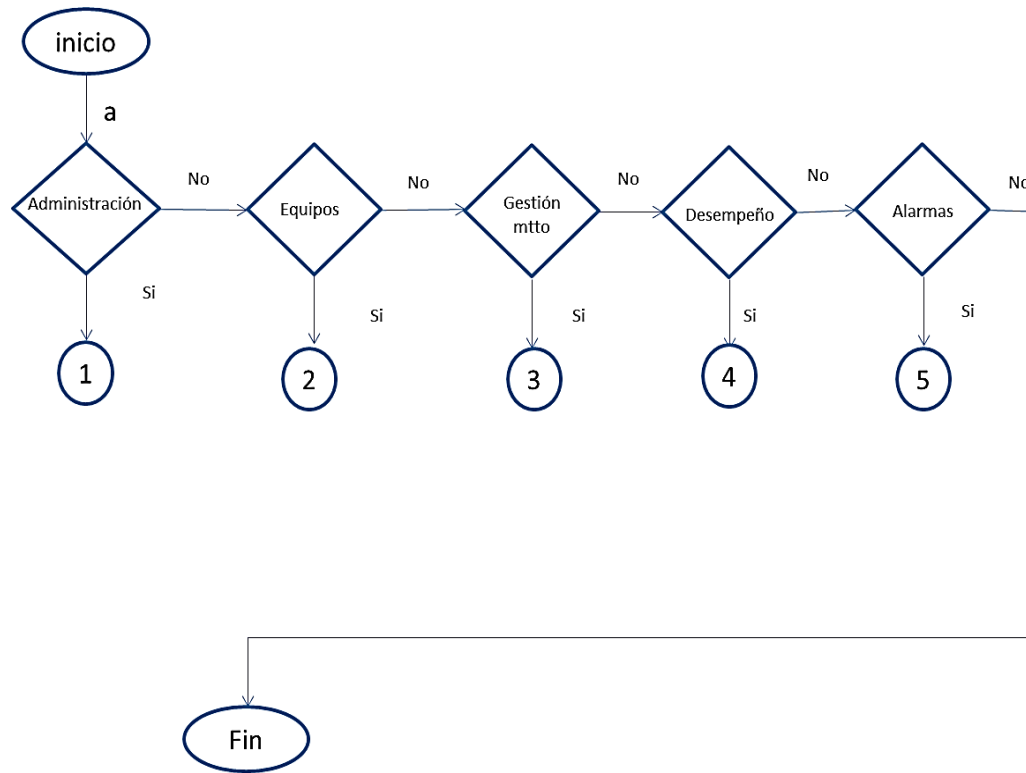


Figura 39. Diagrama de flujo para el ingreso al módulo de administración.

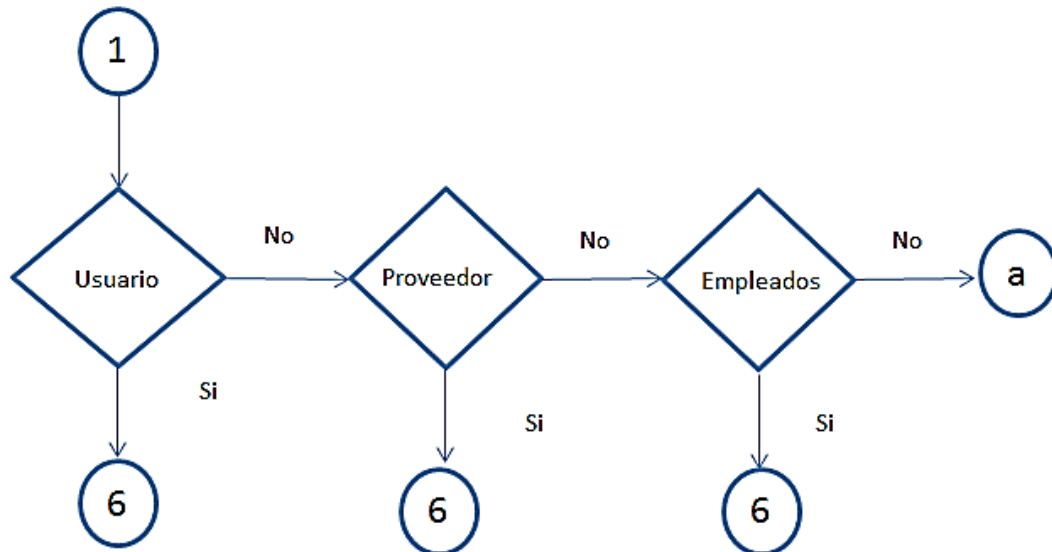


Figura 40. Diagrama de flujo del módulo de equipos.

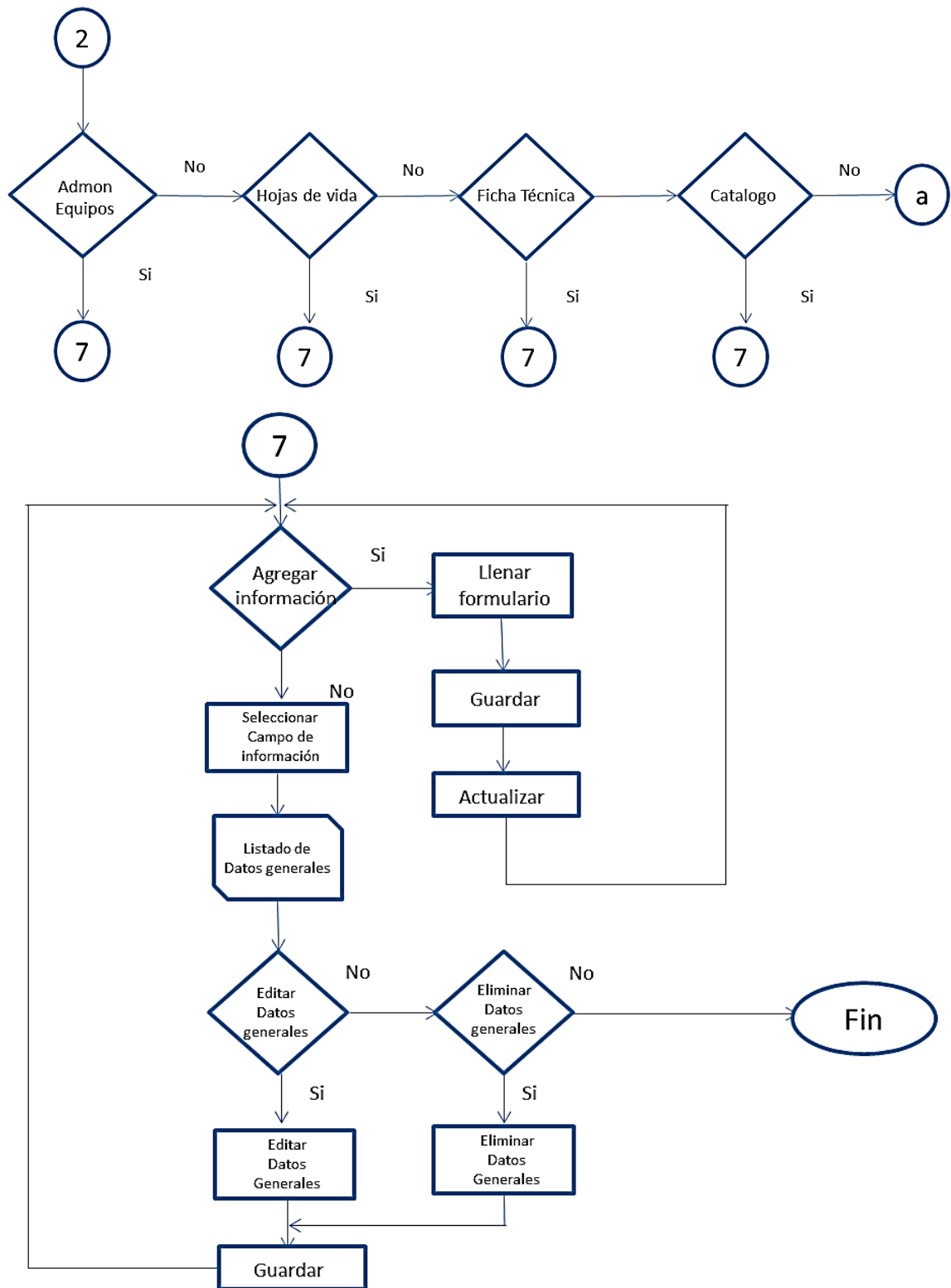


Figura 41. Diagrama de flujo para el módulo de gestión de mantenimiento.

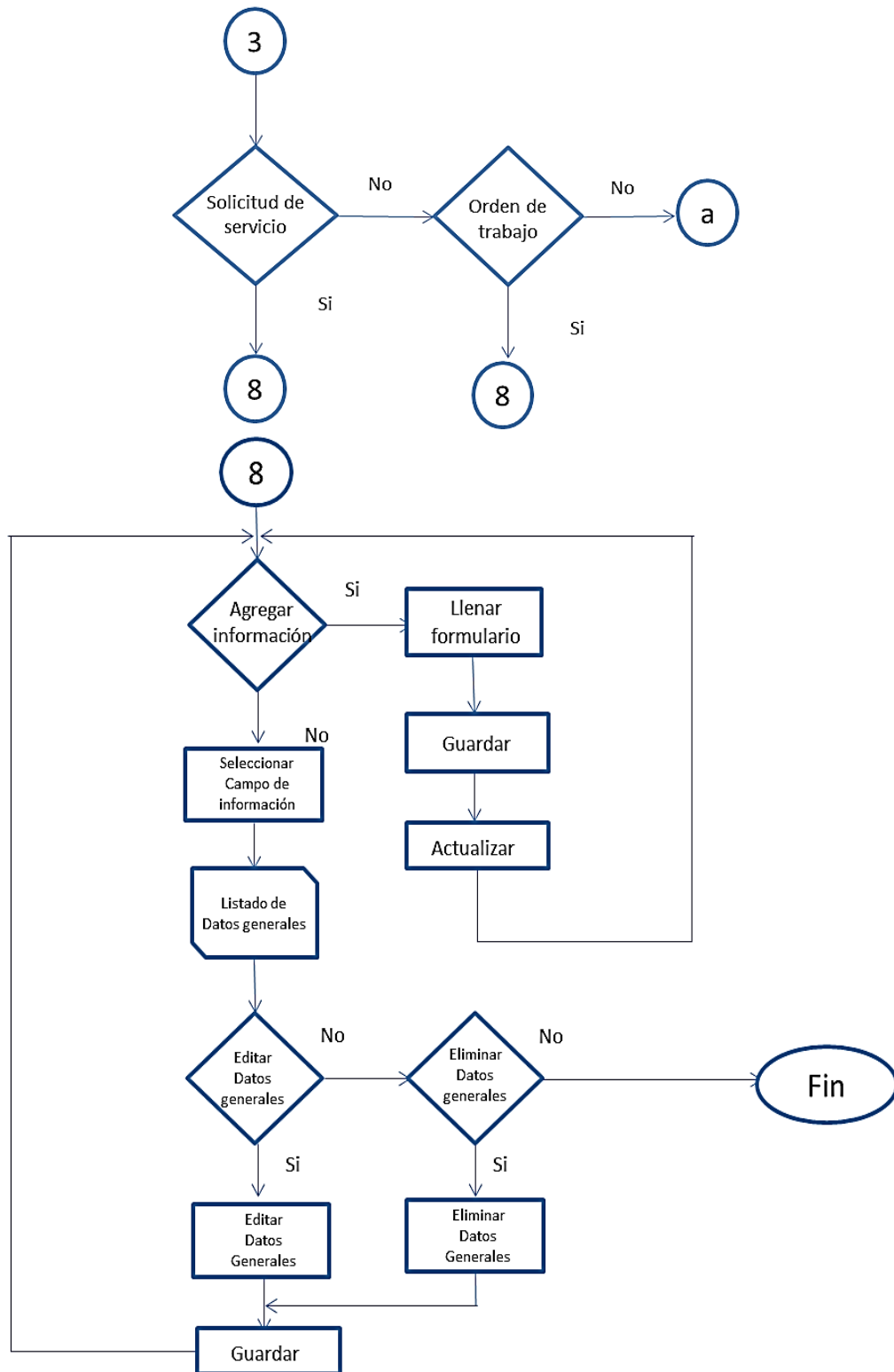


Figura 42. Diagrama de flujo para el módulo de indicadores de gestión.

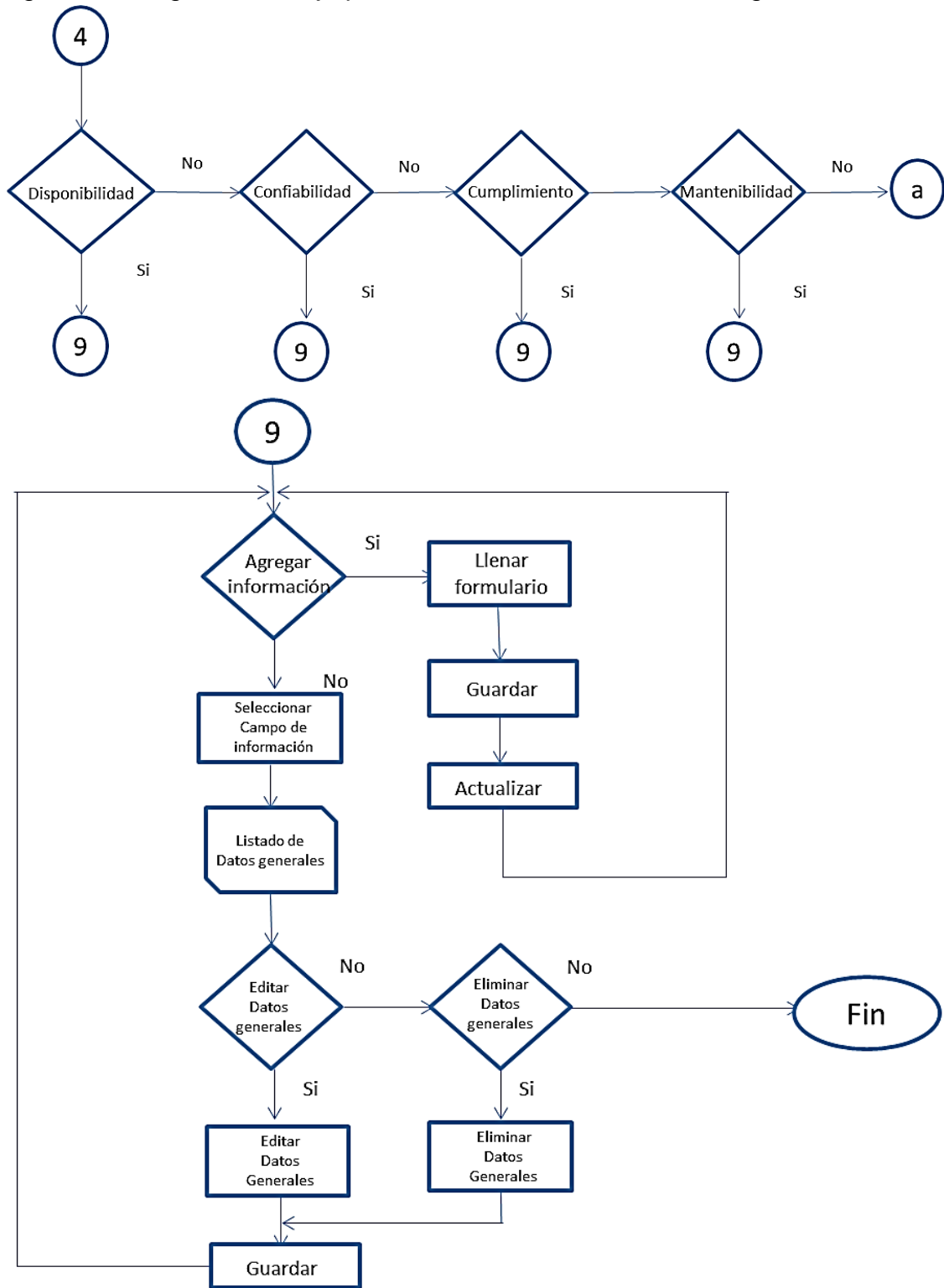
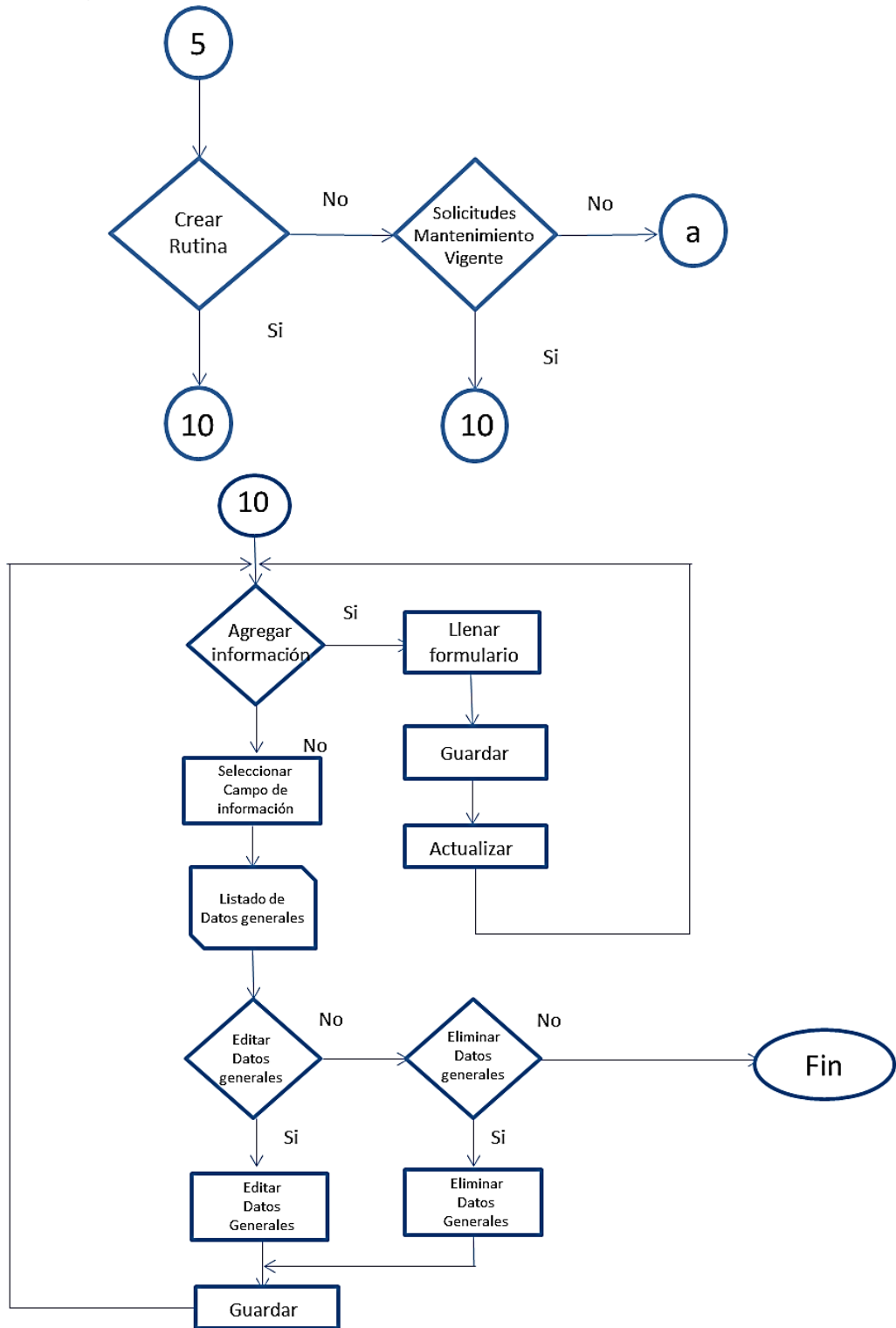


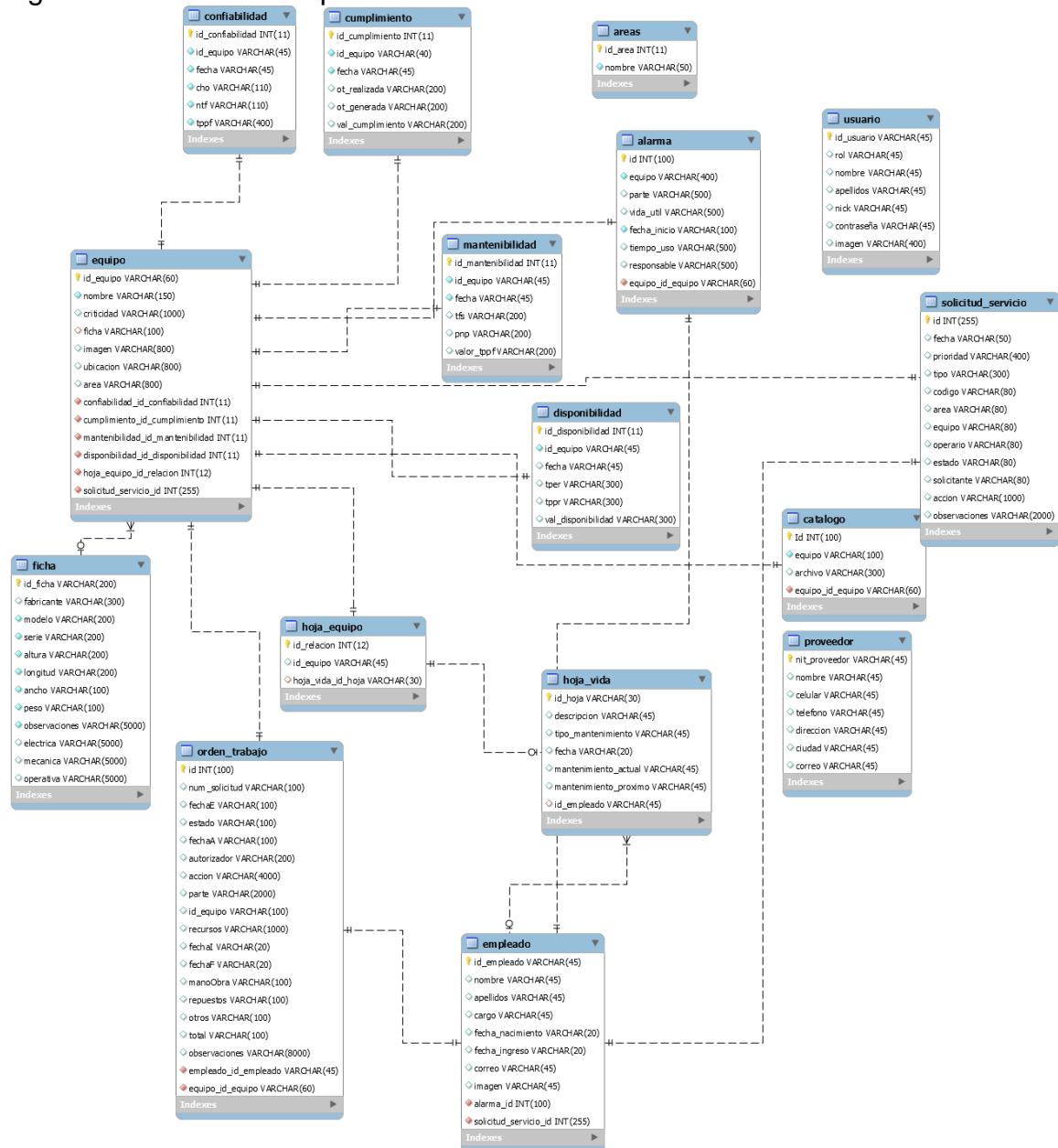
Figura 43. Diagrama de flujo para el módulo de alarmas.



5.14 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA BASE DE DATOS

Este diseño se basa en realizar las tablas y se asignar las relaciones por medio del administrador de base de datos, para suplir las necesidades en el sistema.

Figura 44. Diseño conceptual de la base de datos.

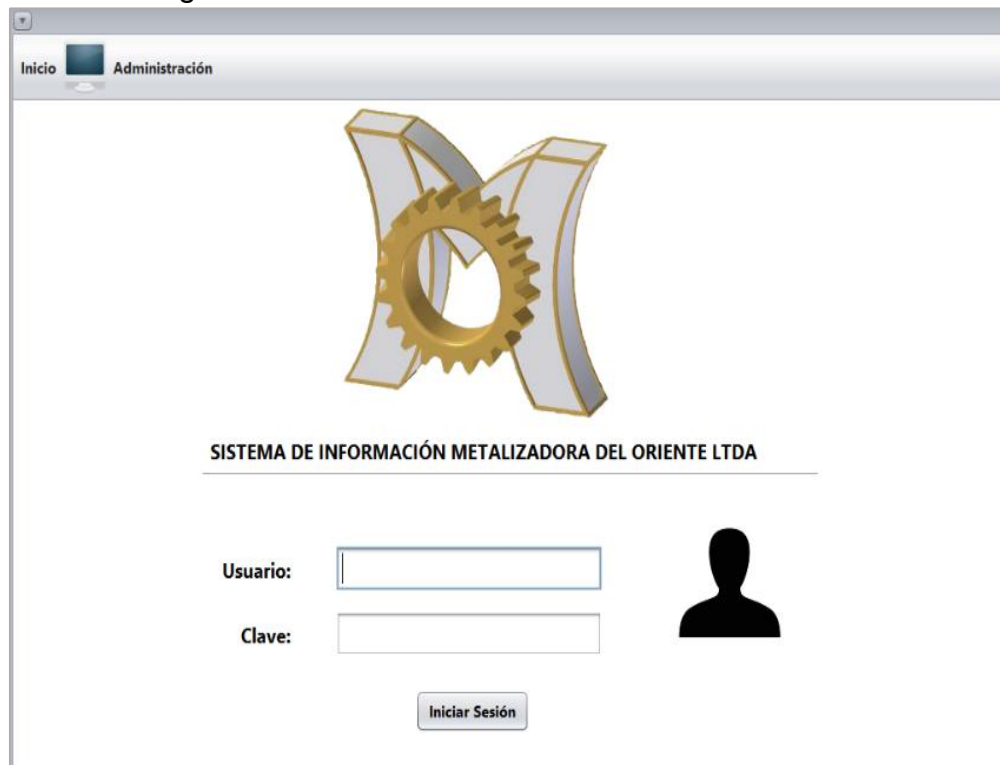


5.15 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El software que se presenta continuación es resultado de la codificación de los logaritmos antes mencionados, el acoplamiento lógico con la base de datos y los detalles de la interfaz.

5.15.1 Ingreso al sistema. Este es el primer módulo que se presenta cuando se ingresa al sistema, se diseñó para principalmente en un acceso como un usuario definido con sus respectivos permisos para acceder a la información, crear, editar y eliminar datos.

Figura 45. Vista Ingreso al sistema de información.



The image shows a web browser window with a title bar containing 'Inicio' and 'Administración'. The main content area features a large 3D logo consisting of a golden gear and a stylized 'M' shape. Below the logo, the text 'SISTEMA DE INFORMACIÓN METALIZADORA DEL ORIENTE LTDA' is displayed. Underneath, there are two input fields: 'Usuario:' and 'Clave:'. To the right of these fields is a black silhouette of a person. At the bottom center, there is a button labeled 'Iniciar Sesión'.

Al iniciar el sistema de información Metalizadora del Oriente Ltda. Lo primero que se ve es la pantalla de inicio de sesión, allí cada uno de los usuarios que deseen ingresar al contenido del sistema deberá ingresar su “usuario” o “nick” y su respectiva contraseña. Una vez se hayan llenado los datos correctamente el sistema se dirige a la ventana principal.

En esta ventana se ubica el menú principal a lo largo de la parte superior que permitirá navegar por los diferentes contenidos ofrecidos por el sistema de información, además de un botón de inicio que permitirá cerrar la sesión para poder acceder al sistema con otro usuario


Dentro de cada uno de los módulos que tiene el sistema se deben poder realizar las siguientes acciones ya sean sobre éstos o dentro de los mismos:

- Nuevo: Permite crear un nuevo registro cuya característica depende del módulo donde se trabaje.
- Editar: Permite realizar cambios en los registros que ya han sido agregados anteriormente.
- Guardar: Está inmerso dentro de las acciones anteriores y permite guardar ya sea los cambios o los nuevos registros realizados dentro de los mismos.
- Eliminar: Elimina del sistema cualquier registro creado anteriormente
- Imprimir: Genera informes físicos o digitales de la información que se está observando en pantalla.
- Filtrar: Permite buscar de una forma rápida los registros ya creados, cuenta con diferentes niveles de filtro de acuerdo a la clase de información que se requiera filtrar.
- Navegar: Permite desplazar dentro del módulo, facilitando la búsqueda de información.

- Ver: Muestra todos los registros que se han creado dentro del módulo en forma tabulada.
- Ir a: Permite realizar una búsqueda rápida ingresando el número del registro.
- Consultar: Permite realizar una búsqueda rápida ingresando el nombre, código del elemento o equipo que desee identificar.

A continuación, se especifican cada módulo que hacen parte del sistema administrativo de información.

5.15.2 Módulo de Administración. Es el primer módulo desde la izquierda, en este módulo se podrá realizar la respectiva administración de los diferentes actores que están involucrados con el manejo de la información del sistema de información, como lo son: *Usuarios, Personal de Mantenimiento y Proveedores*.

5.8.2.1 Submódulo Usuarios. En esta ventana se puede añadir, eliminar, actualizar y guardar la información que se desee crearle a un usuario. Inicialmente los campos de texto aparecen deshabilitados puesto que no se ha especificado ninguna acción a realizar. Al hacer clic en el botón  se puede crear un nuevo usuario para lo cual se habilitarán los campos de texto disponibles, se sabrá que éstos están activos cuando aparezcan en color blanco, de lo contrario no lo estarán.







El primer campo de texto a ingresar será el correspondiente a Imagen, allí se cargará la imagen asociada a un usuario, haciendo clic en el icono  el cual permitirá buscar el archivo existente dentro del equipo desde el cuál se está accediendo. Una vez seleccionada la imagen se da clic en el botón "Attach" y posteriormente se da clic en el icono  con el fin de visualizar la imagen cargada en el recuadro que aparece en la parte superior derecha de la ventana:


Figura 46. Vista de la sección de creación de usuarios.

Id Usuario	Rol	Nombre	Apellidos	Nick	Contraseña	Imagen
1010211	Administrador	Marta	Rivero	j	1	-

Se procede a llenar todos los campos presentes en la ventana: *Documento de Usuario*, *Rol* (El cual permite acceder a los diferentes privilegios otorgados por el sistema de información), *Nombre*, *Apellidos*, *Nick* (el nombre mediante el cual podrá acceder al sistema en la ventana principal) y *Contraseña*, posteriormente se da clic en el icono de la parte inferior derecha  que representa “Guardar”, posteriormente se da clic en el icono  (actualizar) para evidenciar que los datos fueron guardados en la tabla que se encuentra disponible en la parte inferior de la ventana.

NOTA: Este tipo de tabla informativa está presente en la mayoría de los módulos del sistema de información con datos de interés en ese módulo, es muy útil porque permite la visualización instantánea de la información almacenada, además dando clic en alguna de los registros presentes se puede realizar cambios en la información guardada con anterioridad, luego se guarda y se actualiza y los campos son

llenados automáticamente con la nueva información dando clic en el botón  (guardar) y  (actualizar) para ver que la información fue registrada exitosamente.

De igual forma si se desea eliminar algún registro creado con anterioridad en alguna de las tablas presentes, se selecciona el registro (fila de la tabla) y se da clic en el botón  (eliminar)

IMPORTANTE: Los pasos anteriormente descritos serán utilizados para todos los módulos en los que se desee añadir, eliminar, actualizar y guardar información.

5.8.2.2 Submódulo Administración de Empleados. En esta ventana están los campos relacionados con la información requerida por el sistema como los son: *imagen, documento, nombre, apellidos, cargo, fecha de nacimiento, fecha ingreso y correo electrónico.*

Figura 47. Submódulo de administración de empleados.



Id Empleado	Nombre	Apellidos	Cargo	Fecha Nacimiento	Fecha Ingreso	Correo	Imagen
1096906610	Yeny Paola	Gordillo Morales	-	-	-	-	-
1098604054	David	Sanabria Baquero	-	-	-	-	-
109861037	Lised Mireya	Caballero Gutierrez	-	-	-	-	-
1098649287	Pedro Leon	Reyes Rios	-	-	-	-	-
1098657758	Johnnatan Israel	Ardila Baez	-	-	-	-	-
1098681950	Jose Leonardo	Baquero Cuadros	-	-	-	-	-
1098707104	Jhonatan David	Arias Velandia	-	-	-	-	-
1098716926	Oriando Jose	Bayter Rivero	-	-	-	-	-
1098796687	Jhoan Sebastian	Estevez Rodriguez	-	-	-	-	-

Nota: En los campos relacionados con fechas aparece un icono a la derecha del campo, el cual permite ubicar la fecha con mayor exactitud.

5.8.2.3 Submódulo Administración de Proveedores. En este módulo se ingresa la información relacionada con los proveedores de la empresa, siguiendo las mismas instrucciones anteriormente mencionadas para los formularios de Usuarios y Personal de mantenimiento.

Figura 48. Ventana del Submódulo Administración de Proveedores.

Nit Proveedor	Nombre	Celular	Telefono	Direccion	Ciudad	Correo
3213A15	Partes y Rodamientos	3168558113	6558778	Cra3 N°19-30	Bucaramanga	-

5.8.3 Módulo de Equipos. Este módulo contiene toda la información correspondiente a fichas técnicas, hojas de vida, fotos de los diferentes equipos de la planta y su ubicación.

5.8.3.1 Submódulo Administración de Equipos. Es el primer ítem del módulo de equipos, dispone de un formulario que permite ingresar la información necesaria de

cada uno de los equipos. En los campos de *Área* y *Ficha* se puede seleccionar el área y la ficha técnica, para asociar las respectivas áreas y ficha a cada uno de los equipos que se creen. Para eliminar, actualizar y guardar la información digitada en los campos se siguen las instrucciones descritas anteriormente. La interfaz gráfica del módulo de equipos muestra una tabla donde se enlistan cada una de las máquinas y equipos registrados con anterioridad, identificando el *código*, *nombre*, *criticidad*, *ficha*, *imagen*, *ubicación* y *área*.

Figura 49. Interfaz Submódulo de administración de equipos.

ID Equipo	Nombre	Criticidad	Ficha	Imagen	Ubicación	Área
1	Rectificadora de Su...	60	RTF-SP-01	C:\Users\JESUS AL...		Rectificado
10	Metalizadora	60	RTF-MT-01	C:\Users\JESUS AL...		Rectificado
11	Rectificadora de Ble...	60	RTF-BL-01	C:\Users\JESUS AL...		Rectificado
12	Rectificadora de Asi...	60	RTF-AV-01	C:\Users\JESUS AL...		Rectificado
13	Rectificadora de Vál...	60		C:\Users\JESUS AL...		Rectificado
14	Balaceadora Electr...	60	RTF-BE-01	C:\Users\JESUS AL...		Rectificado
15	Torno Paralelo 01	96	MEC-TP-01	C:\Users\JESUS AL...		Mecanizado
16	Torno Paralelo 02	36	MEC-TP-02	C:\Users\JESUS AL...		Mecanizado
17	Torno Paralelo 03	36	MEC-TP-03	C:\Users\JESUS AL...		Mecanizado
18	Torno Paralelo 04	60	MEC-TP-04	C:\Users\JESUS AL...		Mecanizado


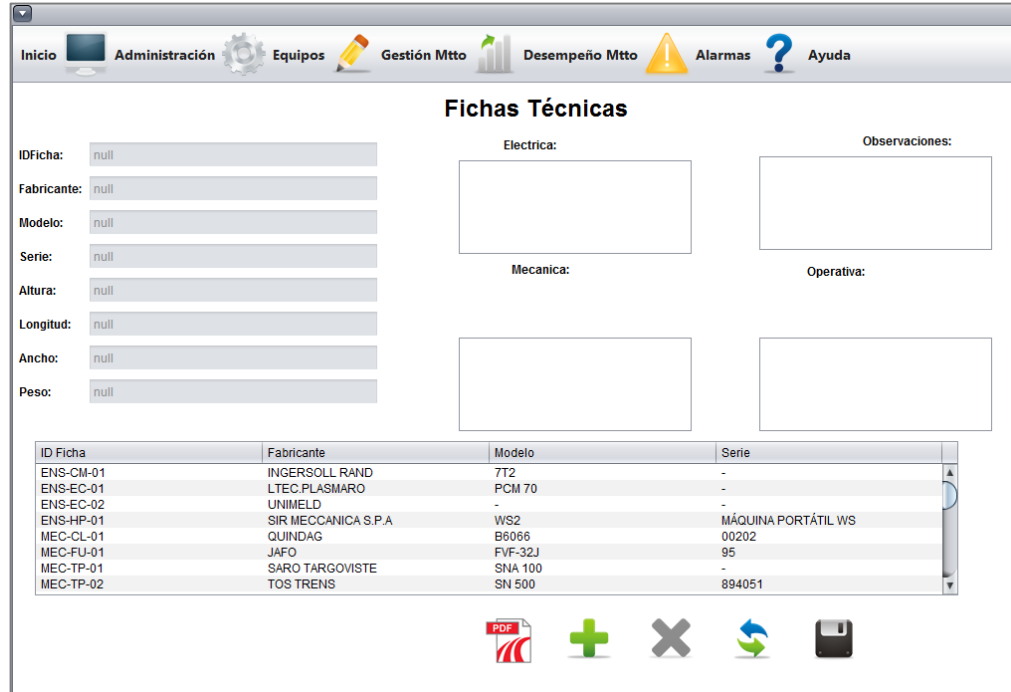
5.8.3.2 Submódulo de Fichas Técnicas. En esta pestaña se encuentra la información técnica referente a los equipos. La información se distribuye en cinco secciones: Ficha de registro, datos generales, datos mecánicos, datos eléctricos, datos operativos y observaciones. En la siguiente ventana el usuario podrá ingresar la información correspondiente a las fichas técnicas que estará relacionadas (o pertenecen) a cada uno de los equipos. Para visualizar una ficha técnica en formato físico se da clic en el icono  y realiza la impresión.

Figura 50. Interfaz Fichas técnicas.



5.8.3.3 Submódulo Hoja de Vida. Para la gestión de mantenimiento es de vital importancia llevar un registro claro y detallado de las intervenciones efectuadas sobre cualquier equipo, con éste se puede llevar un histórico de fallas para cada uno de los equipos que con el tiempo facilitará la planeación de actividades de mantenimiento. Las hojas de vida se pueden crear, eliminar, actualizar y siguiendo las indicaciones descritas en los literales anteriores.

- **Buscar Hoja de Vida.** Se pueden encontrar cada una de las hojas de vida que se han creado para cada equipo, para esto se dispone de un listado donde están los ID de los equipos creados (figura 52), posteriormente se da clic en el símbolo + para ejecutar la búsqueda, la información a consultar aparece en la tabla, una vez se finalice la búsqueda se recomienda dar clic en el símbolo de X con el fin de limpiar la tabla.

Figura 51. Interfaz Administración de hoja de vida.

Administración de Hoja de Vida

Código Hoja: null
 Descripción: null
 Tipo Mantenimiento: null
 Fecha: null
 Mantenimiento Actual: null
 Mantenimiento Proximo: null
 Id Empleado: 1096906610

Id Hoja	Descripcion	Tipo Mantenimiento	Fecha	Mantenimiento Actual	Mantenimiento Proximo	Código Empleado
1	Cambio de aceite	Preventivo	02-01-2016		3000hras	1098649287

Figura 52. Interfaz Buscador de hojas de vida.

Búsqueda de Hojas de Vida

Seleccione el equipo: 39

Equipo	Código Hoja de vida
39	1


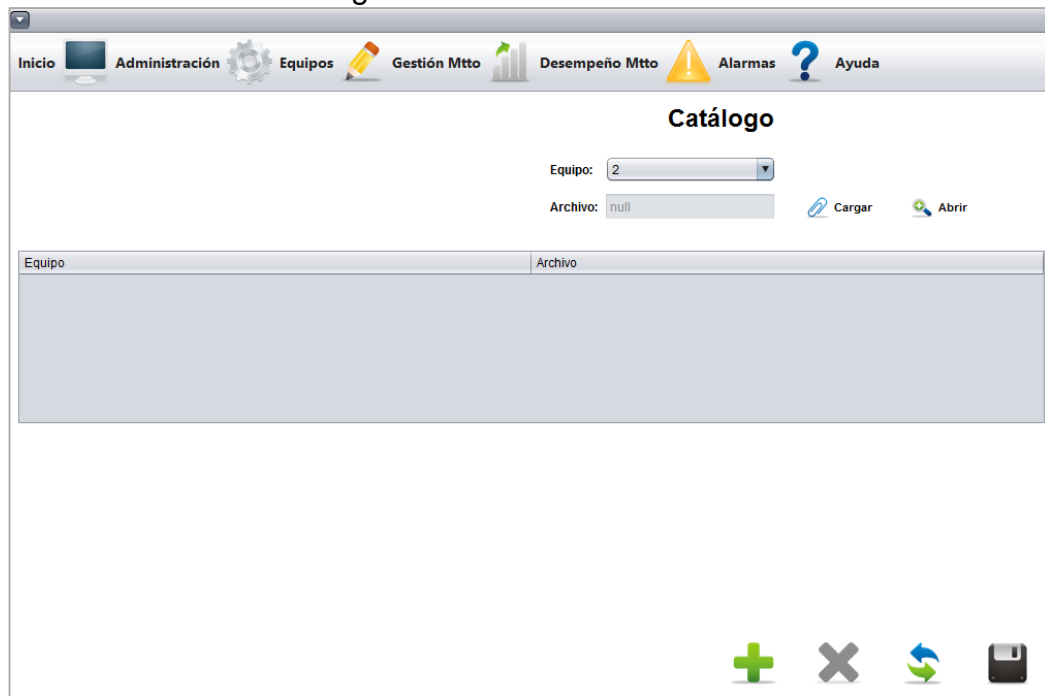
5.8.3.4 Submódulo Catálogo. En esta pestaña se encuentra material relacionado con los equipos de la empresa, como manuales de operación, planos eléctricos, catálogos, etc. Para poder visualizar el manual o catálogo cargado de un equipo seleccionado se da clic en el icono .

Figura 53. Submódulo catálogo.



5.8.4 Módulo Gestión del Mantenimiento. Este es el módulo fundamental del sistema de información para el control de las actividades de mantenimiento de la empresa, ya que en él se ingresan las solicitudes de servicio y se generan las órdenes de trabajo, lo que permite la planeación y programación de actividades de mantenimiento.

5.8.4.1 Submódulo solicitudes de Servicio. Este formato se utiliza en el trámite de algún requerimiento ya sea programado o por algún imprevisto que genere atención oportuna. En el formulario de solicitudes de servicio se deben diligenciar las casillas:

observaciones generales del servicio o falla de equipo, tipo de intervención Preventiva o correctiva, responsable, prioridad y código que se genera una vez se guarda la solicitud.

Figura 54. Formato Solicitudes de Servicio.

#	Fecha	Prioridad	Tipo	Equipo	Solicitante	Accion
6	20-12-2015	urgente	preventivo	41	1098657758	cambiar empaquetadu
7	18-12-2015	INMEDIATA	CORRECTIVO	23	1098649287	

5.8.4.2 Submódulo Orden de Trabajo. En este módulo se alimenta un formato derivado de una solicitud de mantenimiento, en este formato van las especificaciones de la intervención a realizar, ya sea para mantenimiento correctivo o preventivo. una vez se cierra la orden de trabajo esta se guarda en la hoja de vida de los equipos intervenidos. En el formato se encuentran campos a llenar como el equipo, el elemento que ha fallado, la acción de mantenimiento a realizar y permite la opción de agregar observaciones o especificaciones para realizar la actividad de mantenimiento. La Orden de Trabajo permite estimar y consignar los tiempos de ejecución de las labores, los costos y los recursos empleados en el mantenimiento,


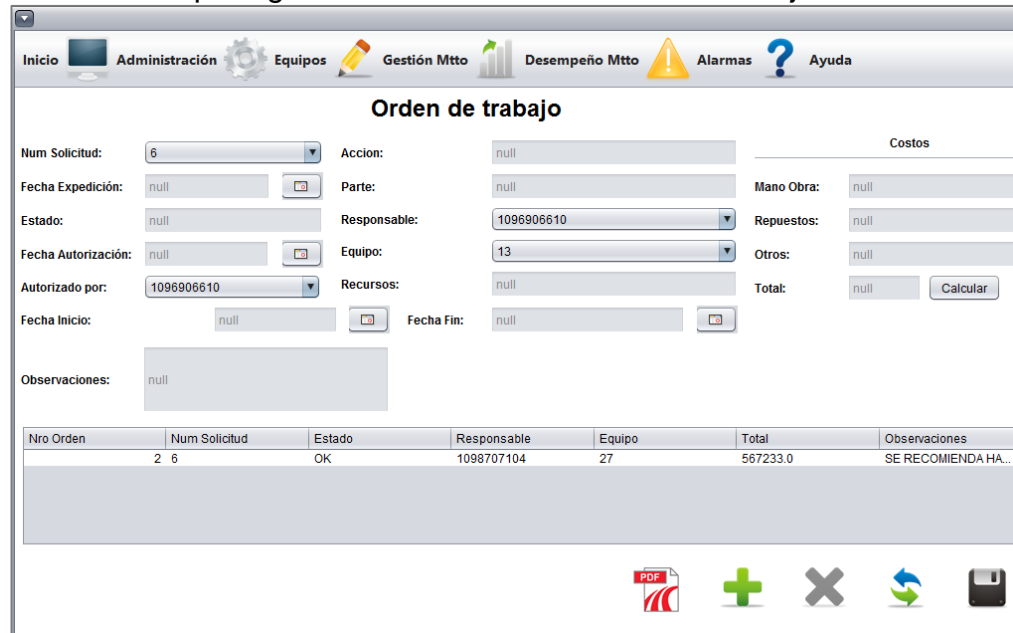
a continuación, se describen el formulario de la pestaña orden de trabajo. Para visualizar una ficha técnica en formato físico da clic en el icono  y realiza la impresión.

Figura 55. Interfaz para generar el formato de orden de trabajo.



Nro Orden	Num Solicitud	Estado	Responsable	Equipo	Total	Observaciones
2	6	OK	1098707104	27	567233.0	SE RECOMIENDA HA...

5.8.5 Módulo Desempeño del Mantenimiento. Éste módulo, permite evaluar la gestión de mantenimiento mediante el cálculo de los siguientes indicadores confiabilidad, disponibilidad, cumplimiento y mantenibilidad en un periodo de tiempo determinado seleccionado por el usuario del sistema de información.

5.8.5.1 Indicador de Disponibilidad. En esta interfaz se ingresa cada uno de los valores solicitados, T_{per} y T_{pp} para que el software resuelva la ecuación (4) se debe usar el botón “Calcular”. El campo del resultado no es editable.

Figura 56. Interfaz Indicador Disponibilidad.

Disponibilidad

Id Equipo: 13
 Fecha: null
 Tper: null
 Tppr: null
 Val Disponibilidad: null

Calcular

Dónde
 TPER: Tiempo promedio entre reparaciones.
 TPP: Tiempo promedio para reparar.

Id Disponibilidad	Id Equipo	Fecha	Tper	Tppr	Val Disponibilidad
2	5656	03-09-2015	25	12	0.6756756756756757
3	3223	05-11-2015	67	43	0.6090909090909091
4	123	05-11-2015	56	21	0.7272727272727273
5	123	07-11-2015	543	323	0.6270207852193995
6	41	03-12-2015	121	10	0.9236641221374046

5.8.5.2 Indicador de Confiabilidad.

Figura 57. Interfaz Indicador de confiabilidad.

Confiabilidad

Id Equipo: 13
 Fecha: null
 Cho: null
 Nf: null
 Tppf: null

Calcular

Dónde
 TPPF: Tiempo promedio para fallar.
 CHO: Cantidad de horas de operación
 NTF: Número total de fallas.

Id Confiabilidad	Id Equipo	Fecha	Cho	Nf	Tppf
1	5656	05-09-2015	10	8	1.25
2	5656	03-09-2015	25	14	1.7857142857142858

5.8.5.3 Indicador de Mantenibilidad.

Figura 58. Interfaz Indicador de mantenibilidad.

Mantenibilidad

Id Equipo: 13 Dónde

Fecha: null TFS: Sumatoria de tiempo fuera de servicio.

Tfs: null PNP: Paradas no programadas.

Pnp: null

Valor Tppf: null calcular

Id Mantenibilidad	Id Equipo	Fecha	Tfs	Pnp	Valor Tppf
1	nuevoEquipo	06-04-2015	3	2	1
2	nuevo	01-04-2015	10	3	3.3333333333333335
3	MAG-ECP-02	02-04-2015	6	5	1.2

5.8.5.4 Indicador de Cumplimiento. Este índice Mide el grado de acierto de la planificación con el fin con controlar la ejecución de las actividades programadas para el mantenimiento y verificar así el cumplimiento de las acciones que el taller de mantenimiento realiza en la empresa (ver figura 59). El indicador o índice de gestión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Cumplimiento = \frac{\text{Total de ordenes de trabajo realizadas}}{\text{Total de ordenes de trabajo generadas}} \quad (12)$$

5.8.6 Módulo de Alarmas. El sistema de información cuenta con un módulo de alarmas que tiene el objetivo de dar datos cronológicos regresivos para mostrar los plazos para cumplir con actividades de mantenimiento programadas, ya sean por

órdenes de trabajo debido a mantenimiento correctivo o por rutinas establecidas en el programa de mantenimiento.

Figura 59. Indicador de cumplimiento.

The screenshot shows a software window titled "Cumplimiento". The menu bar includes "Inicio", "Administración", "Equipos", "Gestión Mtto", "Desempeño Mtto", "Alarmas", and "Ayuda". The main area contains a form with the following fields:

- Id Equipo: 13
- Fecha: null
- Ot Realizada: null
- Ot Generada: null
- Val Cumplimiento: null

There is a "Calcular" button and a "Dónde OT: Orden de trabajo" label. Below the form is a table with the following data:

Id Cumplimiento	Equipo	Fecha	Ot Realizada	Ot Generada	Val Cumplimiento
1	5656	04-09-2015	1230	1201	1.0241465445462115

At the bottom right, there are icons for adding (+), deleting (X), refreshing, and saving.

5.8.6.1 Crear Alarma. Para crear una alarma se selecciona la opción de *nueva rutina*, allí se ubica el código del equipo y el nombre de la rutina, al ingresar la rutina por este método el sistema de manera predeterminada clasifica esta alarma como una alarma de tipo preventivo, y allí se podrá ingresar el periodo con el que esta se repetirá. (ver figura 60).

Si se ingresa una orden de trabajo en el módulo de gestión del mantenimiento, esta alarma no tendrá preciosidad y aparece en las alarmas como una actividad pendiente hasta que se dé por finalizada en el módulo de gestión.

6. ANÁLISIS DE COSTOS Y EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO

Una de las maneras para poder medir la eficiencia del mantenimiento, es por medio de la evaluación de los costos del mismo. Estos resultados pueden dar una idea del buen uso de los recursos que se disponen para el mantenimiento. En general se puede decir que los costos directos del mantenimiento se basan básicamente en tres aspectos:

- Mano de obra interna.
- Materiales empleados en la ejecución del mantenimiento.
- Contratistas encargados de realizar labores externas especializadas.

6.1 ANÁLISIS DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO

Se realizó un análisis de costos de mantenimiento en la empresa Metalizadora del Oriente Ltda. en base a datos financieros tomados durante los años 2009 al 2014. Para el cálculo de los costos del mantenimiento se tienen en cuenta los siguientes aspectos: personal de mantenimiento de la empresa, los materiales consumibles (el valor utilizado en este caso es un valor estimado) y por último se encuentran el costo de contratos.

- El costo del mantenimiento anual se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Costo mantenimiento}}{\text{Año}} = \$\text{mano de obra interna} + \$\text{materiales} + \$\text{contratos} \quad (13)$$

- El costo de mano de obra interna se calcula con la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Costo mano de obra interna:}}{\text{Año}} = HH * \$HH * N^{\circ} \text{Trabajadores} * \text{Factor semestre} \quad (14)$$

El costo de Hora Hombre que se maneja en la empresa es de \$99.200.

El costo de materiales consumibles se calcula con aquellos materiales que se utilizan de forma continua, como Aceites, lubricantes, filtros de aire, material eléctrico, entre otros.

Tabla 43. Materiales Consumibles por el equipo.

costo total materiales/equipo en el año	
materiales indirectos	\$ 600.000
refrigerante-taladrina	\$ 100.000
aceite lubricante	\$ 570.000
bombillos-pulsadores	\$ 50.000
lavado de partes	\$ 100.000
\$ total material/año	\$ 1.420.000

Para el costo de contrato se tiene en cuenta el costo de contratos para las tareas de mantenimiento de años anteriores de los diferentes equipos y se toma un valor estimado para el costo de contratos de este año para cada equipo. (Ver tabla 44 y 45).

Tabla 44. Costos Generales de Mantenimiento.

COSTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO	
Personal de Mantenimiento	\$126.678.400
Materiales consumibles	\$46.860.000
Contratos	\$55.500.000,00
Costo total de mantenimiento	\$229.038.400

Tabla 45. Costos Generales de Mantenimiento.

EQUIPO	COSTO SIN MANTENIMIENTO	MANO DE OBRA INTERNA					MATERIALES CONSUMIBLES	RECURSO CONTRATADO \$ RC	\$TOTAL COSTO DE MANTENIMIENTO
		HH	\$HH	Frecuencia	Factor	\$TOTAL MI			
MEC-TP-01	\$ 95.000.000	60	\$ 99.200	Semestral	2	\$ 11.904.000	\$ 1.420.000	\$ 4.560.000	\$ 17.884.000
MEC-TP-08	\$ 75.000.000	55	\$ 99.200	Semestral	2	\$ 10.912.000	\$ 1.420.000	\$ 4.260.000	\$ 16.592.000
MEC-FU-01	\$ 100.000.000	58	\$ 99.200	Semestral	2	\$ 11.507.200	\$ 1.420.000	\$ 5.440.000	\$ 18.367.200
MPG-AL-01	\$ 180.000.000	76	\$ 99.200	Semestral	2	\$ 15.078.400	\$ 1.420.000	\$ 6.000.000	\$ 22.498.400
MPG-TP-09	\$ 100.000.000	60	\$ 99.200	Semestral	2	\$ 11.904.000	\$ 1.420.000	\$ 3.580.000	\$ 16.904.000
MPG-TP-10	\$ 100.000.000	57	\$ 99.200	Semestral	2	\$ 11.308.800	\$ 1.420.000	\$ 5.760.000	\$ 18.488.800
RTF-SP-01	\$ 60.000.000	18	\$ 99.200	Anual	1	\$ 1.785.600	\$ 1.420.000	\$ 1.560.000	\$ 4.765.600
RTF-CL-01	\$ 75.000.000	25	\$ 99.200	Anual	1	\$ 2.480.000	\$ 1.420.000	\$ 2.720.000	\$ 6.620.000
RTF-CL-03	\$ 75.000.000	20	\$ 99.200	Anual	1	\$ 1.984.000	\$ 1.420.000	\$ 2.320.000	\$ 5.724.000
RTF-BE-01	\$ 84.000.000	35	\$ 99.200	Anual	1	\$ 3.472.000	\$ 1.420.000		\$ 4.892.000
RTF-CL-02	\$ 70.000.000	12	\$ 99.200	Anual	1	\$ 1.190.400	\$ 1.420.000	\$ 2.140.000	\$ 4.750.400
RTF-CL-04	\$ 70.000.000	10	\$ 99.200	Anual	1	\$ 992.000	\$ 1.420.000	\$ 2.350.000	\$ 4.762.000
RTF-AB-01	\$ 70.000.000	8	\$ 99.200	Anual	1	\$ 793.600	\$ 1.420.000	\$ 1.600.000	\$ 3.813.600
RTF-CG-01	\$ 45.000.000	12	\$ 99.200	Semestral	2	\$ 2.380.800	\$ 1.420.000	\$ 1.440.000	\$ 5.240.800
RTF-CG-02	\$ 40.000.000	10	\$ 99.200	Semestral	2	\$ 1.984.000	\$ 1.420.000	\$ 1.200.000	\$ 4.604.000
RTF-EC-01	\$ 25.000.000	3	\$ 99.200	Anual	1	\$ 297.600	\$ 1.420.000	\$ 900.000	\$ 2.617.600
RTF-MT-01	\$ 68.000.000	16	\$ 99.200	Anual	1	\$ 1.587.200	\$ 1.420.000	\$ 1.350.000	\$ 4.357.200
RTF-BL-01	\$ 50.000.000	11	\$ 99.200	Anual	1	\$ 1.091.200	\$ 1.420.000	\$ 1.630.000	\$ 4.141.200
RTF-AV-01	\$ 30.000.000	10	\$ 99.200	Anual	1	\$ 992.000	\$ 1.420.000		\$ 2.412.000
RTF-VL-01	\$ 42.000.000	12	\$ 99.200	Anual	1	\$ 1.190.400	\$ 1.420.000		\$ 2.610.400
MEC-TP-02	\$ 88.000.000	35	\$ 99.200	Anual	1	\$ 3.472.000	\$ 1.420.000	\$ 1.840.000	\$ 6.732.000
MEC-TP-03	\$ 85.000.000	33	\$ 99.200	Semestral	2	\$ 6.547.200	\$ 1.420.000	\$ 950.000	\$ 8.917.200
MEC-TP-04	\$ 87.000.000	30	\$ 99.200	Semestral	2	\$ 5.952.000	\$ 1.420.000		\$ 7.372.000
MEC-TP-05	\$ 75.000.000	37	\$ 99.200	Semestral	1	\$ 3.670.400	\$ 1.420.000	\$ 1.760.000	\$ 6.850.400
MEC-TP-06	\$ 80.000.000	34	\$ 99.200	Anual	1	\$ 3.372.800	\$ 1.420.000		\$ 4.792.800
MEC-TP-07	\$ 85.000.000	39	\$ 99.200	Anual	1	\$ 3.868.800	\$ 1.420.000	\$ 2.140.000	\$ 7.428.800
MEC-TR-01	\$ 25.000.000	8	\$ 99.200	Anual	1	\$ 793.600	\$ 1.420.000		\$ 2.213.600
MEC-TR-02	\$ 25.000.000	9	\$ 99.200	Anual	1	\$ 892.800	\$ 1.420.000		\$ 2.312.800
MEC-TR-03	\$ 25.000.000	7	\$ 99.200	Anual	1	\$ 694.400	\$ 1.420.000		\$ 2.114.400
MEC-CL-01	\$ 20.000.000	10	\$ 99.200	Anual	1	\$ 992.000	\$ 1.420.000		\$ 2.412.000
ENS-HP-01	\$ 140.000.000	8	\$ 99.200	Anual	1	\$ 793.600	\$ 1.420.000		\$ 2.213.600
ENS-EC-01	\$ 25.000.000	4	\$ 99.200	Anual	1	\$ 396.800	\$ 1.420.000		\$ 1.816.800
ENS-EC-02	\$ 25.000.000	4	\$ 99.200	Anual	1	\$ 396.800	\$ 1.420.000		\$ 1.816.800
TOTAL						\$ 126.678.400	\$ 46.860.000	\$ 55.500.000	\$ 229.038.400

6.2 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE EFECTIVIDAD (MEI).

Una forma de poder saber si los equipos generan más pérdidas si no se les realiza tareas de mantenimiento, es haciendo un análisis de la efectividad del mantenimiento planeado. Este método logra hacer decidir qué tipo de máquina puedo planear para realizar tareas de Mantenimiento Preventivo y cuales en definitiva no van en el Plan de Mantenimiento. Para poder hacer este análisis se requiere saber el costo de la máquina y el costo de hacer mantenimiento. El valor MEI se calcula con la siguiente formula:

$$MEI: \frac{\text{Pérdida de la producción sin mant.} - \text{Pérdida de la producción con mant.}}{\text{Costo de mantenimiento}} \quad (15)$$

- Pérdida de producción de mantenimiento se le asigna un valor ideal de cero, ya que no se conoce este dato.
- Pérdida de la producción sin mantenimiento: Es el costo de la máquina, el cual se puede ver en la tabla 46.
- Cálculo del valor MEI para el Torno paralelo 01 (MEC-TP-01).
- Costo de mantenimiento= \$17.884.000.

Resolviendo la ecuación 15, tenemos:

$$MEI = \frac{\$ 95.000.000 - 0}{\$17.884.000}$$

$$MEI = 5,31$$

Si el valor del MEI es mayor que 1, las tareas de mantenimiento de la máquina generan grandes beneficios por lo tanto deben realizarse ya que generan un beneficio económico para la empresa. Los Costos de Mantenimiento y valores MEI de los equipos de la empresa se encuentran en la siguiente tabla.

Como se puede observar en la tabla 46, el valor de MEI de todos los equipos es mayor que 1, esto demuestra que es altamente beneficioso implementar un mantenimiento preventivo en la empresa, ya que reducirá los costos de mantenimiento y aumentará la confiabilidad y disponibilidad de los activos.

Tabla 46. Costos equipos sin mantenimiento y MEI.

EQUIPO	COSTO SIN MANTENIMIENTO	MEI
MEC-TP-01	\$ 95.000.000	5,31
MEC-TP-08	\$ 75.000.000	4,52
MEC-FU-01	\$ 100.000.000	5,44
MPG-AL-01	\$ 180.000.000	8,00
MPG-TP-09	\$ 100.000.000	5,92
MPG-TP-10	\$ 100.000.000	5,41
RTF-SP-01	\$ 60.000.000	12,59
RTF-CL-01	\$ 75.000.000	11,33
RTF-CL-03	\$ 75.000.000	13,10
RTF-BE-01	\$ 84.000.000	17,17
RTF-CL-02	\$ 70.000.000	14,74
RTF-CL-04	\$ 70.000.000	14,70
RTF-AB-01	\$ 70.000.000	18,36
RTF-CG-01	\$ 45.000.000	8,59
RTF-CG-02	\$ 40.000.000	8,69
RTF-EC-01	\$ 25.000.000	9,55
RTF-MT-01	\$ 68.000.000	15,61
RTF-BL-01	\$ 50.000.000	12,07
RTF-AV-01	\$ 30.000.000	12,44
RTF-VL-01	\$ 42.000.000	16,09
MEC-TP-02	\$ 88.000.000	13,07
MEC-TP-03	\$ 85.000.000	9,53
MEC-TP-04	\$ 87.000.000	11,80
MEC-TP-05	\$ 75.000.000	10,95
MEC-TP-06	\$ 80.000.000	16,69
MEC-TP-07	\$ 85.000.000	11,44
MEC-TR-01	\$ 25.000.000	11,29
MEC-TR-02	\$ 25.000.000	10,81
MEC-TR-03	\$ 25.000.000	11,82
MEC-CL-01	\$ 20.000.000	8,29
ENS-HP-01	\$ 140.000.000	63,25
ENS-EC-01	\$ 25.000.000	13,76
ENS-EC-02	\$ 25.000.000	13,76

7. CONCLUSIONES

- Se pudo cumplir con el objetivo principal planteado para este proyecto de grado, con la elaboración e implementación de un sistema de información para la administración del mantenimiento.
- La empresa Metalizadora del oriente Ltda., permitió y apoyó las actividades necesarias para los análisis realizados y anteriormente citados, con el fin de comenzar a elaborar estrategias que mejoren la gestión en el mantenimiento.
- Se realizaron análisis de criticidad y Pareto para identificar equipos críticos, y de los cuales se centraban los análisis de mantenimiento creando un importante punto de partida para tomar decisiones en este aspecto y posteriormente se ingresó en el sistema de información, para empezar a efectuar alarmas en el módulo de gestión.
- Se realizó un programa de mantenimiento preventivo para los equipos críticos basados en análisis de modos y efectos de fallas, recomendaciones del fabricante y del personal operativo y de mantenimiento.
- Se realizó un sistema de información con base a la necesidad de una herramienta para administrar de manera eficaz todo lo relacionado al mantenimiento en la empresa.
- El sistema de información es un aplicativo con una interfaz que espera facilite su uso; se programó en lenguaje java y su base de datos maneja un lenguaje SQL, y es administrada por el software MySQL.

- Se hizo entrega a la empresa del sistema totalmente instalado, además se realizó una capacitación a personal encargado y se entregó un manual de usuario.
- Se hizo un periodo de implementación para hacer posibles mejoras y ver que se pueda adaptar a las dinámicas productivas de la empresa por medio del personal encargado.
- Para que la empresa y el sector productivo en general, se beneficien de trabajos académicos investigativos dentro sus organizaciones deben reconocer la importancia de estos resultados y comprometerse a la implementación de herramientas que contribuyan a la solución de las problemáticas allí tratadas.
- El mantenimiento es prioridad para una empresa de producción que utiliza equipos de índole mecánica, y eléctrica, si este sector de producción no reconoce esta situación no podrán explotar al máximo sus activos ni esperar que su producción sea más eficiente.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa Metalizadora empezar cuanto antes a generar estrategias para fortalecer las políticas y dinámicas al rededor del manteniendo.
- Abrir un espacio físico en la empresa donde se pueda tratar los equipos o parte de los equipos que lo requieran para su mantenimiento.
- Asignar personal propio de la empresa para que se encarguen del mantenimiento, este personal seria el idóneo para usar el sistema de información y reportar indicadores y recomendaciones.
- Abrir un stock de repuestos para agilizar la tarea de mantenimiento, por su situación particular, en la que la empresa fabrica la mayoría de sus piezas de repuesto, se recomienda se fabrique cierto número de piezas de repuesto que tengan alta frecuencia de falla, en un tiempo adecuado, es decir, cuando la máquina que se utilice no tenga trabajo pendiente.

BIBLIOGRAFIA

BORRAS PINILLA, Carlos. Ingeniería de Mantenimiento Materia Docente. Escuela de Ingeniería Mecánica. UIS. Bucaramanga Junio 2013.

COHEN KAREN, Daniel y ASÍN LARES, Enrique. Sistemas de Información para los Negocios un Enfoque de Toma de Decisiones. 3 ed. México. McGraw-Hill. 2000. 413 p.

DE LA OSSA GONZALES, Carlos Alberto y GÓMEZ GUARÍN, Julián Camilo. Desarrollo de un programa para el cálculo de la confiabilidad operacional de activos basado en distribuciones estadísticas Weibull. Trabajo de grado Ingeniería Mecánica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, 2014, 135 p.

ELMASRI, Ramez y NAVATHE Shamkant B. Fundamentos de Sistemas de Bases de Datos. 5 ed. Madrid: 2007. Pearson Educación S.A. 1012 p. ISBN: 978-84-7829-085-7

GOMES DE LEÓN, Félix Cesáreo: Tecnología del mantenimiento industrial. Madrid: Universidad de Murcia, 1998. P22.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Conferencias de ingeniería de mantenimiento. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2001

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y montajes. En: Asignatura de mantenimiento y montajes. (2010: Bucaramanga). Lecturas y

diapositivas de la asignatura mantenimiento y montajes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.

GROOVER, Mikel P. Fundamentos de manufactura moderna. Planeacion y control de la producción. Mexico: McGraw-Hill, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. 2004. 8 p.

JOJANES AGUILAR, Luis. Fundamentos de programación. Algoritmos, estructuras de datos y objetos. 3 ed. México: 2003. McGraw Hill. 996 p.

LAUDON, Kenneth y LAUDON, Jane. Sistemas de información gerencial. 12 ed. Mexico: Pearson Educacion, 2012. ISBN 978-607-32-0949-6. 134 p.

Mc LEOD, Raymond. Sistemas de información gerencial. 7 ed. Mexico: Pretionce Hall. 2000. 688 p. ISBN: 970-17-0255-7

MORENO GÓMEZ, Nelson Enrique; RAMÍREZ DÍAZ, Margarita María. Tecnología de grupos aplicada a Metalizadora del Oriente Ltda. Trabajo de grado ingeniero industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de estudios industriales y empresariales. 1994. 30 p.

PARRA MÁRQUEZ, Carlos. CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo Métodos de análisis de criticidad. Nota 5: Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de activos. Ingeman. Departamento de Administración Industrial. Escuela de Ingeniería. Universidad de Sevilla. Septiembre 2012.

SIERRA A. Gabriel Antuán. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrial AVM S.A. Trabajo de grado en modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2004. 196p.

ANEXOS

ANEXO A: CARTA VISTO BUENO DE LA EMPRESA.



ANEXO B: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

(El anexo se encuentra en el CD adjunto)

ANEXO C: Manual del usuario del sistema de información

(El anexo se encuentra en el CD adjunto)