

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA VAL LTDA.

DANIEL DÍAZ URIBE

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

2016

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA VAL LTDA.

DANIEL DÍAZ URIBE

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Director

CARLOS BORRAS PINILLA

Ingeniero Mecánico, Ph.D

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

2016

DEDICATORIA

LA GLORIA Y LA HONRA SEAN PARA CRISTO.

A DIOS LUZ DEL UNIVERSO POR FORJAR MI CONOCIMIENTO.

A MIS PADRES DANIEL Y AMPARO POR SU APOYO Y AMOR INCONDICIONAL.

A MIS HIJOS QUE FUERON EL MOTOR PARA LLENARME DE MOTIVACIÓN.

A MIS HERMANOS JONATHAN Y SHIRLEY POR SU APRECIO Y AYUDA.

*A MI ESPOSA NARLYN POR SU DEDICACIÓN Y ESFUERZO DURANTE ESTOS
AÑOS.*

A MI SUEGRA MARÍA CRISTINA POR SU APOYO Y COLABORACIÓN.

*A MIS AMIGOS ALEJANDRO, GUSTAVO, EDWAR, POR SUS CONSEJOS
DURANTE TODOS ESTOS AÑOS.*

AGRADECIMIENTOS

*A DIOS ENERGÍA CREADORA POR LLENARME DE LUZ Y SALUD EN ESTE
LARGO CAMINO.*

*A LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y A LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER POR LOS CONOCIMIENTOS BRINDADOS.*

*A CARLOS BORRAS PINILLA DIRECTOR DE PROYECTO, POR SU
ORIENTACIÓN, CONFIANZA Y COLABORACIÓN EN LA REALIZACIÓN DE
ESTE TRABAJO DE GRADO.*

*A LA EMPRESA VAL LTDA., POR TODA SU COLABORACIÓN Y HABERME
PERMITIDO REALIZAR EL PROYECTO DE GRADO EN SUS INSTALACIONES.*

*A GEOVANY VESGA TOLOZA, GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA VAL
LTDA. POR SU ORIENTACIÓN Y COLABORACIÓN.*

*A GABRIEL USCATEGUI, ENCARGADO DE LAS LABORES DE
MANTENIMIENTO DE VAL LTDA., POR SUS CONSEJOS Y APORTES EN EL
TRANSCURSO DEL PROYECTO.*

*A MIS COMPAÑEROS POR BRINDARME DE SUS CONOCIMIENTOS Y
HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.*

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	24
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.1.1 Justificación para solucionar el problema	27
2. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	28
2.1 MÓDULO DE MAQUINAS	29
2.2 MÓDULO DE ÓRDENES DE TRABAJO	29
2.3 MÓDULO INDICADORES DE GESTIÓN	29
2.4 MÓDULO ACCIONES DE MANTENIMIENTO.	30
2.5 MÓDULO EMPRESA.	30
3. OBJETIVOS	31
3.1 OBJETIVO GENERAL	31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
4. SISTEMA DE INFORMACIÓN	33
4.1 LENGUAJE PHP	33
4.2 BASE DE DATOS MySQL	35
5. MARCO TEÓRICO	36
5.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	36

5.2 OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO	37
5.2.1 Evolución Histórica del Mantenimiento	37
5.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	39
5.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	41
5.5 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	42
5.6 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	43
5.6.1. Pasos para Desarrollar un Programa de Mantenimiento Preventivo	44
5.6.1.1. Administración del Plan	45
5.6.1.2. Inventario de las Instalaciones	45
5.6.1.3. Identificación del Equipo	45
5.6.1.4. Registro de las Instalaciones	45
5.6.1.5. Programa Específico de Mantenimiento	46
5.6.1.6. Especificaciones del Trabajo	46
5.6.1.7. Programa de Mantenimiento	46
5.6.1.8. Control del Programa	47
5.6.2. Responsable por el Mantenimiento Preventivo	47
5.7 DEFINICIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	48
5.8 INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	49
5.8.1 Indicadores de Efectividad	49
5.8.1.1 Confiabilidad y Tiempo Promedio para Fallar	50
5.8.1.2 Mantenibilidad y Tiempo Promedio para Reparar	50
5.8.1.3 Disponibilidad	51
5.9 SISTEMA DE INFORMACIÓN	51

6. GENERALIDADES DE VAL LTDA.	53
6.1 RESEÑA HISTÓRICA	54
6.2 ORGANIZACIÓN	54
6.2.1 Declaración de Principios	55
6.3 MISIÓN	55
6.4 VISIÓN	56
6.5 POLÍTICA INTEGRADA DE GESTIÓN	56
6.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	57
6.6.1 Planta de personal operativo	57
6.7 INSTALACIONES Y PROCESO DE PRODUCCIÓN.	58
6.7.1 Unidad de Maquinado o Mecanizado	58
6.7.2 Unidad de Estructuras	58
6.7.3 Unidad de Ensamble y Montaje	59
6.7.4 Unidad de Servicios	59
6.7.5 Sección de almacén	59
6.7.6 Unidad de Fundición	59
6.8 SERVICIOS Y PRODUCTOS OFRECIDOS POR VAL LTDA	60
6.8.1 Servicio de rectificación y mecánica industrial	60
6.8.1.1 Rectificadora de cilindros y bloques	60
6.8.1.2 Rectificadora de cigüeñales	60
6.8.1.3 Rectificadora de asientos y válvulas	61
6.8.1.4 Calibración técnica de culatas	61
6.8.1.5 Circulo de bancadas y bielas	61

6.8.1.6 Rectificadora de superficies y afiladora de herramientas	61
6.8.1.7 Fresadora universal	61
6.8.1.8 Alesadora universal	61
6.8.1.9 Tornos universales	61
6.8.1.10 Tornos de producción	61
6.8.1.11 Rectificadora de cilindros sin centros	62
6.8.1.12 Taladros universales	62
6.8.1.13 Cepillo industrial	62
6.8.1.14 Equipos de soldadura	62
6.8.2 Servicio de reconstrucción de maquinaria pesada	62
6.8.2.1 Locaciones	62
6.8.3 Fundición centrifugada	62
6.8.3.1 Horno de cubilote	62
6.8.3.2 Maquinas centrifugadoras tipo pesado	62
6.8.3.3 Maquinas centrifugadoras tipo liviano	63
6.8.4 Servicios especiales	63
6.9 PRINCIPALES CLIENTES	63
7. DIAGNÓSTICO DE LA FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO EN VAL LTDA.	65
7.1 AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO	65
7.1.1 Proceso de auditoría	66
7.1.1.1 Reconocimiento del lugar	66
7.1.1.2 Entrevistas	66
7.1.1.3 Recolección de datos	67

7.1.1.4 Actividades de un proceso de auditoría	67
7.1.1.5 Compilación y análisis	68
7.1.1.6 Resultados del test de auditoría y su representación grafica	70
7.2 ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS VAL LTDA.	78
7.2.1 Gerencia de mantenimiento	78
7.2.2 Tipo de Mantenimiento	78
7.2.3 Personal de Mantenimiento	79
7.2.4 Soporte Informático	79
7.2.5 Documentación Técnica	79
7.2.6 Inventario de máquinas	80
8. CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS	81
8.1 CÓDIGO DE ÁREA DE PRODUCCIÓN	82
8.2 CLASE DE EQUIPO	82
8.3 NUMERO CONSECUTIVO	84
8.4 INVENTARIO DE MAQUINAS Y EQUIPOS	84
8.5 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS	87
8.5.1 Aplicación de análisis de criticidad para las áreas de mecanizado, soldadura y fundición de la empresa Val Ltda	88
8.5.1.1 Método de factores ponderados basados en el concepto de riesgo	88
8.5.2 Resultados del Análisis de criticidad	94
8.5.2.1 Resultados área de mecanizado	94
8.5.2.2 Resultado Área de Estructuras	96
8.5.2.3 Resultado Área de Banco, Suministros, Equipos de Transporte y Almacén de Herramientas	98

8.5.2.4 Resultado área de Fundición	99
8.6 DISEÑO DE LA DOCUMENTACIÓN PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	101
8.6.1 Ficha Técnica	101
8.6.2 Hoja de vida	104
8.6.3 Orden de Trabajo	105
9. ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	106
9.1 ÁREA DE MECANIZADO	109
9.1.1 Tornos paralelos	109
9.1.1.1 Mantenimiento diario	111
9.1.1.2 Mantenimiento semanal	112
9.1.1.3 Mantenimiento trimestral	112
9.1.1.4 Mantenimiento semestral	114
9.1.1.5 cada 3000 horas de operación	115
9.1.1.6 Mantenimiento anual	115
9.1.2 Fresadoras	117
9.1.2.1 Mantenimiento diario	117
9.1.2.2 Mantenimiento semanal	118
9.1.2.3 Mantenimiento trimestral	118
9.1.2.4 Mantenimiento semestral	120
9.1.2.5 Cada 3000 horas de refrigeración	121
9.1.2.6 mantenimiento anual	121
9.2 ÁREA DE ESTRUCTURAS	123

9.2.1 Soldador de arco	123
9.2.1.1 Mantenimiento diario	123
9.2.1.2 Mantenimiento trimestral	124
9.2.1.3 Mantenimiento semestral	124
9.2.2.4 Mantenimiento anual	124
9.3 ÁREA DE SUMINISTROS	126
9.3.1 Compresores	126
9.3.1.1 Mantenimiento preventivo	127
9.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO DE VAL LTDA.	129
9.4.1 Lenguaje de programación PHP	130
9.4.1.1 Características de PHP	131
9.4.2 Análisis detallado de los módulos del sistema de información	132
9.4.2.1 Ingreso al sistema de información.	133
9.4.2.2 Pantalla de inicio	134
9.4.2.3 Interfaz de los módulos	135
10. VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	147
10.1 COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	148
10.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	149
10.2.1 Valor actual neto (VAN)	151
10.2.2 Tasa interna de retorno (TIR)	152
10.2.3 Plazo de recuperación de la inversión (PAY-BACK)	153

10.2.4 Resultados del análisis económico	154
11. CONCLUSIONES	157
12. RECOMENDACIONES	160
BIBLIOGRAFÍA	161
ANEXOS	163

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Empresa VAL LTDA.	25
Figura 2. Esquema de Módulos de información	30
Figura 3. Función del lenguaje PHP	34
Figura 4. Esquema básico de un sitio web soportado por bases de datos	35
Figura 5. Logotipo de la empresa VAL LTDA	53
Figura 6. Mapa Ubicación de la empresa VAL LTDA	54
Figura 7. Organigrama	57
Figura 8. Infraestructura VAL LTDA	58
Figura 9. Instalaciones VAL LTDA	59
Figura 10. Actividades de Auditoría	68
Figura 11. Grafico Resultado Auditoria	72
Figura 12. Codificación de Maquinas	82
Figura 13. Matriz de Criticidad	91
Figura 14. Matriz de criticidad Torno paralelo COLCHESTER MASCOT 1600	94
Figura 15. Matriz de Criticidad de Área de Mecanizado	96
Figura 16. Matriz de Criticidad de Área de Estructuras	97
Figura 17. Matriz de criticidad Área de Banco, Suministro, Equipos de transporte y Almacén de Herramientas	99
Figura 18. Matriz de criticidad de Área de Fundición	100
Figura 19. Equipos Críticos	100
Figura 20. Principales partes de un torno paralelo	110
Figura 21. Soldador de arco	123
Figura 22. Compresor de área de suministro	126
Figura 23. Diagrama de flujo del sistema de información	132

Figura 24. Entrada al sistema de información	133
Figura 25. Pantalla Usuario-Administrador	134
Figura 26. Pantalla de Inicio	135
Figura 27. Módulos del sistema de información	136
Figura 28. Diagrama de flujo del módulo de maquinas	136
Figura 29. Módulo de equipos	137
Figura 30. Descarga de archivos	138
Figura 31. Subir archivos	138
Figura 32. Diagrama de flujo del módulo ordenes de trabajo (OT)	139
Figura 33. Módulo ordenes de trabajo	140
Figura 34. Orden de trabajo pendiente	140
Figura 35. Diagrama de flujo del módulo indicadores	141
Figura 36. Módulo indicadores de gestión	142
Figura 37. Pantalla indicadores de gestión	142
Figura 38. Cálculo y graficas de los indicadores de gestión	143
Figura 39. Diagrama de flujo del módulo acciones de mantenimiento	144
Figura 40. Módulo acciones de mantenimiento.	145
Figura 41. Diagrama de flujo del módulo empresa	145
Figura 42. Módulo empresa	146
Figura 43. Departamento de mantenimiento propuesto	149
Figura 44. Análisis de costos	151
Figura 45. Tiempo de retorno de la inversión	156

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Auditoria Mantenimiento	69
Tabla 2. Resultados Auditoria VAL LTDA.	71
Tabla 3. Auditoria	73
Tabla 4. Código de Área de Producción	82
Tabla 5. Código de Equipos	83
Tabla 6. Inventario de Equipos	84
Tabla 7. Factores Ponderados	89
Tabla 8. Formato para el análisis de criticidad	92
Tabla 9. Análisis de criticidad Torno paralelo COLCHESTER MASCOT 1600	93
Tabla 10. Resultado del Análisis de criticidad Área de mecanizado	94
Tabla 11. Resultado de Análisis de Criticidad Área de Estructuras	96
Tabla 12. Resultado de análisis de criticidad Área de Banco, Suministro, Equipos de transporte y Almacén de Herramientas	98
Tabla 13. Resultado de análisis de criticidad Área de fundición	99
Tabla 14. Ficha Técnica	103
Tabla 15. Formato Hoja de vida	104
Tabla 16. Formato Orden de trabajo	105
Tabla 17. Inspección mecánica Tornos paralelos	112
Tabla 18. Inspección eléctrica Tornos paralelos	114
Tabla 19. Cronograma de mantenimiento preventivo Tornos paralelos	116
Tabla 20. Inspección mecánica Fresadoras	118
Tabla 21. Inspección eléctrica Fresadoras	120
Tabla 22. Cronograma de mantenimiento preventivo Fresadoras	122
Tabla 23. Cronograma de mantenimiento preventivo Equipo de soldadura por arco	125

Tabla 24. Cronograma de mantenimiento preventivo Compresores	128
Tabla 25. Clasificación de los costos de mantenimiento	147
Tabla 26. Costos de mantenimiento correctivo VAL LTDA	148
Tabla 27. Inversión para la implementación del departamento de mantenimiento	149
Tabla 28. Resultado del análisis de inversión	155

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Tiempo Promedio de fallo	50
Ecuación 2. Tiempo Promedio para Reparar	51
Ecuación 3. Disponibilidad	51
Ecuación 4. Criticidad Total	90
Ecuación 5. Consecuencia	90
Ecuación 6. Valor actual neto	151
Ecuación 7. Tasa interna de retorno (TIR)	153
Ecuación 8. Plazo de recuperación de la inversión	153

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Base de Datos.....	164

GLOSARIO

MANTENIMIENTO: Actividad científica cuyo desarrollo permite la más alta disponibilidad con calidad y mantenibilidad de todos los activos.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Consiste en la inspección, periódica y armónicamente coordinada, de los elementos propensos a fallas y la corrección antes de que esto ocurra.

CONFIABILIDAD: La confiabilidad puede definirse como la probabilidad de que un equipo no falle en servicio durante un período de tiempo dado.

DISPONIBILIDAD: Es la capacidad del equipo para llevar a cabo con éxito la función requerida en un elemento específico o durante un período de tiempo específico.

HOJA DE VIDA: Hoja de identificación del equipo. Contiene las especificaciones del equipo como los datos del fabricante, año de fabricación entre otros.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD: Es una técnica que permite jerarquizar instalaciones, sistemas y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función.

VIDA ÚTIL: Lapso de tiempo en el cual se puede esperar que el elemento se comporte eficientemente exento de fallas imprevistas.

RESUMEN

TITULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA VAL LTDA.

AUTOR: DANIEL DIAZ URIBE**

PALABRAS CLAVE: Mantenimiento preventivo, Criticidad de Equipos, Sistema de Información.

DESCRIPCIÓN:

La presente tesis describe la elaboración e implementación del programa de mantenimiento preventivo enfocado en los equipos críticos que intervienen en el proceso de producción de la empresa VAL LTDA. Esta tiene como objetivo garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos de las áreas de mecanizado, soldadura y fundición de la empresa, de una manera eficiente y segura.

El proyecto inicio con la investigación y el análisis de los aspectos relacionados con la actividad industrial y los procedimientos pertinentes al mantenimiento de la empresa, con el fin de generar un diagnóstico de la gestión del mantenimiento, luego se realizó un inventario y codificación de equipos, para posteriormente realizar un análisis de criticidad de los equipos, con el fin de priorizar las máquinas y equipos de mayor uso y de mayor importancia para la producción de la empresa. Con base en los equipos críticos se diseñó el programa de mantenimiento preventivo que está conformado por el mantenimiento autónomo, las inspecciones periódicas programadas, las actividades de lubricación por equipo; basado en los manuales del fabricante y la experiencia de los operarios.

Finalmente se desarrolló e implementó el sistema de información, ajustado a las necesidades de la empresa VAL LTDA., de fácil manejo y acorde con las herramientas de hardware existentes, que garantiza la mejora en la gestión del mantenimiento de la empresa y la optimización de las actividades de mantenimiento. Este sistema de información permite establecer toda la información referente a las máquinas y equipos, con esto podemos hacer un seguimiento y control de las actividades a realizar.

* Trabajo de grado.

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

SUMMARY

TÍTULO: PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR THE COMPANY VAL LTDA*.

AUTHOR: DANIEL DIAZ URIBE **

KEY WORDS: Preventive Maintenance, Equipment Criticality

DESCRIPTION:

This thesis describes the development and implementation of preventive maintenance program focused on critical equipment involved in the production process of the company VAL LTDA. This aims to ensure the availability and operational reliability of the equipment in the areas of machining, welding and foundry company in an efficient and safe manner.

The project started with research and analysis of issues related to industrial activity and the relevant procedures to the maintenance of the company, in order to generate a diagnosis of maintenance management, then an inventory and coding equipment was made, later to make an analysis of criticality of the equipment, in order to prioritize machinery and equipment most used and most important for the production of the company. Based on critical equipment preventive maintenance program that consists of self-designed maintenance, periodic inspections scheduled activities lubrication equipment; based on the manufacturer's manuals and experience of operators.

Finally he developed and implemented the information system, tailored to the needs of the company VAL LTDA., Easy to use and consistent with the tools existing hardware, which guarantees improved maintenance management of the company and optimization maintenance activities. This information system allows for all information relating to machinery and equipment, with this we can monitor and control the activities undertaken.

* Degree Work.

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

INTRODUCCIÓN

Debido a la competitividad en la industria, las empresas se deben comprometer con un mejoramiento continuo que les permita materializar las necesidades de los clientes y así garantizar su competitividad en mercados más exigentes y en constante cambio. Por lo que la empresa VAL LTDA, ha decidido implementar un plan de mantenimiento preventivo con el apoyo de la universidad industrial de Santander por medio de esta tesis de grado que se denomina: “PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA VAL LTDA”.

El mantenimiento en la empresa VAL LTDA se realiza desde sus inicios de manera correctiva, siendo el mismo operario quien interviene en dichos procesos, las rutinas que realiza el operario son registradas de manera sencilla en hojas donde solo se registra los repuestos utilizados y la fecha de la realización de la tarea. Por tal razón se realizó un diagnóstico en las áreas de mecanizado, soldadura y fundición de la empresa, para identificar los factores de mayor importancia en cuanto a la efectividad del mantenimiento. De acuerdo a esto, se implementó un sistema de información para la administración del mantenimiento de manera preventiva el cual contiene toda la información necesaria para su ejecución, además de la capacitación que se realizó en la empresa con el fin de sacar el mejor provecho a éste.

La finalidad que se quiere con esta tesis de grado es implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en criticidad que permita aumentar la vida útil de la maquinaria así como su productividad en la empresa.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

VAL LTDA, Es una empresa especializada en la fabricación de partes automotrices especialmente camisas para motor en fundición centrífuga y en el servicio de rectificación de motores. En el transcurso de los siguientes años hasta la actualidad la empresa ha ampliado sus servicios a la fabricación de partes de metalmecánicas, la reconstrucción de maquinaria industrial, agrícola y equipo de tipo pesado, reparación de bombas hidráulicas, compresores de aire y motores automotrices en general. Actualmente VAL LTDA está ubicada en el área urbana de Bucaramanga, Barrio Girardot en la Calle 24 Carrera 12 Esquina, Zona Industrial y de servicios Metal mecánicos, cuenta con un área de 900 metros cuadrados, distribuidos en cuatro áreas definidas como son: El área de maquinados, rectificación de motores, fundición centrífuga y zona de mantenimiento para maquinaria tipo pesado. La empresa VAL LTDA. Metalmecánica de Colombiana fue constituida en el año de 1991 teniendo como actividad inicial todo lo relacionado con los servicios prestados en la Industria Metalmecánica.

Figura 1. Empresa VAL LTDA.



VAL LTDA ha ido creciendo de manera considerable en los últimos años en el mercado del mecanizado de piezas para la industria en general y procesos de soldadura.; con sus exigentes niveles de calidad basadas en normas Icontec. La empresa no cuenta con un departamento de mantenimiento estructurado y organizado, por lo tanto las operaciones de mantenimiento que se realizan en los equipos son de tipo correctivo en su mayoría, generando así, paradas imprevistas, pérdidas de producción, daños severos en los equipos, además se puede observar que los equipos no tienen una codificación clara ignorando el área de ubicación de la máquina y un orden específico, se posee escasa información técnica, manuales de operación y de mantenimiento.

Se llevó a cabo un test de auditoria de mantenimiento realizada a la empresa, con el fin de tener un diagnostico cuantitativo e identificar las secciones críticas en esta área. Se observa que el control de la actividad, la documentación técnica y los sistemas informáticos arrojan resultados más bajos en el test.

VAL LTDA se ve en la necesidad de contribuir en sus procesos, la agilidad y el buen uso de las máquinas y equipos por medio de un mantenimiento preventivo el cual facilitaría la vida útil de las mismas y a la vez un cambio en el proceso que se lleva la empresa referente al mantenimiento.

Basados en un buen principio del mantenimiento preventivo se llevara un cambio económico en los procesos de mecanizado, ya que se está implementando un mantenimiento correctivo el cual es costoso y generan poca confianza en la empresa. Actualmente la empresa carece de un sistema eficaz de mantenimiento y a la vez de no poseer manuales de inspección de las máquinas.

Se suministrara un sistema de información el cual facilite el manejo de los equipos de mecanizado; para obtener un buen control de los tiempos de mantenimiento de

las máquinas, reduciendo los costos y alargando la vida útil de los componentes del sistema.

Con la implementación de este sistema de información basado en PHP y base de datos MYSQL, se llevara un mejor funcionamiento y usos de los activos de la empresa, dándole competitividad y prestigio en el amplio mercado del mecanizado de partes vinculados a la industria y demás necesidades.

1.1.1 Justificación para solucionar el problema Con la ejecución de un sistema de información para el mantenimiento de los equipos de la empresa VAL LTDA se dará un adecuado control sobre los tiempos de parada de mantenimiento de las máquinas; consecuencia de esto evitará paradas innecesarias reduciendo los costos que cada una de esta implica, de tal forma que esto permita el alargamiento de la vida útil de las máquinas.

Esta herramienta será útil y muy importante en el desarrollo de las actividades de la empresa, y de uso fácil y sencillo para el personal encargado en las tareas del mantenimiento, donde se consignaran todas las actividades correspondientes como son compra de repuestos, características de los equipos, y demás actividades que logren planificar las necesidades de las personas que constituyen la empresa y optimización de los recursos de la misma.

Con la elaboración de la documentación del sistema informativo llevado a cabo en la empresa VAL LTDA, aumentaría la vida útil de las máquinas, y crecería aún más como empresa líder en los servicios de la metalmecánica dándole rentabilidad y posicionándola de una buena forma en el mercado de la industria.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

El plan de mantenimiento para la empresa VAL LTDA es una herramienta de gran ayuda que brinda a la empresa soluciones oportunas y contundentes de gran confianza en la administración y ejecución en los procesos de producción de la empresa, el cual permite desarrollar habilidades y destrezas en el campo industrial al estudiante en la formación de ingeniero mecánico.

Enfocados en los buenos resultados del plan sobre la empresa en cuanto a lo administrativo y lo productivo, se conocerá exactamente cuándo un equipo necesita mantenimiento; para así de esta forma mejorar la calidad y vida útil de las máquinas.

El estado ideal de la maquinaria de la empresa VAL LTDA se obtiene por medio de un buen mantenimiento, el cual se realiza teniendo toda la información técnica de cada uno de los equipos y sus respectivas hojas de vida, así mismo analizando estados de criticidad y diagnosticando soluciones para las posibles fallas que se pueden presentar con el constante uso. Debido a la falta de un programa de mantenimiento el proceso se realiza a mano donde se toma engorroso y probablemente no se realiza el procedimiento adecuado para solución de problemas con un análisis anticipado (mantenimiento preventivo), por tal motivo surge el planteamiento de incorporar a la empresa un sistema de información para el área de mantenimiento de VAL LTDA, el cual permita organizar, programar, alertar, almacenar y modificar las actividades relacionadas con la gestión del mantenimiento.

Una forma de alcanzar excelentes resultados en el mantenimiento a los equipos es la relación que se debe tener en la información de los datos obtenidos y la plataforma de adquisición de datos basados en MySQL.

La plataforma que incorporara los datos de la empresa VAL LTDA, constara de varios posibles módulos adecuados para la satisfacción de las necesidades, estos son los que más se ajustan a ella:

2.1 MÓDULO DE MAQUINAS

Registro del inventario de las máquinas que posee la empresa; información correspondiente a Fichas técnicas, hojas de vida, codificación y fotos de los diferentes equipos y máquinas.

2.2 MÓDULO DE ÓRDENES DE TRABAJO

Genera órdenes de trabajo provenientes de la programación del mantenimiento de la empresa para su solicitud, planeación y control de dicho mantenimiento.

2.3 MÓDULO INDICADORES DE GESTIÓN

Asociado al comportamiento del mantenimiento, a través de variables muy importantes como son la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad determinantes en la calidad y operatividad de la empresa.

2.4 MÓDULO ACCIONES DE MANTENIMIENTO.

Módulo encargado de planificar las acciones de mantenimiento a las respectivas máquinas en el tiempo correspondiente que necesite los equipos para su mantenimiento.

2.5 MÓDULO EMPRESA.

Módulo donde se encuentra ubicada la información sobre los datos generales de la empresa.

Figura 2. Esquema de Módulos de información



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir a los objetivos misionales de la universidad, fortaleciendo el vínculo entre la universidad industrial de Santander y la industria, con el fin de aplicar los conocimientos que se adquieren durante el proceso de formación, dando soluciones a la industria de la metalmecánica y haciendo aportes valiosos al desarrollo socio-económico de la región.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una auditoria de mantenimiento a los activos de la línea de partes automotrices de la empresa VAL LTDA, con el fin de analizar la gestión del mantenimiento.
- Realizar el inventario de los activos pertenecientes a las áreas de mecanizado, soldadura y fundición, codificando los activos, para establecer la información de cada uno de ellos y almacenarla en una base de datos MySQL.
- Realizar un análisis de criticidad con base en factores ponderados a los activos de mecanizado, soldadura y fundición de la empresa VAL LTDA, permitiendo establecer los equipos críticos, mediante críticos y no críticos.
- Crear formatos para el manejo de la información de mantenimiento, los cuales serán:
 - ✓ Hoja de vida de las maquinas

- ✓ Ficha técnica
- ✓ Orden de trabajo

- Implantar el programa maestro de mantenimiento preventivo con planeación detallada para los activos críticos de las áreas de mecanizado, soldadura y fundición de la empresa VAL LTDA.

- Implementar un sistema de información de mantenimiento basado en PHP y base de datos MySQL, que contenga los siguientes módulos:
 - ✓ De Maquinas
 - ✓ Órdenes de Trabajo
 - ✓ Indicadores de Gestión
 - ✓ Acciones de Mantenimiento
 - ✓ Empresa.

- Capacitar al personal de la empresa VAL LTDA para llevar a cabo una correcta utilización del programa de mantenimiento implementado.

4. SISTEMA DE INFORMACIÓN

De acuerdo a los parámetros como facilidad del manejo y uso de la información de la empresa VAL LTDA, se seleccionó el lenguaje PHP Y la base de datos MySQL.

Es una herramienta para la administración del servidor de bases de datos MySQL. Dispone de una interfaz gráfica y es de libre distribución.

Permite realizar todo tipo de operaciones sobre bases de datos:

- Crear, borrar y modificar tablas
- Consultar, insertar, modificar y eliminar datos
- Definir usuarios y asignar permisos
- Realizar copias de seguridad

4.1 LENGUAJE PHP

PHP es un lenguaje de script que se interpreta en el servidor.

Los scripts PHP están incrustados en los documentos HTML y el servidor los interpreta y ejecuta antes de servir las páginas al cliente.

El cliente no ve el código PHP sino los resultados que produce.

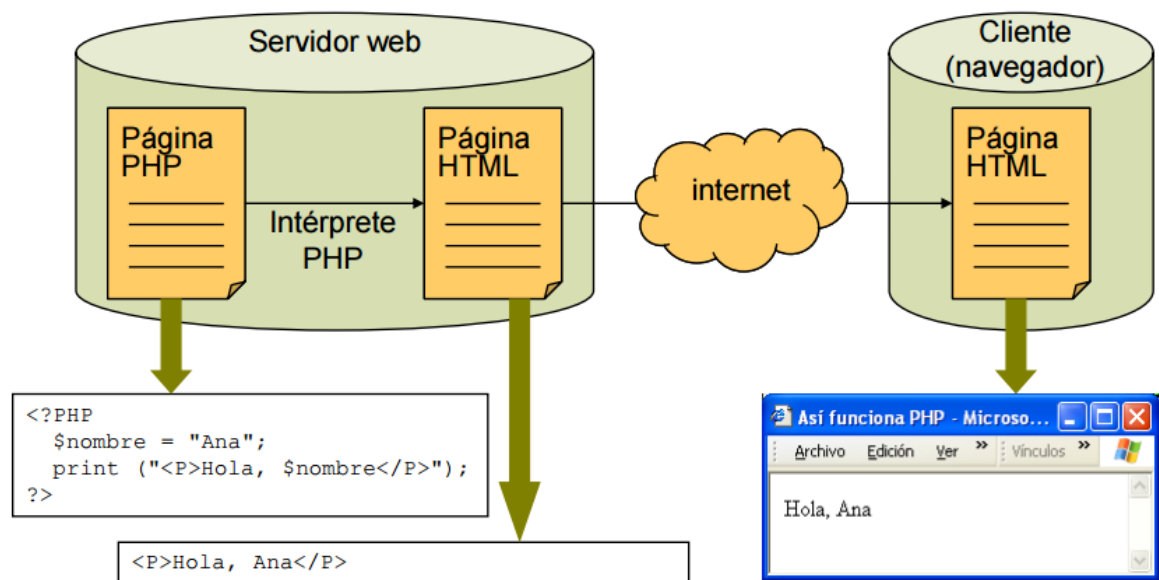
En la figura siguiente se muestra un esquema del funcionamiento de este lenguaje, que consiste en lo siguiente:

Abrimos el navegador, luego introducimos la URL y entramos (introducción de la petición). Cuando esa petición llega al servidor, lo que hace el servidor es procesar el código PHP, en este caso que contiene la página web que queremos visitar.

El código PHP hace una cosa adicional, como por ejemplo crear una conexión con una base de datos (MySQL).

Cuando el código PHP ha sido procesado en el servidor, lo que hace el servidor es respondernos enviándonos Y proporcionándonos un archivo HTML en el que podemos ver la información que nosotros estábamos pidiendo.

Figura 3. Función del lenguaje PHP



Fuente: <http://php.net/manual/es/indexes.functions.php>

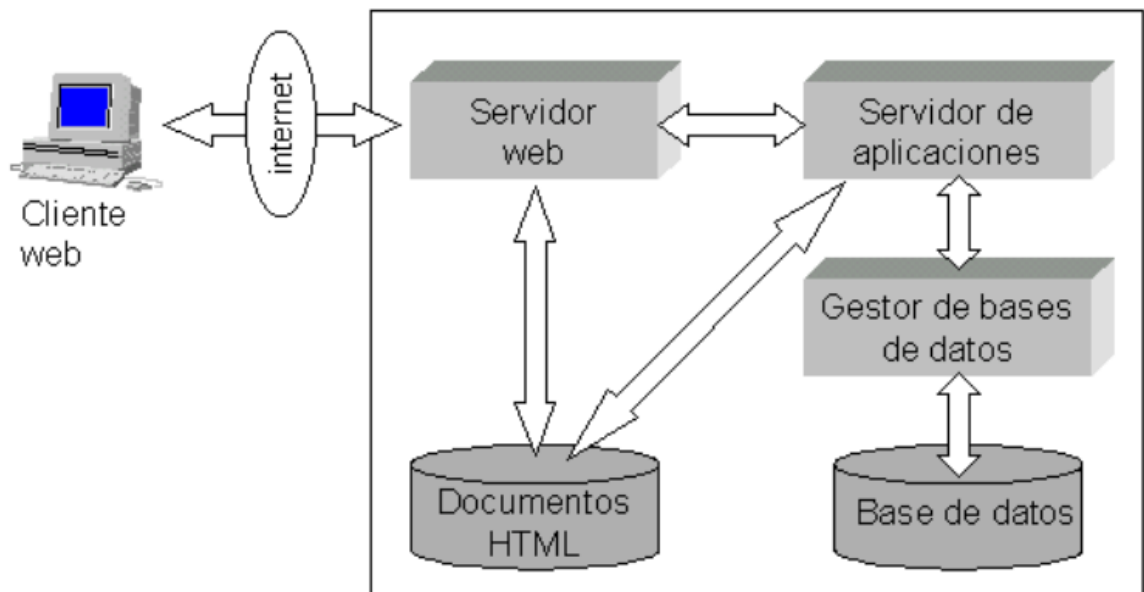
4.2 BASE DE DATOS MySQL

Las bases de datos permiten almacenar de una forma estructurada y eficiente toda la información de un sitio web.

- **Ventajas:**

- ✓ Proporcionar información actualizada
- ✓ Facilitar la realización de búsquedas
- ✓ Disminuir los costes de mantenimiento
- ✓ Implementar sistemas de control de acceso
- ✓ Almacenar preferencias de los usuarios

Figura 4. Esquema básico de un sitio web soportado por bases de datos



Fuente: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/MySQL>

5. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los conceptos y aspectos teóricos acerca del mantenimiento en general con la finalidad de concretar las bases científicas en el desarrollo de este proyecto en búsqueda del objetivo principal de hacer un programa de mantenimiento preventivo para los equipos críticos de la empresa VAL LTDA.

5.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

La European Federation of National Maintenance Societies¹ define mantenimiento como: todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida, cualquier actividad como comprobaciones, mediciones, remplazos, ajustes y reparaciones necesarios para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones.

Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

¹ EUROPEAN FEDERATION OF NATIONAL MAINTENANCE SOCIETIES. Definición de Mantenimiento. Disponible en: <http://www.efnms.org/what-EFNMS-Stand-for/m1312/what-EFNMS-Stand-for.html>

5.2 OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO

El objetivo del mantenimiento es conservar todos los activos que hacen parte del sistema de una empresa directa o indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones y con el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible.

El mantenimiento debe estar encaminado a la permanente consecución de los siguientes objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.

5.2.1 Evolución Histórica del Mantenimiento². Históricamente el mantenimiento ha pasado por diversas concepciones y técnicas entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- **Mantenimiento Accidental:** Los encargados del mantenimiento y propietarios consideraban que lo correcto era operar un equipo hasta que su funcionamiento fuera completamente defectuoso y perdiera toda posibilidad de prestar algún servicio.
- **Mantenimiento Progresivo:** En este tipo de mantenimiento el equipo se subdivide racionalmente para mantenerlo en forma progresiva, con este tipo de mantenimiento se lograba la máxima disponibilidad de la maquina o equipo, pero no se obtenía la máxima vida de sus elementos, ni se lograba la máxima eficiencia, ni existía protección contra fallas prematuras, pues cada elemento se revisaba solo en el momento en que cumplía su periodo establecido.

² GONZALES B. Carlos Ramón. Mantenimiento y montajes Conferencias cap.2 generalidades. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. UIS. 2001

- **Mantenimiento Periódico:** En este tipo de mantenimiento todo el equipo en su conjunto se desarmaba, inspeccionaba y reparaba en forma periódica, cada vez que había cumplido un tiempo calendario, o un tiempo de servicio o producido una cierta cantidad. Esta clase de programas tiene muy poca elasticidad. Dificulta la determinación de la vida útil del equipo y generalmente presenta remplazos prematuros de piezas del equipo, incrementando los costos de mantenimiento.
- **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que se realiza a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas y debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminada a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de los equipos. El mantenimiento preventivo más que una técnica específica de mantenimiento es una filosofía o estado de ánimo que comienza desde el mismo momento en que se diseña el equipo, ya que allí se piensa en la facilidad de mantenimiento y montaje, en la confiabilidad, duración y cuidados de cada una de sus partes.
- **Mantenimiento Predictivo:** El mantenimiento predictivo es aquel que se realiza mediante la utilización de indicadores y/o registradores, con alarma o sin ella, para medir los parámetros fundamentales de funcionamiento óptimo de las máquinas. Estos aparatos de control pueden ser: vibro metros, manómetros, termómetros, termógrafos, niveles de ruido, analizadores de gases, aceites, medidores de espesores, aislamientos eléctricos, etc. El mantenimiento predictivo es el futuro del mantenimiento ya que muchos equipos se están construyendo hoy en día con sensores de diversas clases, que puedan enviar señales a indicadores y registradores cada vez más sofisticados, conectados a microprocesadores.
- **Mantenimiento Productivo:** Cuando en la década de los 80 comienza a hablarse de la excelencia en el proceso productivo, el cambio de mentalidad sobre el control de la calidad, el acaparamiento a través de inventarios y las

discrepancias entre el operador y el mantenedor, se hace imperiosa la necesidad de modificar la estructura, el ambiente y la política de la empresa. En la década de los 80, los japoneses a través de su filosofía del control total de la calidad y la excelencia en la manufactura irradian este influjo sobre el mantenimiento; creando las bases del mantenimiento productivo total, el cual puede definirse por los 5 elementos que lo comprenden:

- ✓ Lograr la máxima efectividad del equipo por medio del Mantenimiento Preventivo económico.
- ✓ Un programa de mantenimiento preventivo para toda la vida del equipo.
- ✓ El mantenimiento es realizado por todas las dependencias de la empresa. Los operarios se encargan de prestar los primeros auxilios. Se acaba el “Yo opero, Tu operas”.
- ✓ Todos los miembros de la organización tienen participación y responsabilidad. Se realiza un programa autónomo por parte de operarios.
- ✓ Se crean pequeños responsables de las actividades del mantenimiento, la existencia de estos grupos hace la diferencia entre Mantenimiento Productivo y Mantenimiento Productivo Total.

5.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo es una intervención necesaria para poder solucionar un defecto o falla ya ocurrida. Es la actividad de reparar averías a medida que estas se van produciendo en máquinas o equipos, el personal encargado de notificar la avería es el mismo operador y el encargado de realizar la reparación es el personal de mantenimiento.

La mayor parte de los ingenieros de mantenimiento están familiarizados con el mantenimiento por avería. Desde luego supone que se permite que el equipo siga en servicio hasta que no pueda desempeñar su función normal y el departamento

de producción se vea obligado a llamar a los ingenieros de mantenimiento no atienden de nuevo el equipo hasta que vuelva a tener algún fallo.

Las actividades del mantenimiento correctivo son:

- Detención del fallo
- Localización del fallo
- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje y Pruebas
- Verificación

Las desventajas:

- Altos tiempos improductivos de los equipos
- Baja confiabilidad
- Bajo nivel de organización
- Tiene gran incidencia en los costos de mantenimiento
- Está basada en intervenciones rápidas y pasajeras

Procedimiento a seguir luego de una avería:

- Realizar una inspección para determinar cuáles piezas han sido afectadas y cuales se necesitan cambiar
- Determinar el tiempo necesario para la reparación total o parcial
- Gestionar repuestos
- Realizar la reparación, ajustar e inspeccionar

5.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Consiste en el análisis de parámetros en funcionamiento cuya evolución permite detectar una falla antes de que esta tenga consecuencias más graves. Consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de las paradas, para así determinar en qué periodo de tiempo, esa falla va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que esa parada no tenga consecuencias graves.

Tipo de actividades técnicas utilizadas sin la interrupción del equipo:

- Análisis de Vibraciones
- Inspección visual
- Inspección Acústica
- Control de Temperaturas
- Control de Lubricantes
- Detención de Perdidas
- Monitoreo de Vibraciones
- Control de Ruidos
- Control de Corrosión
- Tomografía Infrarroja

Técnicas usadas con la interrupción del equipo:

- Chequeo de espesores
- Líquidos y partículas magnéticas
- Análisis metalográficos
- Análisis de aceites
- Chequeo de corrientes y aislamiento
- Monitoreo en la línea de sistemas hidráulicos

Las ventajas son:

- Reduce el tiempo de parada
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento
- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida
- Permite tomar decisiones inmediatas
- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación.

5.5 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

El mantenimiento autónomo es una de las etapas de la preparación de las condiciones de implantación del TPM por parte del comité de implantación. Posteriormente en la etapa de implantación, en la formación del personal en la metodología del TPM es una actividad importante. Esto nos indica que se fija en el principio y se corrige más tarde.

Estas actividades comprenden: metodología de las cinco S, y el mantenimiento autónomo, promoción y soporte total de los siete pasos del mantenimiento autónomo y establecimiento de diagnóstico de habilidades (capacitación y adiestramiento en multi-habilidades) y procedimientos de trabajo.³

El mantenimiento autónomo en siete pasos:

1. Limpieza Inicial.
2. Proponer medidas y señalar las causas y efectos de las basuras y el polvo
3. Estándares de Limpieza y Lubricación
4. Inspección General
5. Inspección Autónoma
6. Organización y Ordenamiento

³ Mantenimiento Planificado [en línea] Disponible en: <http://www.mantenimientoplanificado.com/>

7. Término de la implantación del mantenimiento autónomo.

5.6 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 a cabo un mantenimiento planeado, basado en las inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a falla.

Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema preventivo obtiene los siguientes beneficios:

- **Seguridad.** Las obras e instalaciones sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad puesto que se conoce mejor su estado físico y condiciones de funcionamiento u operación.
- **Vida útil.** Una instalación sujeta a mantenimiento preventivo tiene una vida útil mucho mayor que la que tendría con un sistema de mantenimiento correctivo.
- **Costo de reparaciones.** Es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo en lugar del correctivo.

- **Inventarios.** Es posible reducir el costo de inventarios empleando el sistema de mantenimiento preventivo, puesto que se determina en forma más precisa los materiales de mayor consumo y se puede prever su uso en el tiempo.
- **Carga de trabajo.** La carga de trabajo para el personal de mantenimiento preventivo es más uniforme que en un sistema de mantenimiento correctivo, por lo que se puede reducir al minimizar las emergencias.
- **Aplicabilidad.** Mientras más complejas sean las instalaciones y más confiabilidad se requiera, mayor será la necesidad del mantenimiento preventivo.
- 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 producción y entregas, primas por accidentes, litigios y desmandas, desmotivación a la calidad y productividad.

5.6.1. Pasos para Desarrollar un Programa de Mantenimiento Preventivo.

Cualquier buen Ingeniero pueda establecer un programa de mantenimiento preventivo con el fin de conservar la planta y equipo a mínimo costo, pero debe aprender desde el principio, a examinar los efectos de todas las fases del programa sobre los costos de manufactura.

El programa de mantenimiento preventivo debe ser hecho sobre medidas: medido y cortado para satisfacer los requerimientos individuales. La razón es clara: no hay dos plantas idénticas en tamaño, edad, localización, equipo y servicios; difieren en organización, políticas de operación; personal. Los problemas de mantenimiento preventivo son diferentes así como los problemas del mantenimiento y no responden al mismo tratamiento.

Esto no quiere decir que no haya parecido entre dos sistemas de mantenimiento preventivo. Lo hay pero se encuentra en objetivo y principios básicos, no en la Ingeniería y el papeleo. En general, para iniciar el establecimiento de un programa de mantenimiento preventivo se pueden tener en cuenta los siguientes pasos:

5.6.1.1. Administración del Plan: El primer paso en el desarrollo de un programa completo de mantenimiento preventivo consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designará a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además de que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan. Después de anunciar el plan y formar la organización necesaria para el mismo, la fuerza de trabajo deberá emprender la tarea de conformar el programa.

5.6.1.2. Inventario de las Instalaciones: El inventario de las instalaciones es una lista de todas las instalaciones, incluyendo todas las piezas, de un sitio. Se elabora con fines de identificación. Se deberá elaborar una hoja de inventario de todo el equipo que muestre la identificación de éste, la descripción de la instalación, su ubicación, tipo y prioridad (importancia).

5.6.1.3. Identificación del Equipo: Es esencial desarrollar un sistema mediante el cual se identifique de manera única a cada equipo de la planta. Se deberá establecer un sistema de códigos que ayude en este proceso de identificación. El código deberá indicar la ubicación, tipo y número de máquina.

5.6.1.4. Registro de las Instalaciones: El registro de las instalaciones es un archivo (electrónico o en papel) que contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Estos datos son los primeros que deben alimentarse al sistema de información de mantenimiento. El registro del equipo (partida) debe incluir el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, fecha de fabricación, número de serie, especificaciones, tamaño,

capacidad, velocidad, peso, energía de servicio, detalles de conexiones, detalles de cimiento, dimensiones generales, tolerancias, número de plano de referencia, número de referencia para los manuales de servicio, intercambiabilidad con otras unidades, etc.

5.6.1.5. Programa Específico de Mantenimiento: Debe elaborarse un programa específico de mantenimiento para cada pieza de equipo dentro del programa general. El programa es una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar en el equipo.

El programa incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, número de referencia del programa, lista detallada de las tareas que se llevarán a cabo (inspecciones, mantenimiento preventivo, reemplazos), frecuencia de cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, tiempo para cada tarea, herramientas especiales que se necesitan, materiales necesarios y detalles acerca de cualquier arreglo de mantenimiento por contrato.

5.6.1.6. Especificaciones del Trabajo: La especificación del trabajo es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento.

La especificación del trabajo deberá indicar el número de identificación de la pieza (equipo), ubicación de la misma, referencia del programa de mantenimiento, número de referencia de especificación del trabajo, frecuencia del trabajo, tipo de técnicos requeridos para el trabajo, detalles de la tarea, componentes que se van a reemplazar, herramientas y equipos especiales necesarios, planos de referencia, y manuales y procedimientos de seguridad a seguir.

5.6.1.7. Programa de Mantenimiento: El programa de mantenimiento es una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos.

Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción. Esta es la etapa en donde se programa de mantenimiento preventivo entra en ejecución.

5.6.1.8. Control del Programa: El programa de mantenimiento preventivo debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estrecha para observar cualquier desviación con respecto al programa.

5.6.2. Responsable por el Mantenimiento Preventivo. Para que los costos de mantenimiento sean mínimos, es preciso que se aplique un criterio de ingeniería competente tanto en la elección de la maquinaria como en la disposición de la misma y en el desarrollo de herramientas eficientes y buenas prácticas de mantenimiento.

Como un campo tan amplio de atender, es necesario que el mantenimiento preventivo este bajo la responsabilidad de un Ingeniero, que a la vez tenga buenos conocimientos técnicos y sea un buen ejecutivo. El Ingeniero de Mantenimiento Preventivo debe tener en cuenta que establecer un programa de mantenimiento toma tiempo y que no debe esperar resultados inmediatos, sin embargo, al cabo de pocos meses verá gradualmente el progreso. El Ingeniero debe tener en cuenta para el éxito del programa de mantenimiento: el tamaño de la planta, la capacidad de los inspectores, mecánicos y ayudantes, adecuada ayuda de oficina y las condiciones presentes de la fábrica y su equipo.

5.7 DEFINICIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD ⁴

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de Criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

El objetivo de un Análisis de Criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. La información recolectada en el estudio podría ser utilizada para:

- Priorizar ordenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos

El Análisis de Criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos: mantenimiento, inspección, materiales, disponibilidad de planta, personal.

⁴ GUERRA BENJUMEA, Jorge Enrique. BEJARANO CARVAJAL, David Antonio. Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Pladesan LTDA. Tesis de Grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. Bucaramanga. 2014. 87p

Los criterios para llevar a cabo este análisis por medio de la expresión riesgo son los siguientes⁵:

- **Frecuencia de Fallas:** Es el número de repeticiones en un periodo de tiempo de una alteración del cumplimiento satisfactorio de un sistema, maquina o pieza.
- **Impacto Operacional:** Porcentaje de producción que se perjudica cuando acontece una falla.
- **Flexibilidad Operacional:** Facilidad que tiene la producción de efectuar un cambio rápido sin recaer en el aumento de costos o perdidas.
- **Costos de Mantenimiento:** Son gastos que implica la labor de mantenimiento, sin incluir los costos producidos por la falla en la producción.
- **Impacto de Seguridad y Medio Ambiente:** Es un diagnostico en donde se observan los inconvenientes que tiene el sistema, maquina o pieza sobre las personas o el ambiente.

5.8 INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

5.8.1 Indicadores de Efectividad. Los indicadores de mantenimiento son utilizados para medir o cuantificar la gestión en las grandes industrias por parte del departamento de mantenimiento en la administración de los equipos y de la empresa en general. Juegan un papel importante en la gerencia y supervisión por parte del departamento de mantenimiento y son aquellos que muestran que tan eficiente es en su proceso la empresa además de la confiabilidad del proceso y la rapidez con que atacan un imprevisto durante la producción.

⁵ VARGAS ACEVEDO, Camilo Andrés, Programa de mantenimiento preventivo para el taller Mayorautos s.a basado en el análisis de criticidad. Universidad Industrial de Santander.UIS.2013.P.50

5.8.1.1 Confiabilidad y Tiempo Promedio para Fallar⁶: La confiabilidad es uno de los principales atributos que determina la efectividad de un equipo o sistema. Se define como la posibilidad de que un equipo o sistema desempeñe satisfactoriamente la función que se requiere de él, bajo condiciones específicas de operación, durante un periodo de tiempo determinado.

Es claro que se debe definir un funcionamiento adecuado o satisfactorio para establecer cuando el equipo entra en falla. El tiempo que tarda en fallar un equipo o sistema, es decir, su “vida”, no se puede determinar con precisión por lo tanto se le designa como una variable aleatoria asignándole una función de probabilidad a la variable aleatoria del tiempo de fallo.

Una medida de hallar de forma indirecta el indicador de confiabilidad del equipo o sistema es el *Tiempo Promedio para Fallar (TPPF)*, que es un valor esperado o medio del tiempo para la variable aleatoria de fallo. Este indicador mide el tiempo promedio capaz de operar el equipo o sistema a capacidad sin interrupciones dentro del periodo considerado.

El tiempo promedio para fallar se calculara como:

Ecuación 1. Tiempo Promedio de fallo

$$TPPF = \frac{CANTIDAD DE HORAS OPERADAS}{NUMERO DE FALLOS}$$

5.8.1.2 Mantenibilidad y Tiempo Promedio para Reparar: El Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Dicho de otra manera, el TPPR mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por una falla, dentro de un periodo de tiempo

⁶ Manual de Indicadores de Mantenimiento. Indicadores de Efectividad. P18.

determinado, y considerando al tiempo de fallo igual al tiempo para reparar. El Tiempo Promedio para Reparar se calculara como:

Ecuación 2. Tiempo Promedio para Reparar

$$TPPR = \frac{CANTIDAD\ DE\ HORAS\ DE\ FALLA}{NUMERO\ DE\ FALLOS}$$

5.8.1.3 Disponibilidad: Se define como la capacidad del equipo o instalación para realizar una función requerida bajo condiciones específicas sobre un periodo de tiempo determinado, asumiendo que los recursos externos requeridos son suministrados. Es un indicador determinístico que traduce los resultados de las acciones de mantenimiento a un índice combinado para un equipo o sistema. Se basa en la pregunta, “¿Está disponible el equipo en condiciones de trabajo cuando se le necesita?”. Se utiliza el análisis de disponibilidad para determinar una solución que permita establecer los requisitos para la confiabilidad y susceptibilidad de mantenimiento. Es útil para determinar cifras significativas del equipo o sistema en si, como las de frecuencia y tipo de ocurrencia de fallos, posibilidad de reparación y análisis de trabajos de mantenimiento.

La disponibilidad se calcula como:

Ecuación 3. Disponibilidad

$$D = \frac{TPPF}{TPPF + TPPR} * 100$$

5.9 SISTEMA DE INFORMACIÓN

Las estrategias, técnicas, operaciones e instrumentos que se utilizan en la Gestión y Operación de Mantenimiento, requieren de una plataforma informática especializada para su adecuada administración. Los datos, la información y su

análisis en tiempo real permiten tomar mejores y más acertadas decisiones en Mantenimiento. La industria de la tecnología de Información es la de más crecimiento y desarrollo, la mayor comercialmente y la de mayor potencial de transformación a personas e industrias. Representa oportunidades de trabajo y mayor competitividad.

El sistema de información en la gestión del mantenimiento industrial sirve para organizar, controlar y administrar la información que se requiere en la gestión del mantenimiento para la toma de decisiones.

Es una herramienta poderosa porque: Documenta la información de los equipos y su localización en la empresa; referente a los manuales de operación, manuales técnicos, planos, diagramas, fotografías, proveedores. Organiza, programa y documenta los planes de gestión del mantenimiento preventivo y correctivo. Documenta el historial de los trabajos realizados y recursos empleados.

6. GENERALIDADES DE VAL LTDA.

VAL LTDA, Es una empresa especializada en la fabricación de partes automotrices especialmente camisas para motor en fundición centrifugada y en el servicio de rectificación de motores. En el transcurso de los siguientes años hasta la actualidad la empresa ha ampliado sus servicios a la fabricación de partes de metalmecánicas, la reconstrucción de maquinaria industrial, agrícola y equipo de tipo pesado, reparación de bombas hidráulicas, compresores de aire y motores automotrices en general. Actualmente VAL LTDA está ubicada en el área urbana de Bucaramanga, Barrio Girardot en la Calle 24 Carrera 12 Esquina, Zona Industrial y de servicios Metal mecánicos, cuenta con un área de 900 metros cuadrados, distribuidos en cuatro áreas definidas como son: El área de maquinados, rectificación de motores, fundición centrifugada y zona de mantenimiento para maquinaria tipo pesado. La empresa VAL LTDA. Metalmecánica de Colombiana fue constituida en el año de 1991 teniendo como actividad inicial todo lo relacionado con los servicios prestados en la Industria Metalmecánica.

Figura 5. Logotipo de la empresa VAL LTDA



Fuente: Val Ltda.

Dirección: Calle 24 N° 12-13 / Bucaramanga (Colombia)

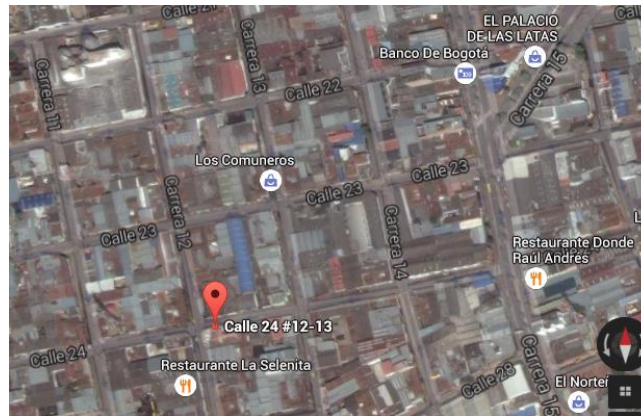
Teléfono: (7) 630-5751 / Fax: (7) 633-7194

Email: giovesga@yahoo.com / zoravet@hotmail.com /

Barrio: Girardot

Web: www.vesgaasociados.com

Figura 6. Mapa Ubicación de la empresa VAL LTDA



Fuente: GUIARTE Satélite población Bucaramanga [en línea] disponible en: http://www.guiarte.com/mapasdestinos/satelite_poblacion_bucaramanga.html

6.1 RESEÑA HISTÓRICA

VESGA ASOCIADOS LTDA. – VAL LTDA se constituye en el año de 1990, posteriormente a la disolución de la sociedad Metalúrgica de Colombia Ltda – METCO (1960 -1992).

6.2 ORGANIZACIÓN

La estructura organizacional de VAL LTDA tiene un número mínimo de niveles administrativos y operativos, los cuales están de acuerdo a la funcionalidad de la empresa e igualmente apoya y estimula el trabajo en equipo para dar mejores resultados.

6.2.1 Declaración de Principios La gerencia de VAL LTDA cree en la calidad y salud ocupacional como un proceso cultural que involucra a todos los miembros de la empresa. El compromiso con la calidad abarca todas las variables de recursos disponibles en VAL LTDA, no se escatima esfuerzo en el aseguramiento de la calidad, por eso, la búsqueda consta de la satisfacción del cliente es responsabilidad de todos en la empresa.

Una de las formas de expresar ese compromiso, es mediante la promoción permanente de la participación de todos los objetivos de la empresa que garantiza también el compromiso de todos con la calidad.

Con una filosofía sostenible de la calidad, se garantiza el saber y la practica en la realización de todos los trabajos y servicios prestados, eso además nos nutre de que cuando llegue un nuevo trabajador, entre inmediatamente al proceso “Calidad”, los hombres son pasajeros y las instituciones quedan, ahí queda en la empresa la cultura de la calidad.

6.3 MISIÓN

Vesga Asociados Ltda. Es una empresa que mediante la producción de bienes y la prestación de servicios al sector metalmecánico y automotriz respectivamente, ha logrado el liderazgo, destacándose entre las más importantes de este rubro de servicios, implementado procesos de mejoramiento continuo, calidad en todos sus procesos y la atención personalizada de sus clientes y a su vez alcanzar el progreso y bienestar de todos los integrantes que conforman nuestra empresa interna y externamente.

6.4 VISIÓN

Vesga asociados Ltda.; se convertirá en corto plazo en el líder del oriente Colombiano como empresa prestadora de servicios integrales al sector automotriz, metalmeccánico y agroindustrial compitiendo no solo con calidad si no con atención especial que merecen tanto los clientes externos como los que conforman nuestro equipo de trabajo.

6.5 POLÍTICA INTEGRADA DE GESTIÓN

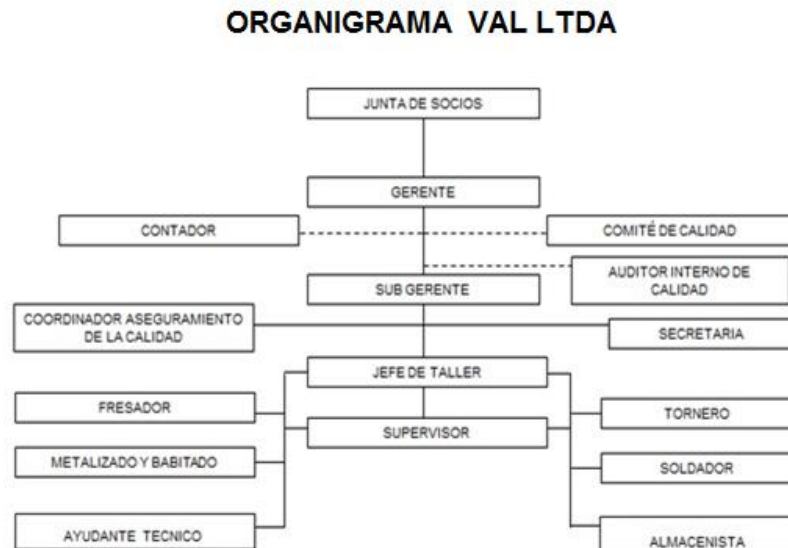
Es responsabilidad y compromiso de VAL LTDA. clasificada en riesgo III; trabajar con funcionalidad y productividad, intimar con el cliente interno y externo para una satisfacción mutua; alcanzar índices competitivos a través del mejoramiento continuo en sus procesos y actividades, en la prevención de lesiones y enfermedades, en la gestión del desempeño en la seguridad y salud ocupacional, y en la prevención de la contaminación ambiental.

Cumplir con la legislación vigente aplicable y otros requisitos que la organización suscriba relacionado con la calidad, los peligros de seguridad y salud ocupacional, y lo relacionado con los aspectos ambientales producto de su actividad económica.

La alta gerencia destina los recursos necesarios para asegurar el cumplimiento de la política del sistema integrado de gestión, su difusión y comunicación a las partes interesadas; esta política es revisada periódicamente para su continua adecuación a las prácticas productivas de la organización; y proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos del sistema de gestión.

6.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Figura 7. Organigrama



Fuente: Val Ltda.

6.6.1 Planta de personal operativo Nuestra empresa cuenta con una planta fija de seis operarios en el área de rectificación, cuatro en el área de maquinados y mecánica industrial, contratistas de servicios de mano de obra en soldadura y fundición de hierro gris, dos empleados en servicios varios, conductor, secretaria y auxiliar contable.

También cuenta con la asesoría internamente de ingenieros mecánicos, metalúrgicos, civiles, eléctricos, tecnólogos electromecánicos y técnicos mecánicos

6.7 INSTALACIONES Y PROCESO DE PRODUCCIÓN.

VAL LTDA., cuenta con una planta física con un área total de 900 metros cuadrados, distribuidos en cuatro áreas definidas como son: el área de maquinados, rectificación de motores, fundición centrifugada y zona de mantenimiento para maquinaria tipo pesado. También está compuesta por una sección de producción; con oficinas en un primer piso para el área administrativa y gerencial; posee una bodega de herramientas y aceros, posee una sección de productos terminados y control de calidad del producto terminado.

Figura 8. Infraestructura VAL LTDA



Fuente: Val Ltda.

Dentro del esquema general de distribución de la empresa VAL LTDA, se encuentran las siguientes unidades de producción:

6.7.1 Unidad de Maquinado o Mecanizado Los equipos que conforman esta área son: tornos, fresadoras, mandriladora, limadora, taladro radial.

6.7.2 Unidad de Estructuras Unidad de producción, donde el objetivo es dar las formas y dimensiones generales a los diseños establecidos en el área de

ingeniería y diseño, por medio de los equipos de corte, de doblado, cilindrado, prensado y de soldadura.

6.7.3 Unidad de Ensamble y Montaje El objetivo principal en esta unidad se orientan a dar un acople y ajuste en piezas o conjuntos que funcionarán como sistema dentro del producto terminado.

6.7.4 Unidad de Servicios Unidad que presta suministro y apoyo a la producción. Estos equipos se encuentran distribuidos a lo largo de la planta de producción como son puente grúas, compresores de aire.

6.7.5 Sección de almacén La empresa dispone de una sección de almacenamiento en la cual se ordenan los insumos, instrumentos de medición y herramientas para la fabricación de maquinaria y repuestos. También se cuenta con área destinada para almacenar los productos terminados.

6.7.6 Unidad de Fundición Unidad que cuenta con un horno de cubilote y maquinas centrifugadoras para servicios de fundición de piezas automotrices

Figura 9. Instalaciones VAL LTDA



6.8 SERVICIOS Y PRODUCTOS OFRECIDOS POR VAL LTDA

- Fundición en hierro gris de piezas y centrifugado de camisas motrices de todo tipo y especiales de pestaña.
- Rectificación de motores de tipo gasolina, diésel y gas.
- Reparación técnica de motores tipo diésel, gasolina y gas.
- Reparación general a compresores de aire y rectificación de compresores de refrigeración.
- Servicio de torno, fresadora, cepillo, taladro radial, rectificadora de superficies etc.
- Fabricación de piezas especiales en todos los materiales para la industria en general.
- Outsourcing para la contratación de mantenimientos generales.
- Mantenimiento preventivo, reconstrucción de piezas y adaptación de mejoras técnicas a maquinaria de tipo pesado.
- Reconstrucción garantizada de partes y piezas deterioradas.
- Servicio de soldaduras especiales (MIG, ARGON AUTOGENA Y ELECTRICA).
- Reconstrucción de cojinetes en babit de motores estacionarios.
- Metalizado de ejes y cilindros hidráulicos.
- Reparación de todo tipo de válvulas de paso (bola, compuerta, etc).

6.8.1 Servicio de rectificación y mecánica industrial

6.8.1.1 Rectificadora de cilindros y bloques Rectifica cilindros desde 2 pulgadas en delante de diámetro, especial para la rectificación de motores automotrices de mercado a gasolina, gas y diésel.

6.8.1.2 Rectificadora de cigüeñales Rectifica cigüeñales de todo tipo hasta 1,60 mts de largo, también rectifica ejes en diferentes materiales.

6.8.1.3 Rectificadora de asientos y válvulas Al servicio de rectificación de culatas de todo tipo y pruebas hidrostáticas.

6.8.1.4 Calibración técnica de culatas Rectificación y calibración de impulsores de válvulas para culatas multi valvulares con especificaciones de fábrica.

6.8.1.5 Circulo de bancadas y bielas Se circulan bancadas y bielas de motores de todo tipo.

6.8.1.6 Rectificadora de superficies y afiladora de herramientas Especial para la rectificación de superficies y de alta precisión como culatas de compresores, monedas de calibración, reglas de alta precisión.

6.8.1.7 Fresadora universal Fabricación de todo tipo de piñonería y maquinado de cuñeros a ejes. Cepillado superficies en todos los materiales.

6.8.1.8 Alesadora universal Rectifica cilindros hasta 30" de diámetro x 80 cms de largo, especial para trabajos de encamisado de cilindros de compresores tipo pesado, cepillado de superficies hasta 1,50 mts de largo.

6.8.1.9 Tornos universales Tenemos al servicio cinco tornos para la fabricación de piezas que requieran el maquinado de roscas, conos y diseños especiales en todos los materiales. Permite volteo de piezas hasta de 25 pulgadas.

6.8.1.10 Tornos de producción Poseemos dos tornos de cilindrado especiales para la fabricación de ejes o camisas de cilindro que no requieran el maquinado de roscas.

6.8.1.11 Rectificadora de cilindros sin centros Rectifica piezas cilíndricas mediante el sistema sin centros utilizando piedras abrasivas de rectificado y arrastre.

6.8.1.12 Taladros universales La empresa cuenta con cuatro taladros desde tipo liviano hasta tipo pesado que permite el maquinado de orificios hasta ocho pulgadas de diámetro.

6.8.1.13 Cepillo industrial Fabricación de cuñeros internos y externos y maquinado de masas y superficies de todo tipo.

6.8.1.14 Equipos de soldadura Soldadura de electrodo, MIG e inoxidable para reconstrucción de partes deterioradas.

6.8.2 Servicio de reconstrucción de maquinaria pesada

6.8.2.1 Locaciones Disponemos de un espacio con grúas especiales, para albergar hasta dos máquinas pesadas tipo retroexcavadora y cargadores, para realizarles servicios de mantenimiento y reconstrucción de partes deterioradas. Contamos con la mano de obra técnica especializada en este tipo de trabajos.

6.8.3 Fundición centrifugada

6.8.3.1 Horno de cubilote Nuestro horno está en la capacidad de fundir piezas cilíndricas centrifugadas en material de hierro gris hasta 350 kilos de peso.

6.8.3.2 Maquinas centrifugadoras tipo pesado Poseemos dos máquinas de centrifugar cilindros en fundición de hierro gris desde 6 pulgadas hasta 25 pulgadas de diámetro hasta 30 pulgadas de largo.

6.8.3.3 Maquinas centrifugadoras tipo liviano Se cuenta con seis máquinas de doble sentido para la centrifugación de cilindros desde 1 y ½ “ hasta 6 “.

6.8.4 Servicios especiales La empresa está en capacidad para suplir la demanda de fabricación de piezas especiales, reconstrucción de partes metalmecánicas en soldadura y maquinados de todo tipo.

6.9 PRINCIPALES CLIENTES

- PRACO DIDACOL S.A.S
- DE WILLIAMS SERVICIOS PARA LA INDUSTRIA BARRANBERMEJA
- CENTRAL MOTOR LTDA. HYUNDAI, KIA.
- CENTRAL MOTOR AMERICA S.A.S FORD
- GASAN S.A.
- TALLERES AUTORIZADOS DISTRIBUIDORA NISSAN BUCARAMANGA
- AUTO FORD INYECCION LTDA.
- RUITOQUE GOLF COUNTRY CLUB S.A.
- FRENOS G.B.C
- SALSAMETARIA SANTANDER SALSAN LTDA.
- COSERAUTO S.A.
- CAMPOLLO S.A.
- AVICOLA EL MADROÑO.
- MAYORAUTOS S.A.
- BRACHO AUTOS S.A.S.
- INVERSAN BIENES RAICES S.A.
- PROMOTORES DEL ORIONTE S.A.
- ICOHARINAS S.A.S
- SANAUTOS S.A.

- J.S SERVIPETROL LTDA.
- EMPRACOL S.A.S
- SURPETROIL S.A.S.

7. DIAGNÓSTICO DE LA FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO EN VAL LTDA.

Para la empresa VAL LTDA, el mantenimiento de sus máquinas es parte fundamental para asegurar la calidad del producto y el cumplimiento de los tiempos de entrega.

La empresa VAL LTDA, no cuenta con un departamento de mantenimiento estructurado y organizado, por lo tanto las operaciones de mantenimiento que se realizan en los equipos son de tipo correctivo en su mayoría, generando así, paradas imprevistas, pérdidas de producción, daños severos en los equipos, además se puede observar que los equipos no tienen una codificación clara ignorando el área de ubicación de la máquina y un orden específico, se posee escasa información técnica, manuales de operación y de mantenimiento.

7.1 AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO

Para tener un concepto claro sobre auditoría debemos definirla como un; Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la Auditoría y Evaluarla de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de la Auditoría.⁷

El objetivo que se persigue al realizar una Auditoría no es juzgar al responsable de mantenimiento, no es cuestionar su forma de trabajo, no es crucificarle: es saber en qué situación se encuentra un departamento de mantenimiento en un momento determinado, identificar puntos de

⁷ Norma técnica colombiana NTC-ISO 19011.

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

Claro está que hay que diferenciar entre Auditorías Técnicas y Auditorías de Gestión. Las primeras tratan de determinar el estado de una instalación. Las segundas, objeto de este artículo, tratan de determinar el grado de excelencia de un departamento de mantenimiento y de su forma de gestionar.

Se dice que es una herramienta de carácter sistemático, porque se debe realizar de una manera lógica y organizada, de tal manera que la información recopilada sea adecuada y suficiente para emitir un informe final. Se trata de realizar una valoración de la gestión de la entidad y realizar una identificación de mejoras. La auditoría no busca culpables, busca la mejora de los procesos y servicios de la Entidad.

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

7.1.1.1 Reconocimiento del lugar Se debe hacer un reconocimiento de las instalaciones (VAL LTDA.) para que el auditor tenga una idea clara de cómo opera el mantenimiento actual de la empresa, lo que debe incluir, los lugares donde se realiza el mantenimiento y el personal involucrado.

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

El desarrollo y solución de las preguntas del test, se realizó con la colaboración del Ingeniero de producción Efraín Vesga Toloza, el técnico de mantenimiento Gabriel Uscategui y el supervisor de la empresa Giovanni Vesga Toloza.

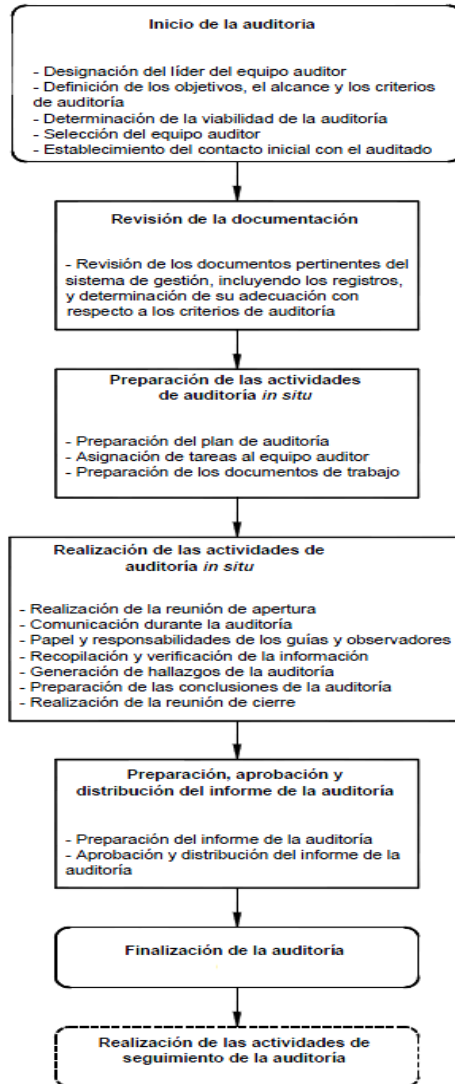
7.1.1.3 Recolección de datos Para este caso la información obtenida representa el inicio de un proceso de mejora en el departamento de mantenimiento (de manera preventiva) debido a que no se cuenta con ningún registro y además los procesos de esta área son netamente correctivos.

7.1.1.4 Actividades de un proceso de auditoría En la norma ISO 19011 se da una estructura sobre las actividades de un proceso de auditoría entre las cuales se encuentran:

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

La siguiente figura muestra una visión global de las actividades típicas de auditoría.

Figura 10. Actividades de Auditoría



Fuente: NTC-ISO 19011

7.1.1.5 Compilación y análisis Luego de recoger toda la información, se llevó a cabo un test de auditoría de mantenimiento, con el fin de tener un diagnóstico cuantitativo e identificar las secciones críticas en esta área. Es de vital importancia mencionar que las opiniones recopiladas variaron un poco de acuerdo a la persona auditada y fue necesario complementarlas, con lo que se obtuvo una idea global en cuanto a las mejoras a realizar.

El test consta de varios ítems, cada uno con un bloque de preguntas que tienen un puntaje establecido según el caso.

Los ítems que se tienen en cuenta para el diagnóstico del área de mantenimiento son los siguientes:

Tabla 1. Auditoria Mantenimiento

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Organización General	<ul style="list-style-type: none"> • Organización y Estructura. • Planificación, Coordinación y Control. • Funciones y Responsabilidades.
Métodos y Sistemas de Trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación. • Métodos y procedimientos. • Preparación. • Clasificación. • Documentación y Archivo.
Control Técnico de Instalaciones y Equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario • Codificación • Hojas de vida • Documentación Clasificada. • Priorización de Actividades
Gestión De Carga De Trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones de Mantenimiento. • Planeación de Trabajo. • Solicitudes de Trabajo
Compra Y Registro De Repuestos Y Equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Stock de Repuestos. • Compra de Equipos y Partes. • Proveedores. • Procedimientos.
Sistemas Informáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Software Especializado
Organización del Taller del Mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Espacio Asignado a las Secciones de la Empresa. • Instrucciones y Protocolos Establecidos • Herramientas, Transporte y Utillaje. • Zonas de inventario.
Herramientas Y Medios De Prueba	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de Herramientas. • Calibración de Herramientas. • Disposición de caja de Herramientas
Documentación Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas Técnicas • Planos

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> • Manuales de Operación y Mantenimiento • Documentación clasificada.
Personal y Formación	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección y control de actividades • Formación • Seguridad y prevención • Entrenamiento.
Contratación	<ul style="list-style-type: none"> • Servicio Empresas Contratistas.
Control de la Actividad	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de mantenimiento preventivo • Informes • Indicadores • Eficiencia • Costos del mantenimiento

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

- [1] Situación Desfavorable.
- [3] Situación Aceptable.
- [5] Situación Muy Favorable.

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

7.1.1.6 Resultados del test de auditoría y su representación grafica Los resultados se encuentran en la siguiente tabla.

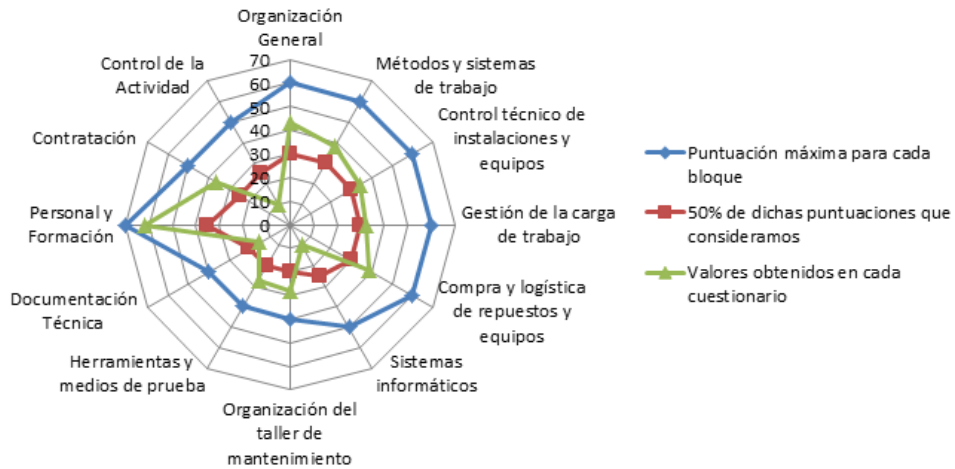
Tabla 2. Resultados Auditoria VAL LTDA.

ÍTEM	RESULTADOS
ORGANIZACIÓN GENERAL	43
MÉTODOS Y SISTEMAS DE TRABAJO.	38
CONTROL TÉCNICO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS	34
GESTIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO	32
COMPRA Y REGISTRO DE REPUESTOS Y EQUIPOS	39
SISTEMAS INFORMÁTICOS	10
ORGANIZACIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO	28
HERRAMIENTAS Y MEDIOS DE PRUEBA	27
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	15
PERSONAL Y FORMACIÓN	62
CONTRATACIÓN	36
CONTROL DE LA ACTIVIDAD	10

Una vez obtenido el puntaje por cada área se procede a realizar un mallado o trama como el representado en la siguiente figura, con el objetivo de tener una visión de lo que sucede y cuáles son los aspectos a mejorar en el área mantenimiento para cada una de las secciones críticas.

El mallado o trama simboliza mediante ejes separados 30°, los doce bloques temáticos abordados. Se indican en cada malla, a escala, las puntuaciones máximas que potencialmente se podrían obtener para cada bloque y, de forma concéntrica, el 50% de dichas puntuaciones que consideramos. Tras ello, vamos reflejando mediante puntos los valores totales obtenidos en cada cuestionario. Aquellos que se encuentren por debajo de la malla del 50% serán temas a alertarnos.

Figura 11. Grafico Resultado Auditoria



En términos generales se puede observar que los sistemas informáticos, el control de la actividad y la documentación técnica arrojan los resultados más bajos en el test. En cuanto a informática, la empresa VAL LTDA no cuenta con un sistema de información que interactúe con el personal operacional.

En cuanto a la documentación técnica, se observó una significativa falta documental asociada a los activos de mecanizado y procesos de soldadura.

Observación: las respuestas entregadas por el personal de la empresa VAL LTDA, están basadas netamente en lo práctico, debido a que la empresa no cuenta con la documentación necesaria que soporte lo dicho.

A continuación se detalla las preguntas llevadas a cabo en la auditoria con su respectivo ítem.

Tabla 3. Auditoria

A. Organización General
1. ¿Está definida por escrito y aprobada, la organización y responsabilidades del departamento del mantenimiento (Organigrama)?
2. ¿Existe un encargado de mantenimiento?
3. ¿El personal encargado de mantenimiento conoce las responsabilidades, limitaciones y obligaciones de su cargo?
4. ¿Está suficientemente dimensionada la estructura de la dirección de mantenimiento y su equipo ++técnico para abordar nuevos procesos de mejora?
5. ¿El taller cuenta con personal certificado y calificado para realizar los mantenimientos?
6. ¿Tiene cada sección y o actividad un presupuesto de funcionamiento y hay seguimientos periódicos de su adecuación a la realidad?
7. ¿Existe un área de planificación y coordinación de trabajos para realizar estudios de mejora y formación?
8. ¿Existe descripciones de las funciones (En el terreno de responsabilidad y en el de iniciativa) para cada uno de los puestos de ejecución?
9. ¿El personal de producción tiene instrucciones para llevar a cabo operaciones de mantenimiento de primer nivel y las ejecutan?
10. ¿Todas operaciones preventivas y correctivas se ejecutan con órdenes de trabajo y aplican adecuadamente las actividades y repuestos?
11. ¿Tiene objetivos claros e indicadores de funcionamiento que sirvan de pauta como resultados del servicio prestado?
12. ¿Hay reuniones periódicas y se realizan seguimientos de niveles de calidad de servicios percibidos por nuestros clientes?
B. Métodos Y Sistemas De Trabajo
1. ¿Disponen de sistema de planificación y preparación de trabajo para intervenciones importantes (cronogramas de actividades y actividades a realizar)?
2. ¿Tiene procedimientos para preparar trabajos, establecer presupuesto y justificar nuevas adquisiciones o proponer nuevas actividades?
3. ¿Disponen ustedes de métodos operativos escritos para los trabajos complejos o delicados?
4. ¿Tienen ustedes un procedimiento por escrito (y aplicado) que defina las autorizaciones de trabajo (consignación, des consignación) para los trabajos que conlleven riesgos?
5. ¿se archivan en los expedientes o historiales de equipos y sistemas los

trabajos de preparación y planificación de grandes intervenciones?
6. ¿Hay acciones que lleven a organizar las máquinas y unidades?
7. ¿Tiene ustedes métodos para estimación de tiempos distintos de la estimación global?
8. ¿utilizan ustedes el método de gratt, para la preparación de trabajos largos, importantes o que necesiten mucha coordinación?
9. Tiene métodos formalizados para hacer las reparaciones y protocolos de pruebas
10. ¿Guardan ustedes la unidades en almacén, hacen que preparar kits (piezas o herramientas) antes de sus intervenciones?
11. Esta el conjunto de la documentación debidamente clasificada y fácilmente accesible
12. ¿Tiene sistemas de priorización de actividades con base en su criticidad, repercusión necesaria etc.?
E. Compra Y Registro De Repuestos Y Equipos
1. Cuando se realiza un mantenimiento, ¿existe registro de materiales utilizados?
2. ¿Existe un registro de repuestos o piezas de la maquinaria que se reemplazan durante el mantenimiento?
3. ¿Tienen un almacén específico o diferenciado para mantenimiento y un sistema de lanzamiento y seguimiento de pedidos a su medida?
4. ¿Disponen de un sistema de libre servicio para artículos y piezas de consumo habitual?
5. ¿El stock de repuestos está al día, accesible a su personal de forma informatizada y disponible el valor, número de artículos, plazo, etc.?
6. ¿Esta todas las piezas de repuesto Identificadas y codificadas?
7. ¿Hay un procedimiento formalizado de solicitud de ofertas con pliegos adaptados a sus necesidades y adjudicación de pedidos?
8. ¿Los procedimientos de aprovisionamiento son rápidos y flexibles?
9. ¿Tiene proveedores concertados que almacenan en sus dependencias los materiales y repuestos de su suministro?
10. ¿Tiene facilidad y homologados suministradores distintos al propio fabricante del equipamiento o instalación?
11. ¿tienen un sistema rápido y eficaz de reparación de equipos y sistemas de inventario?
12. ¿hay gran conexión entre el servicio de compras y de mantenimiento para las decisiones de compra y negociación con los suministros?
13. ¿los procedimientos administrativos y operativos para solicitar un repuesto

o un traslado son ágiles y amigables?
F. Sistemas Informáticos
1. ¿Cuentan con un software especializado para administrar el mantenimiento preventivo de los equipos?
2. ¿La empresa tiene un programa informático para llevar un control de gastos de mantenimiento?
3. ¿se dispone de una herramienta informática con las especificaciones y pasos a seguir para el mantenimiento?
4. ¿Existe un software o inventario de los repuestos que se pueden encontrar en la bodega o una base de datos de empresas que los pueda suministrar?
G. Organización Del Taller De Mantenimiento
1. ¿El espacio que tiene asignado a su Departamento para actividades de banco, oficina, de planificación e ingeniería, almacén, etc., es suficiente?
2. ¿Dispone a pie de obra de las instrucciones operativas y protocolos para ser consultados por sus Mandos y operarios directamente?
3. ¿Se encuentra bien ubicado el almacén de herramientas y respuestas?
4. ¿disponen de suficiente utillaje y medio de manutención y transporte adecuados a sus trabajos preventivos y correctivos?
5. ¿Las órdenes de trabajo se abren y cierran a pie de obra, con terminales ubicados en la planta o con terminales portátiles?
6. ¿Las zonas destinadas a materiales útiles, a averiados y de envió o recepción exterior están correctamente identificadas y delimitadas?
7. ¿Hay un responsable de logística de la custodia de herramientas y útiles de la verificación y calibración periódica de ellas?
H. Herramientas Y Medios De Prueba
1. ¿Dispone de un inventario documentado y actualizado de herramientas y equipos de pruebas?
2. ¿Dispone de Departamento, en propiedad o con accesibilidad inmediata, de las herramientas especiales y equipamientos que precisan?
3. ¿Está correctamente definido el procedimiento de verificación y calibración de herramientas especiales y útiles?
4. ¿Dispone de proceso de puesta a disposición o bono de responsabilización de herramientas para el caso de que estas se utilicen por contratistas?
5. ¿Cada operario dispone de una caja de herramientas personal?
6. ¿Existen verificaciones periódicas de puesta en conformidad de máquinas y herramientas, nuevas, usadas, o modificadas por Ustedes?
7. Cuando necesitan un medio extraordinario de manutención o transporte, ¿Lo disponen con las características y celeridad precisa?

8. ¿La logística, contratación y gestión de nuevas herramientas y medios, es realizada directamente por Uds.?
I. Documentación Técnica
1. ¿Disponen Uds. de documentación técnica general suficiente: mecánica de construcción, electricidad, código de entorno y nocividad, regulaciones?
2. ¿Disponen Uds. de planos de conjunto y los esquemas necesarios?
3. ¿Están disponibles las instrucciones técnicas de utilización y mantenimiento, así como las listas de las piezas sueltas para equipamientos de mayor envergadura?
4. ¿Son fácilmente obtenibles y utilizables (en español) los planos de las instalaciones?
5. ¿Se ponen al día los planos y los esquemas a medida que se aportan las modificaciones?
6. ¿Se registran los trabajos de modificaciones de los equipamientos y se archivan los expedientes de preparación correspondientes (preparación, puesta al día de la documentación)?
7. ¿Son fácilmente obtenibles los contratos de mantenimiento de constructores, contratistas?
8. ¿Son suficientes los medios de fotocopiado e impresión?
J. Personal Y Formación
1. ¿El ambiente de trabajo es en general positivo?
2. ¿Dirigen y supervisan correctamente los manejos intermedios los trabajos efectuados por los operarios bajo su responsabilidad?
3. ¿Se examinan en grupo los problemas a menudo, incluyendo también a los operarios (círculos de calidad, grupos de progreso)?
4. ¿Se llevan a cabo encuentro periódicos de apreciación entre personal directivo y el operario?
5. ¿Los mandos intermedios y los operarios están lo suficientemente disponibles? (Alargamiento de jornada laboral para acabar un trabajo trabajar los domingos)
6. ¿Consideran Uds. en general que la formación técnica de su personal es satisfactoria?
7. En el trabajo diario, ¿estiman Uds. que el personal tiene la iniciativa necesaria?
8. ¿Sus mandos intermedios aseguran de forma regular el perfeccionamiento del personal en materias técnicas?
9. ¿Reciben sus mandos intermedios formación en nuevas tecnologías gracias a estancias, visitas a constructores, a exposiciones, etc.?

10. ¿Recibe su personal en seguridad y prevención de accidentes de forma regular?
11. ¿Programa y domina la formación del personal el servicio de mantenimiento?
12. ¿Se sigue rigurosamente las cualificaciones y la habilitación del personal?
13. ¿Tienen Uds. pérdidas importantes de tiempo productivo debido a retrasos, ausencias?
14. ¿Son buenas las relaciones de su personal con los agentes de Producción?
K. Contratación
1. ¿Tiene Uds. Un proceso de evaluación formas de los contratistas?
2. Se elaboran cuidadosamente los documentos descriptivos de los trabajos y los pliegos de condiciones?
3. La selección de los contratistas se llevan a cabo según criterios de técnica y competencia?
4. Cuando el mantenimiento no se realiza por personal de la empresa, ¿se tiene base de datos de personas o empresas que realicen el trabajo?
5. ¿Contratan Uds. las tareas para las que se consideran no disponen de suficientes técnicos?
6. ¿Incluyen en sus contratos con las empresas contratistas de cláusulas de resultados?
7. ¿Desarrollan Uds. una garantía de calidad y la colaboración con los contratistas?
8. ¿Crean Uds. y ponen al día un expediente por asunto, según un procedimiento de constitución predeterminado?
9. El control de los trabajos de los contratistas y la recepción de estos ¿las lleva a cabo una persona de su servicio, especialmente designada y según procedimientos rigurosos?
10. ¿Disponen Uds. de documentación específica para que empresas externas lleven a cabo el mantenimiento de sus equipamientos?
L. Control De La Actividad
1. ¿Se dan informes regulares del control de las horas, los costos de mano de obra y repuestos?
2. ¿Se controla la eficacia, grado de saturación y tiempos muertos del potencial de mantenimiento?
3. ¿Dominan ustedes su carga de trabajo?
4. ¿Posee la empresa algún método de estimación de costos por mantenimiento de las diferentes máquinas y herramientas?

5. ¿Emiten ustedes de forma regular un informe de las actividades a desarrollar (todos los meses y anualmente?)

7.2 ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS VAL LTDA.

Para llevar a cabo un análisis de los activos en general de las máquinas y equipos de mecanizado, procesos de soldadura y fundición centrífuga de la empresa VAL LTDA, es necesario un estudio preliminar del estado de los equipos y la información existente de ellos tales como manuales operacionales, datos de repuestos adquiridos.

Esta fase se realizó con la ayuda del jefe de mantenimiento y de igual forma con cada uno de los operarios encargados de sus equipo; por medio visitas programadas a la empresa donde se inspeccionó el equipo de manera visual y en su momento de operación ;cabe recordar que se llevó a cabo una auditoría de los activos para el perfecto análisis del mantenimiento de los equipos, dicha auditoría consta de varios aspectos entre los cuales se destaca organización general, documentación técnica, organización del taller entre otros.

7.2.1 Gerencia de mantenimiento

- Falta de documentación de las tareas del mantenimiento
- Falta de personal calificado
- Mal uso de las maquinas
- Aplazo de las tareas preventivas
- Modificación de acciones o tareas de mantenimiento

7.2.2 Tipo de Mantenimiento. El mantenimiento que se realiza actualmente en la empresa VAL LTDA., es un tipo de mantenimiento correctivo, este se presenta en

los diferentes equipos de mecanizado y soldadura de la empresa, por consecuencia de esto se llevan paradas en la producción.

La empresa no posee un plan de mantenimiento establecido a sus equipos, tampoco rutinas para el cuidado y uso de los equipos.

7.2.3 Personal de Mantenimiento La empresa cuenta con un supervisor capacitado por el SENA, el cual es la persona con más experiencia en la rama del mantenimiento de los equipos ya que trabaja desde los inicios de la empresa, también cuenta con un ingeniero de producción, quien es el jefe de mantenimiento.

Si la falla en los equipos supera las capacidades del personal de mantenimiento y la falla no se puede corregir, se pasa el debido informe a gerencia para que la empresa contratista, desempeñe las labores de corregir la falla.

7.2.4 Soporte Informático Actualmente VAL LTDA., no cuenta con ningún tipo de software o alguna base de datos bien diseñada que le permita manejar de manera óptima el mantenimiento de los equipos.

7.2.5 Documentación Técnica Los equipos no cuentan con un tipo de información que soporte la capacidad de generar un buen mantenimiento, tampoco dispone de la mayoría de los manuales de los equipos. La empresa posee fichas técnicas de los equipos las cuales son demasiada corta de información con referencia a las características y registro importantes del equipo. Durante el desarrollo de la investigación se generaron nuevos registros de codificación para el reconocimiento organizado de los equipos ya que estos estaban enumerados sin ningún orden específico.

7.2.6 Inventario de máquinas Para implementar un sistema de información para la administración del mantenimiento, lo primero que se debe realizar después de identificar la necesidad de la empresa es un inventario de las máquinas y equipos que tiene actualmente está, con la finalidad de establecer la cantidad y el tipo de quipos y de esta forma efectuar un análisis preliminar acerca de los posibles tipos de mantenimiento que se pueden aplicar. Actualmente un problema que se genera en la empresa VAL LTDA es que las máquinas y equipos no cuentan con una documentación de la ubicación provocando un mal control de estos.

8. CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

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

Es necesario realizar un registro de los activos pertenecientes a las áreas de mecanizado, soldadura y fundición centrífuga de la empresa VAL LTDA, esto con el fin de conocer la cantidad y su función en el proceso de enseñanza de los aprendices, logrando así su identificación para su codificación y seguimiento para su respectivo plan de mantenimiento preventivo.

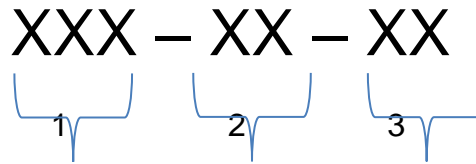
Para desarrollar una adecuada codificación es necesario identificar los equipos por completo de las respectivas áreas a estudiar y, realizar un inventario de todos los equipos en el área de mecanizado, soldadura y fundición con el fin de dar cumplimiento al objetivo trazado.

Para llevar a cabo este proceso de codificación se optó por un sistema nuevo, para una mejor ubicación de los equipos de una manera ágil y eficaz.

Esta codificación nos permite tener los diferentes equipos en sus respectivas áreas y sus características más importantes.

Este código alfanumérico diseñado especialmente a la empresa VALTDA.; está compuesto por un código de área de producción, también llevara asignado de forma abreviada la clase de equipo y su respectivo consecutivo.

Figura 12. Codificación de Maquinas



1. Código de área de producción.

2. Clase de equipo

3. Número consecutivo

8.1 CÓDIGO DE ÁREA DE PRODUCCIÓN

Este código está conformado por tres letras las cuales son la primera y las dos más significativas.

Tabla 4. Código de Área de Producción

ÁREA DE PRODUCCIÓN	CÓDIGO
Almacén de Herramientas e Insumos	AHT
Banco	BAN
Ensamble y Montaje	ENS
Estructuras	EST
Equipos de Transporte	ETR
Mecanizado	MEC
Pintura y Acabado	PIN
Suministro	SMT
Fundición centrifugada	FUC

8.2 CLASE DE EQUIPO

Conformado por la primera letra del nombre de la máquina o equipo y seguido de su primera consonante. Para aquellos equipos que estén compuestos por dos palabras, el código se formara por la primera letra de cada una de las palabras.

Tabla 5. Código de Equipos

EQUIPOS	CÓDIGO
METALIZADORA	MT
MOTOR ELÉCTRICO	ME
MOTOR TOOL	MO
PRENSA HIDRÁULICA	PH
PUENTE GRÚA	PG
PULIDORA	PL
RECTIFICADORAS DE BLOQUES	RB
RECTIFICADORA PARA SUPERFICIES PLANAS	RSP
RECTIFICADORAS DE CIGÜEÑALES	RC
RECTIFICADORAS DE VALVULAS	RV
RECTIFICADORA UNIVERSAL	RU
RECTIFICADORA SIN CENTROS	RSC
FRESADORA	FR
SOLDADOR DE ARCO ELÉCTRICO	SA
SOLDADOR DE ELECTRODO REVESTIDO	SER
SOLDADOR MULTIPROCESO	SMP
SOLDADOR MIG	MG
SOLDADOR TIG	TG
SOLDADOR OXICORTE	SO
SOLDADOR PLASMA	SP
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	SE
TALADRADORA RADIAL	TR
TALADRADORA DE COLUMNA	TC
TALADRO MANUAL	TM
TORNO PARALELO	TP
VENTILADOR DE PLANTA	VP
AIRE ACONDICIONADO	AA
CALENTADOR DE BIELAS	CB
COMPRESOR DE AIRE	CA
COMPUTADOR	PC
ESCÁNER IMPRESORA	EI
ESMERIL	ES
IMPRESORA	IM

EQUIPOS	CÓDIGO
MANDRILADORA HORIZONTAL	MH
HIDROLAVADORA	HD
CENTRIFUGADORA	CF
HORNO DE CUBILOTE	HC
EQUIPO DE SANBLASTIN	ES

8.3 NUMERO CONSECUTIVO

Este tendrá dos dígitos consecutivos con su respectiva zona y clase de equipo.

Ejemplo:

Código de Equipo: MEC–FR–01

Área de Producción: MEC= Mecanizado.

Clase de Equipo: FR= Fresadora

Número Consecutivo: 01.

8.4 INVENTARIO DE MAQUINAS Y EQUIPOS

En la siguiente tabla se podrá observar con más detalle el inventario actual de las máquinas y equipos del área de producción con su respectivo código, fabricante y modelo de la empresa VAL LTDA.

Tabla 6. Inventario de Equipos

CÓDIGO	EQUIPO	FABRICANTE	MODELO
MEC-TP-01	Torno Paralelo	LEOPOLDO PONTIGGIA	F5TRC
MEC-TP-02	Torno Paralelo	HEINEMANN	P275E
MEC-TP-03	Torno Paralelo	HEINEMANN	P200
MEC-TP-04	Torno Paralelo	COLCHESTER	600

CÓDIGO	EQUIPO	FABRICANTE	MODELO
		MASCOT 1600	
MEC-TP-05	Torno Paralelo	FAMOT PLESZEW	TUM 35D1
MEC-RC-01	Rectificadora de Cigüeñas	BERTONI Y COTTI	RTN260A
MEC-RSP-01	Rectificadora de Superficies Planas	STANKOIMPORT	3E642E
MEC-RB-01	Rectificadora de Bloques	F.LLIROBBI	DH6070
MEC-RV-01	Rectificadora de Válvulas	SNAP-ON	VR300A
MEC-RV-02	Rectificadora de Válvulas	MANSON 26	S-58101
MEC-RSC-01	Rectificadora Sin Centros	MLKROSA	SASL125
MEC-RU-01	Rectificadora Universal	L.KELLENBERGER Y CO	369
MEC-FR-01	Fresadora	ACIERA	F4
MEC-FR-02	Fresadora	MECHANICY	FWA.39
MEC-TR-01	Taladradora Radial	BOWES	BR40X1250
MEC-TC-01	Taladradora de Columna	KWIK-WAY	020
MEC-TC-02	Taladradora de Columna	ZX-40	002NK
MEC-TC-03	Taladradora de Columna	RONGTU	RT-30BPK
MEC-MH-01	Mandriladora Horizontal	STARSTROM	MH05D3
MEC-MH-02	Mandriladora Horizontal	SACEM	110. 1051
EST-PH-01	Prensa Hidráulica	VAL	N°1
EST-SLR-01	Soldador de Electrodo Revestido	MILLER	M304
EST-SLR-02	Soldador de Electrodo Revestido	MILLER	XMT 300

CÓDIGO	EQUIPO	FABRICANTE	MODELO
EST-TG-01	Soldador Tig	POW CON	250
EST-MT-01	Metalizadora	CASTODYN DS – 8000	Nº 5176
EST-CP-01	Cortadora a Plasma	CEBORA	508824
EST-CP-02	Cortadora a Plasma	PAK MASTER 50XL	PCH / M – 28
EST-CB-01	Calentador de Bielas	MVM	CBM-1600
EST-SO-01	Soldador Oxicorte	VAL	Nº1
EST-SO-02	Soldador Oxicorte	VAL	Nº2
EST-SA-01	Soldador de Arco	LINCOLN ZLECTRI	AC/DC 225/125
EST-SLR-03	Soldador de Electrodo Revestido	ATW GLE. ATIMA. DIESE	2009 4 16
SMT-CA-01	Compresor de Aire	CAMPBELL HAUSFELD	TK631221H
SMT-CA-02	Compresor de Aire	HANSHIN MACHINERY	009
ETR-PG-01	Puente Grúa	HYSSA	HSZ-3B
ETR-PG-02	Puente Grúa	YALE	5T
ETR-PG-03	Puente Grúa	VAL	001
ETR-PG-04	Puente Grúa	HINO	6KL
ETR-PG-05	Puente Grúa	HYSSA	HGS-8000-12
BAN-ES-01	Esmeril	CRAFTSMAN	P756
BAN-ES-02	Esmeril	DEWALT	PW758
AHT-PL-01	Pulidora	DEWALT	DW494
AHT-PL-03	Pulidora	DEWALT	DW474
AHT-TM-01	Taladro Manual	BLACK & DECKER	500
AHT-TM-02	Taladro Manual	MAKITA	MKMDP303H
AHT-HD-01	Hidrolavadora	COMET	2WD4040
AHT-HD-02	Hidrolavadora	COMET	2WD4040
AHT-HD-03	Hidrolavadora	BAUKER	P800310
AHT-HD-04	Hidrolavadora	BAUKER	P800310
FUC-ES-01	Equipo de Sand blast	VAL	001

CÓDIGO	EQUIPO	FABRICANTE	MODELO
FUC-CF-01	Centrifugadora	VAL	TIPE
FUC-CF-02	Centrifugadora	VAL	TILI
FUC-HC-01	Horno de cubilote	VAL	N°1

8.5 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas, equipos y componentes estableciendo una organización que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, destinando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad de proceso, confiabilidad humana, confiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos.

Es de vital importancia evaluar la criticidad de cada uno de los equipos de producción de la empresa VAL LTDA; de esta manera se evitara el descuido de aquellos equipos de constante manejo y de la misma manera se impide el gasto innecesario de dinero en máquinas que no lo necesiten.

El análisis de criticidad se caracteriza por ser un procedimiento de manejo y comprensión sencillo, en el cual se establece rangos para representar la posibilidad y frecuencias de ocurrencia de eventos con sus respectivas consecuencias. Las dos magnitudes, las cuales son frecuencias y consecuencias se registran en una matriz, diseñada con base a un código de colores que denotan la mayor o menor intensidad del riesgo relacionado con los equipos bajo análisis.

8.5.1 Aplicación de análisis de criticidad para las áreas de mecanizado, soldadura y fundición de la empresa Val Ltda. Para llevar a cabo el estudio de criticidad de los equipos de VAL LTDA, se desarrolló un análisis con enfoque hacia la frecuencia de falla y las consecuencias de dicha falla, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- **Frecuencia de falla:** representa el número de veces que falla cualquier componente del sistema produciendo la pérdida de su función, implicando una parada en el periodo de un año.
- **Impacto operacional:** representa la producción aproximada porcentualmente que se deja obtener (por día), debido a fallas ocurridas.
Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad.
- **Flexibilidad operacional:** es la facilidad que tiene la producción de adaptarse a los cambios inesperados, sin recaer en el aumento de costos o pérdidas.
- **Costos de mantenimiento:** son los gastos que implica la tarea de mantenimiento, sin incluir los costos producidos por la falla en producción.
- **Impacto de seguridad y medio ambiente:** representa la posibilidad de que sucedan eventos que ocasionen daños a equipos e instalaciones en los cuales una persona pueda salir lastimada o produciendo alguna violación de cualquier regulación ambiental.

La lista anterior permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades y centrar el esfuerzo que garantice el correcto funcionamiento de los equipos.

Para llevar a cabo este estudio de criticidad a la empresa VAL LTDA. Se hizo uso del método de factores ponderados basado en el concepto de riesgo.

8.5.1.1 Método de factores ponderados basados en el concepto de riesgo

Este método fue desarrollado por un grupo de consultoría inglesa denominado:

The Woodhouse Partnership Limited [Woodhouse Jhon. "Criticality Analysis Revisited", The Woodhouse Partnership Limited, Newbury, England 1994].

Estos factores serán evaluados bajo las condiciones antes mencionadas y que se encuentran en la siguiente figura (ver Figura)⁸

Tabla 7. Factores Ponderados

FRECUENCIA DE FALLAS		COSTO DE MANTENIMIENTO	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual al 5 % del costo del equipo	2
Promedio 1-2 fallas/año	3	Inferior al 5% del costo todo el equipo	1
Buena 0, 5-1 fallas /año	2	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE	
Excelente menos de 0,5 fallas/año	1		
IMPACTO OPERACIONAL		Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externos de la organización	8
Perdida de todo el despacho	10		
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7	Afecta el ambiente/instalaciones	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4		
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4	Provoca daños menores (ambiente-seguridad)	3
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2	No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes.	1
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Conferencias Ingeniería de Mantenimiento

⁸ GONZALES B. Carlos Ramon. Conferencias de ingeniería de mantenimiento. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. UIS. 2001

Estos factores se evalúan en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente).

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

Ecuación 4. Criticidad Total

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

Ecuación 5. Consecuencia

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

Una vez realizado el cálculo del valor de criticidad de los equipos se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia, consecuencias y se ubican en la matriz de criticidad; valor de frecuencia en el eje Y, valor de consecuencias en el eje X y de esta forma obtener el nivel de criticidad de cada sistema. La matriz de criticidad que se presenta a continuación (ver fig.)⁹ Permite jerarquizar los sistemas en tres áreas:

⁹ MOCADA Duvan. RODRÍGUEZ, Edder y QUIÑONEZ, Jelder .Seminario De Investigación en metodologías de análisis de falla. Tesis de Grado Ingeniero Mecánico. Bucaramanga. Uis.Escuela de Ingeniería Mecánica. 2009.113 P.

Figura 13. Matriz de Criticidad

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

Fuente: Seminario de Investigación en metodologías de análisis de falla

- Área de sistemas No Críticos (NC): Son equipos que en el caso de fallar no repercutirán de manera importante en el proceso productivo.
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC): Son equipos que en caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permiten lapsos relativamente largos para reparar la avería.
- Área de Sistemas Críticos (C): Son equipos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación es de carácter urgente.

En la siguiente figura se observara el ejemplo de formato que se utiliza para encuestar a los operarios de los equipos de la empresa VAL LTDA. Dicha encuesta tiene como componente 5 preguntas, las cuales tienen una serie de respuestas con valores diferentes.

Tabla 8. Formato para el análisis de criticidad

ANÁLISIS DE CRITICIDAD				
				
Fecha:	2016	Nombre del Equipo:	Colchester mascot 1600	
Equipo	Torno paralelo	Código del Inventario:	MEC-TP-04	
FRECUENCIA DE FALLAS				
Pobre mayor a 2 fallas/año			4	
Promedio 1-2 fallas/año			3	
Buena 0, 5-1 fallas /año			2	
Excelente menos de 0,5 fallas/año			1	
IMPACTO OPERACIONAL				
Perdida de todo el despacho			10	
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas			7	
Impacta en niveles de inventario o calidad			4	
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción			1	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL				
No existe opción de producción y no hay función de repuesto			4	
Hay opción de repuesto compartido/almacén			2	
Función de repuesto disponible			1	
COSTO DE MANTENIMIENTO				
Mayor o igual al 5 % del costo del equipo			2	
Inferior al 5% del costo todo el equipo			1	
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE				
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante 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 daño a personas, instalaciones o ambientes.			1	
Valor Criticidad				

En base a los resultados obtenidos se establecen los tres grupos de criticidad ya mencionados:

- I. índice de criticidad entre 60-200: Equipos críticos los cuales se le implementará el plan de mantenimiento preventivo.
- II. Índice de criticidad entre 25-59: Equipos de un nivel medio de criticidad, que un determinado tiempo pueden ser críticos.
- III. Índice de criticidad menor 1-25: Equipos que presentan un nivel muy bajo, los cuales pueden estar sometidos a un programa de mantenimiento correctivo.

A continuación se presentara el procedimiento aplicado de criticidad para una máquina, seguidamente se tabulara para los demás equipos de VAL LTDA.

Tabla 9. Análisis de criticidad Torno paralelo COLCHESTER MASCOT 1600

CRITERIO	PUNTAJE
FRECUENCIA DE FALLAS	4
IMPACTO OPERACIONAL	7
FLEXIBILIDAD OPER.	2
COSTO DE MTTO	2
IMPACTO SAH	5

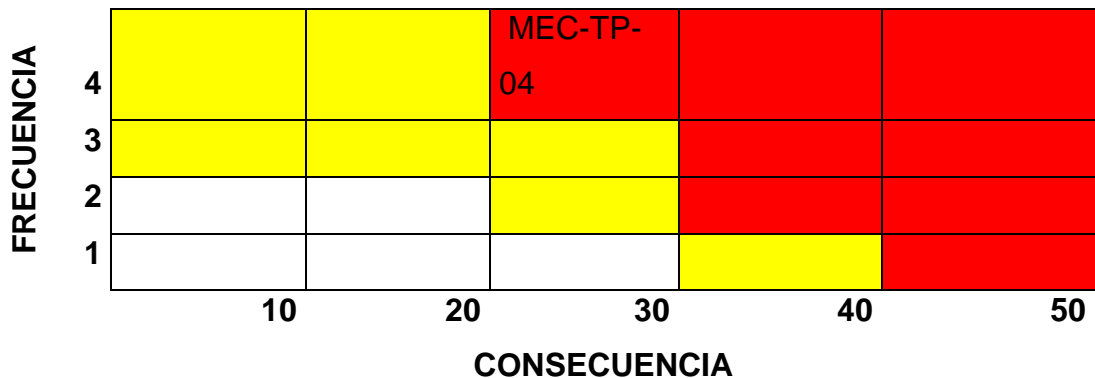
CONSECUENCIA= [(IMPACTO OPER. X FLEXIB.) + COSTO MTTO +IMPACTO SAH]

CONSECUENCIA= [(7 x 2)] + 2 + 5 = 21

CRITICIDAD TOTAL = FRECUENCIA DE FALLAS X CONSECUENCIA

CRITICIDAD TOTAL= 4 x 21 = 84

Figura 14. Matriz de criticidad Torno paralelo COLCHESTER MASCOT 1600



8.5.2 Resultados del Análisis de criticidad A continuación se presentan los resultados obtenidos al realizar el respectivo análisis de criticidad en los equipos de mecanizado, soldadura y fundición de la empresa VAL LTDA. Los equipos de dichas áreas que están subrayados de color rojo son los activos críticos que necesitan plan de mantenimiento preventivo, los que están subrayados de color amarillo corresponden a los medianamente críticos y aquellos que no están subrayados son los que no afectan de manera importante el desarrollo de los procesos realizados.

8.5.2.1 Resultados área de mecanizado

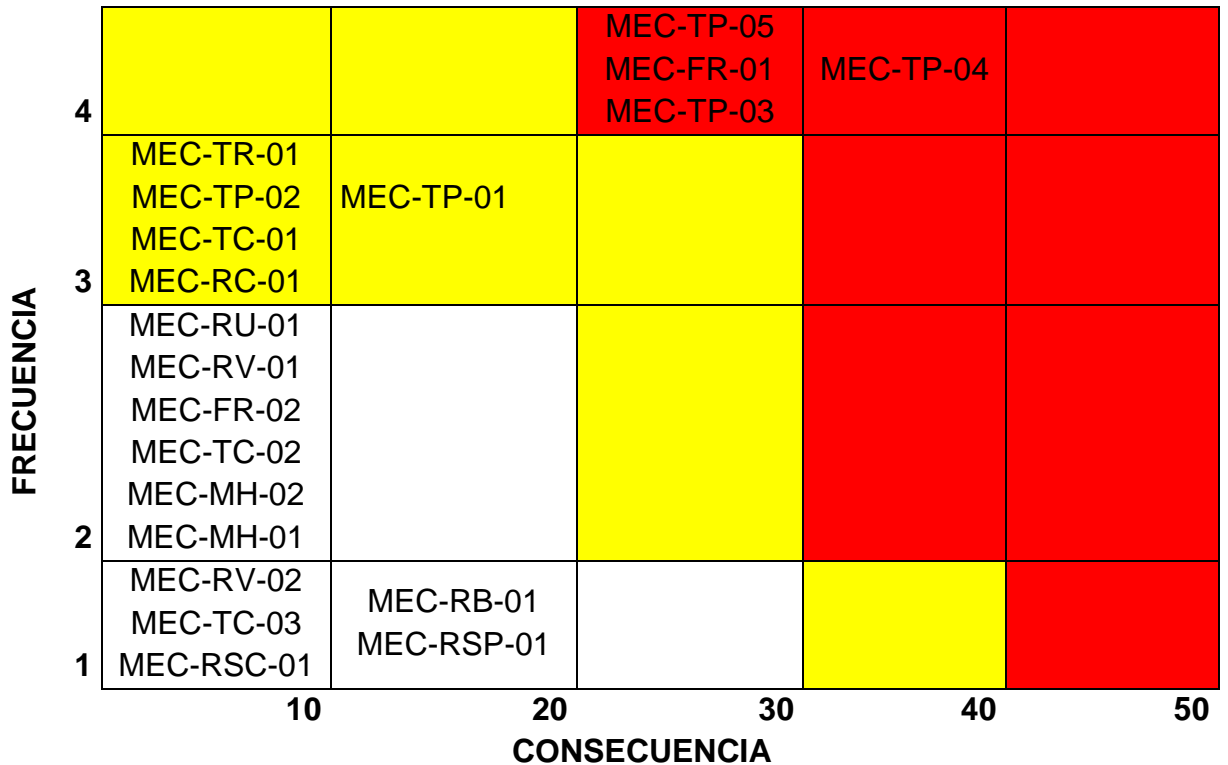
Tabla 10. Resultado del Análisis de criticidad Área de mecanizado

CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	F.O	C.M	I.S.A.H	CONS	CR
MEC-TP-04	TORNO PARALELO	4	7	4	2	5	35	140
MEC-TP-05	TORNO PARALELO	4	7	2	2	5	21	84
MEC-FR-01	FRESADORA	4	7	2	2	5	21	84
MEC-TP-03	TORNO PARALELO	4	7	2	2	5	21	84
MEC-TP-01	TORNO PARALELO	3	4	2	1	3	12	36
MEC-TR-01	TALADRO RADIAL	3	4	2	1	3	9	27
MEC-TP-02	TORNO PARALELO	3	4	2	1	3	9	27
MEC-TC-01	TALADRADORA DE COLUMNA	3	4	2	1	3	9	27
MEC-RC-01	RECTIFICADORA DE	3	4	2	1	3	9	27

CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	F.O	C.M	I.S.A.H	CONS	CR
	CIGUEÑALES							
MEC-RB-01	RECTIFICADORA DE BLOQUES	1	4	2	1	3	12	12
MEC-RU-01	RECTIFICADORA UNIVERSAL	2	4	1	1	1	6	12
MEC-RSP-01	RECTIF. SUPER. PLANAS	1	4	2	1	3	12	12
MEC-RV-01	RECTIFICADORA DE VALVULAS	2	1	1	1	3	5	10
MEC-RV-02	RECTIFICADORA DE VALVULAS	1	4	2	1	1	10	10
MEC-TC-03	TALADRADORA DE COLUMNA	1	4	2	1	1	10	10
MEC-FR-02	FRESADORA	2	4	2	1	1	4	8
MEC-TC-02	TALADRADORA DE COLUMNA	2	4	2	1	1	4	8
MEC-MH-02	MANDRILADORA HORIZONTAL	2	4	2	1	1	4	8
MEC-MH-01	MANDRILADORA HORIZONTAL	2	1	1	1	1	3	6
MEC-RSC-01	RECTIFICADORA SIN CENTROS	1	1	2	1	3	6	6

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

Figura 15. Matriz de Criticidad de Área de Mecanizado



8.5.2.2 Resultado Área de Estructuras

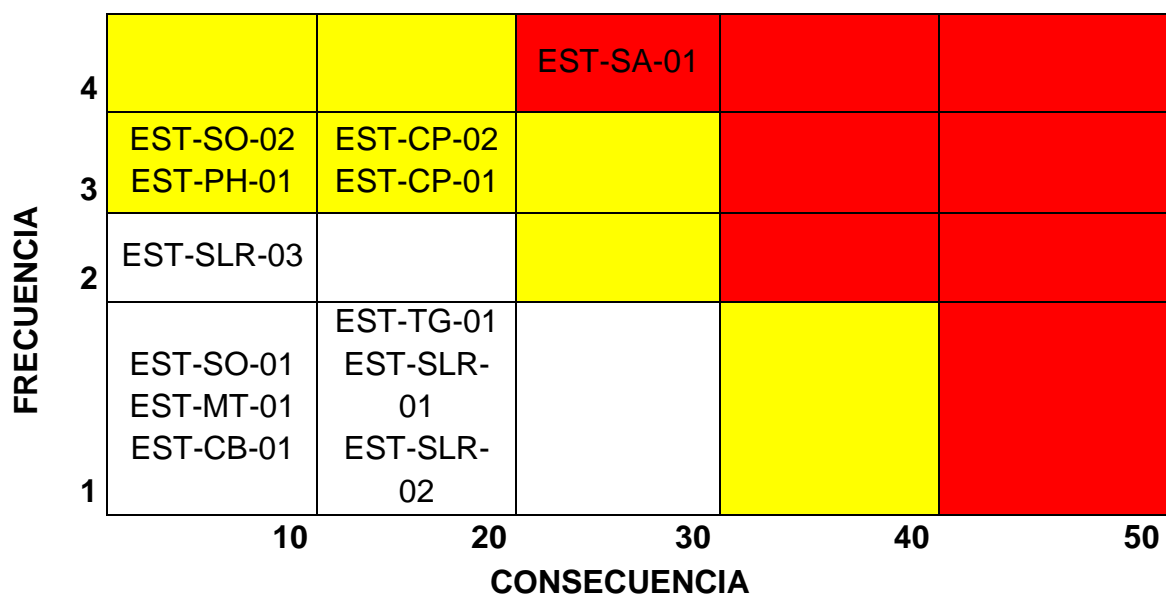
Tabla 11. Resultado de Análisis de Criticidad Área de Estructuras

CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	F.O	C.M	I.S.A.H	CONS	CR
EST-SA-01	SOLDADOR DE ARCO	4	7	2	2	5	21	84
EST-CP-01	CORTADOR DE PLASMA	3	4	2	1	5	14	42
EST-CP-02	CORTADOR DE PLASMA	3	4	2	1	5	14	42
EST-SO-02	SOLDADOR OXICORTE	3	4	2	1	3	9	27
EST-PH-01	PRENSA HIDRÁULICA	3	4	2	1	3	9	27
EST-SLR-01	SOLDADOR ELECTRODO REVESTIDO	1	4	2	1	3	12	12

CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	F.O	C.M	I.S.A.H	CONS	CR
EST-SLR-02	SOLDADOR ELECTRODO REVESTIDO	1	4	2	1	3	12	12
EST-TG-01	SOLDADOR TIG	1	4	2	1	3	12	12
EST-SLR-03	SOLDADOR ELECTRODO REVESTIDO	2	1	1	1	3	5	10
EST-SO-01	SOLDADOR OXICORTE	1	1	2	1	3	6	6
EST-CB-01	CALENTADOR DE BIELAS	1	1	2	1	1	4	4
EST-MT-01	METALIZADORA	1	1	1	1	1	3	3

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

Figura 16. Matriz de Criticidad de Área de Estructuras



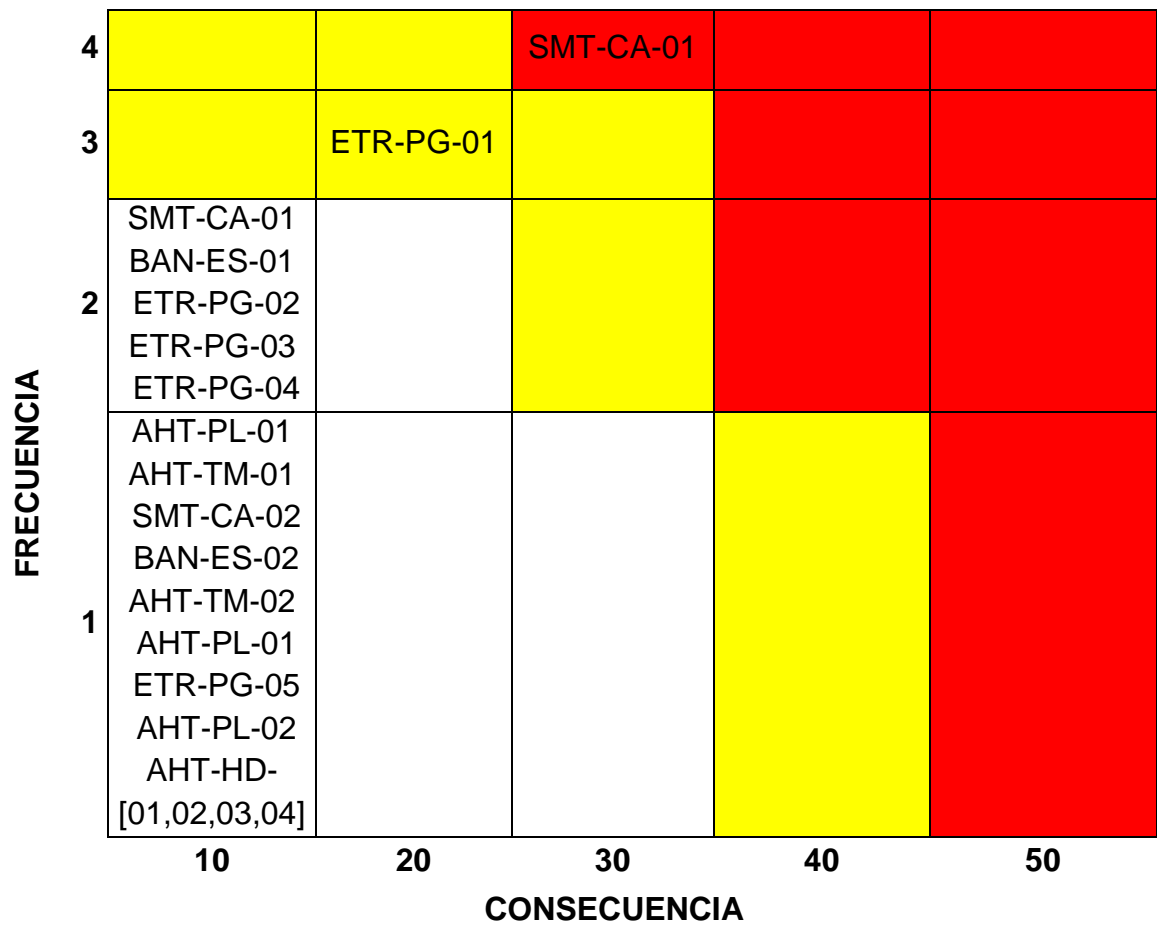
8.5.2.3 Resultado Área de Banco, Suministros, Equipos de Transporte y Almacén de Herramientas

Tabla 12. Resultado de análisis de criticidad Área de Banco, Suministro, Equipos de transporte y Almacén de Herramientas

CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	F.O	C.M	I.S.A.H	CONS	CR
SMT-CA-01	COMPRESOR DE AIRE	4	7	2	2	5	21	84
ETR-PG-01	PUENTE GRÚA	3	1	2	1	5	12	36
BAN-ES-01	ESMERIL	2	4	2	1	1	10	20
SMT-CA-02	COMPRESOR DE AIRE	1	4	2	1	1	10	10
BAN-ES-02	ESMERIL	1	4	2	1	1	10	10
AHT-TM-01	TALADRO MANUAL	1	4	2	1	1	10	10
AHT-TM-02	TALADRO MANUAL	1	4	2	1	1	10	10
ETR-PG-02	PUENTE GRÚA	2	1	2	1	1	4	8
ETR-PG-03	PUENTE GRÚA	2	1	1	1	1	3	6
ETR-PG-04	PUENTE GRÚA	2	1	1	1	1	3	6
AHT-PL-01	PULIDORA	1	1	1	1	1	3	3
ETR-PG-05	PUENTE GRÚA	1	1	1	1	1	3	3
AHT-PL-02	PULIDORA	1	1	1	1	1	3	3
AHT-HD-01	HIDROLAVADORA	1	1	1	1	1	3	3
AHT-HD-02	HIDROLAVADORA	1	1	1	1	1	3	3
AHT-HD-03	HIDROLAVADORA	1	1	1	1	1	3	3
AHT-HD-04	HIDROLAVADORA	1	1	1	1	1	3	3

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

Figura 17. Matriz de criticidad Área de Banco, Suministro, Equipos de transporte y Almacén de Herramientas



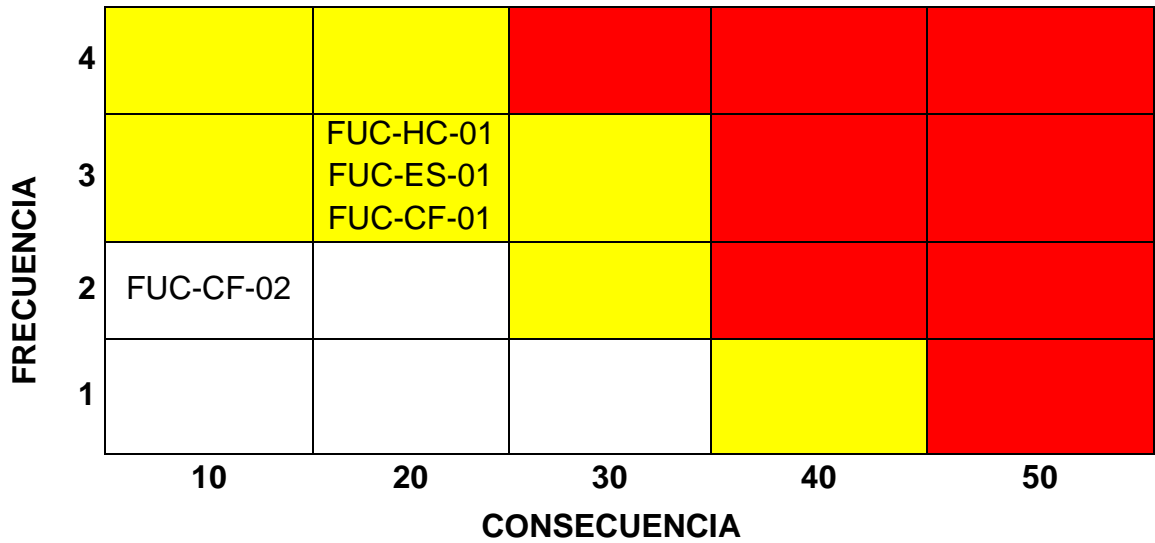
8.5.2.4 Resultado área de Fundición

Tabla 13. Resultado de análisis de criticidad Área de fundición

CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	F.O	C.M	I.S.A.H	CONS	CR
FUC-HC-01	Horno de cubilote	3	4	2	1	5	14	42
FUC-ES-01	Equipo de Sanblastin	3	4	2	1	5	14	42
FUC-CF-01	Centrifugadora	3	1	2	1	5	12	36
FUC-CF-02	Centrifugadora	2	4	2	1	1	10	20

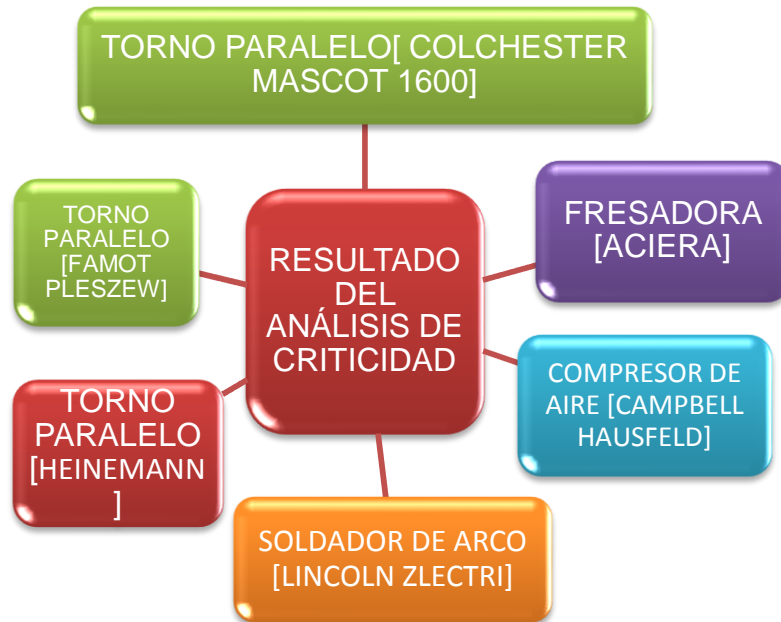
Abrev.: F.F: Frecuencia de falla; I.O: Impacto operacional; F.O: Flexibilidad operacional; C.M: Costo de mantenimiento; I.S.A.H: Impacto en seguridad, ambiente e higiene; CONS: Consecuencia; CR: Criticidad

Figura 18. Matriz de criticidad de Área de Fundición



Como resultado final del Análisis de Criticidad, se establecieron los 4 equipos que hacen parte del estudio hacia el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo, estos equipos son:

Figura 19. Equipos Críticos



8.6 DISEÑO DE LA DOCUMENTACIÓN PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Existen suficientes elementos para diseñar los formatos que permitirán la recolección de datos y realizar su respectivo registro, estos formatos nos permitirán un manejo y evaluación de la información y un respaldo a toda la gestión del programa de mantenimiento.

El diseño de los formatos será sencillo, fácil de diligenciar y de interpretar, de tal manera que la información registrada sea fácilmente estandarizada y organizada, para efectos de planeación, ejecución y control de las actividades del mantenimiento.

A continuación se establecen los documentos a diseñar e implementar considerando los aspectos ya mencionados:

8.6.1 Ficha Técnica. Es el registro donde se consignan las características técnicas y variables físicas de cada equipo. Durante la auditoria de mantenimiento llevada a cabo en VAL LTDA., se registró grandes debilidades en esta área. El formato de ficha lleva la siguiente información.

- Código VAL LTDA.
- Datos del equipo:
 - ✓ Equipo.
 - ✓ Fabricante.
 - ✓ Modelo.
 - ✓ Serie.
 - ✓ Año de fabricación.
 - ✓ Peso total.
 - ✓ Dimensiones.

- Trabajo:
 - ✓ Crítico.
 - ✓ Esporádico.
 - ✓ Turno.
 - ✓ Intermitente.
- Sistemas
- Características técnicas.
- Motores.
- Registro Fotográfico.

En la siguiente tabla (14) se muestra un ejemplo para una maquina (Torno paralelo COLCHESTER MASCOT 1600), la cual hace parte del área de mecanizado.

Tabla 14. Ficha Técnica

FICHA TÉCNICA									
									
CÓDIGO VAL LTDA: MEC-TP-04									
DATOS DEL EQUIPO									
EQUIPO : Torno Paralelo			MODELO: 600			MARCA: COLCHESTER MASCOT 1600			
PAIS FABRICANTE: INGLATERRA				AÑO DE FABRICACION: 1995					
PESO TOTAL: 2400 Kg		DIMENSIONES		X[Largo] 3540mm	Y[Ancho] 1250mm	Z[Alto] 1295mm			
TRABAJO									
CRÍTICO	SI	TURNO	SI	INTERMITENTE	SI				
SISTEMAS									
ELÉCTRICO	SI		VOLTAJE [V]	220	CORRIENTE [A]		FRECUENCIA [Hz]	60	
HIDRÁULICO	SI	TIPO	Bomba de engranajes para sistema de lubricación.						
REFRIGERACIÓN	SI	TIPO	Enfriamiento por líquido refrigerante.						
LUBRICACIÓN	SI	TIPO	Bomba de engranajes.						
CARACTERISTICAS TECNICAS									
DISTANCIA ENTRE PUNTAS			1500mm		CONO INTERIOR DEL HUSILLO		MORSE N° 6		
DIAM. MAX. SOBRE LA BANCADA			400mm		ALTURA DE PUNTAS		215mm		
DIAM. MAX. EN EL ESCOTE			650mm		LONGITUD MAX EN EL ESCOTE		150mm		
DIAM. MAX. SOBRE EL CARRO			420mm						
MOTORES ELECTRICOS									
No	FUNCIÓN		KW	VOLT	AMP	RPM	HZ	MARCA	MODELO
1	Principal		1.5	220		1760	60		
2	Bomba de Lubricación		0.18	220		2800	60		
									


8.6.2 Hoja de vida. Documento en el cual se encuentran consignadas todas las actividades de mantenimiento efectuadas en el equipo, también se encuentran algunas especificaciones.

Tabla 15. Formato Hoja de vida

HOJA DE VIDA						
						
IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO						
Nombre del Equipo: Torno paralelo				Se le realizo mantenimiento preventivo, de acuerdo a las actividades del cronograma		
Código VAL LTDA:						
Marca: Colchester mascot 1600						
Modelo: 600						
Serie:						
Fecha de puesta en funcionamiento: 1995						
Fecha	O.T #	Causa raíz solicitud servicio	Actividad realizada	Técnico	Tiempo realizado (Horas)	Costo de mantenimiento
7-May-2016	O.T-1	Fuga de aceite	Inspecciones mecánica y eléctrica. Sellar Fufa de aceite. Llenar hasta nivel	Gabriel	2 h	120.000
FOTO DEL EQUIPO						
						

8.6.3 Orden de Trabajo. Formato que se utiliza para lograr la ejecución del programa de mantenimiento. La orden de trabajo es utilizada como un documento para solicitud, planeación y control de los trabajos de mantenimiento.

Tabla 16. Formato Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO (OT)					
					
SOLICITADA POR: Efraín Vesga		FECHA: 5- mayo-2016 HORA: 10 am		SOLICITUD DE TRABAJO N°: ST-1	
EQUIPO O INSTALACIÓN:		CÓDIGO VAL LTDA: MEC-TP-04		TIPO DE SOLICITUD NORMAL URGENTE	
PARTE	ANOMALÍA	CAUSA	POSIBLE SOLUCIÓN	DTO. ADMS Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN GENERA ORDEN DE TRABAJO DE MTTO SI NO	
Caja de velocidades	Bajo nivel de aceite	Fuga	Tapar fuga y llenar		
SOLICITADA POR: Efraín Vesga FIRMA: FECHA:5-may-2016		REVISADA POR: Geovanny Vesga FIRMA: FECHA: 5-may-2016		AUTORIZADA POR: Geovanny Vesga FIRMA: FECHA: 5-may-2016	
ORDEN DE TRABAJO ASIGNADA POR: Efraín Vesga		ORDEN DE TRABAJO ASIGNADA A: Gabriel Uscategui		FECHA: 7-may-2016 HORA: 8 am	
ORDEN DE TRABAJO DE MTO No. OT-1					
No.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR			TIPO ORDEN DE TRABAJO NORMAL URGENTE	
1	Inspeccionar todo el equipo por medio de las inspecciones mecánicas y eléctricas			CONDICIÓN DE PARADA CON PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN SIN PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN	
2	Sellar fuga de aceite			TIPO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO PREVENTIVO MECÁNICO ELÉCTRICO	
3	Llenar al nivel indicado				
MATERIALES, REPUESTOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS REQUERIDOS					
No	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Aceite iso 32			\$ 40.000	\$ 40.000
DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS ENCONTRADOS:			FECHA DE INICIO		
Fuga de aceite			D/M/A: 7-may-2016		HORA: 8 am
			FECHA DE TERMINACIÓN		
			D/M/A: 7- may-2016		HORA: 10 am
DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS			COSTOS		
			MANO DE OBRA	80.000	
			MATERIALES	40.000	
			TOTAL	120.000	
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:					
EJECUTÓ: Gabriel Uscategui FIRMA: FECHA: 7-may-2016			RECIBIÓ Y APROBÓ: Efraín Vesga FIRMA: FECHA: 7-may-2016		

9. ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El desarrollo del plan de mantenimiento preventivo se basó en el análisis de criticidad realizado a los equipos de dichas áreas de la empresa VAL LTDA, luego se establecieron los equipos que presentaron un nivel de criticidad alto [60-200], para así intervenir de manera adecuada en los equipos que requieren de una intervención continua.

Para efectuar el plan de mantenimiento preventivo, la información fue recopilada directamente de los equipos y los registros necesarios desde la experiencia de los encargados de las áreas de la empresa VAL LTDA, debido a la ausencia de información en la empresa.

Las actividades del programa de mantenimiento preventivo tendrán como objetivo de conservar las condiciones óptimas de funcionamiento y la de detectar posibles fallas potenciales que puedan ocasionar parada en la producción o afectar la seguridad del personal. Las actividades de mantenimiento preventivo estarán conformadas por:

- **Mantenimiento autónomo:** El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

Los objetivos fundamentales del mantenimiento autónomo son:

- Emplear el equipo como instrumento para el aprendizaje y adquisición de conocimiento.
- Desarrollar nuevas habilidades para de análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo.
- Evitar el deterioro del equipo mediante una operación correcta y verificación permanente de acuerdo a los estándares.
- Mejorar el funcionamiento del equipo con el aporte creativo del operador, llevándolo a estados superiores.
- Construir y mantener las condiciones necesarias para que el equipo funcione sin averías y a pleno rendimiento.
- Mejorar la seguridad en el trabajo.
- Lograr un total sentido de pertenencia y responsabilidad del trabajador.
- Mejora de la moral en el trabajo.

- **Inspecciones Periódicas Programadas.** Consiste en revisar a intervalos fijos, independientemente de su estado original, piezas o componentes de las máquinas y equipos críticos en el proceso de producción. El propósito principal de las inspecciones es obtener información útil acerca del estado de las partes del equipo. La información de estas inspecciones es utilizada para predecir fallas y planear acciones de mantenimiento, dependiendo del estado del equipo.

El sistema de inspecciones periódicas estará conformado de acuerdo al grado de intervención en el equipo su intervalo de ejecución.

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

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

- **Inspecciones Periódicas Mayores:** Cuando los límites de vida son de valores elevados o abarcan periodos relativamente dilatados, se efectúan inspecciones periódicas mayores, que generalmente atienden elementos estructurales, subconjuntos de dinámica muy restringida y zonas de características especiales.

- **Lubricación.** Actividades tendientes a mejorar el comportamiento de desgaste de superficies en contacto y en movimiento.
- **Ajustes.** Actividades orientadas a devolver las características del montaje a los equipos de acuerdo a los estándares definidos.

- Niveles de información ¹⁰

La información que se va a manejar en el diseño del programa de mantenimiento preventivo, debe ubicarse en niveles de información dependiendo a quien va dirigido y el tipo de datos. De acuerdo a esto, se pueden identificar tres niveles de información:

- **Información para la Dirección.** Este nivel contiene todos los datos que se relacionan con los costos de mantenimiento, repuestos y datos que gestionan las acciones de mantenimiento, permitiendo a la dirección, evaluarlos y analizarlos y determinar las acciones a seguir.
- **Información para las Operaciones.** Este nivel contiene los datos que permiten conocer los parámetros fundamentales para la ejecución de trabajos

¹⁰ VARGAS ACEVEDO, Camilo Andrés. Programa de Mantenimiento Preventivo para el Taller de Mayorautos s.a basado en el análisis de criticidad. Tesis de Grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. Bucaramanga. 2013. 66p

en los equipos, datos técnicos, historiales y órdenes de trabajo e influencia de los equipos en los procesos.

- **Información para el puesto de trabajo.** Este nivel contiene datos referentes a necesidades con respecto a la formación del personal, frente a la implementación del programa de mantenimiento, sus perfiles e incentivos de los mismos.

9.1 ÁREA DE MECANIZADO

Según los resultados del análisis de criticidad para esta área, los equipos que presentan mayor grado de criticidad son: el torno paralelo [COLCHESTER MASCOT 1600], el torno paralelo [FAMOT PLESZEW], el torno paralelo [HEINEMANN] y la fresadora [ACIERA]. A continuación las respectivas rutinas de mantenimiento con su periodicidad.

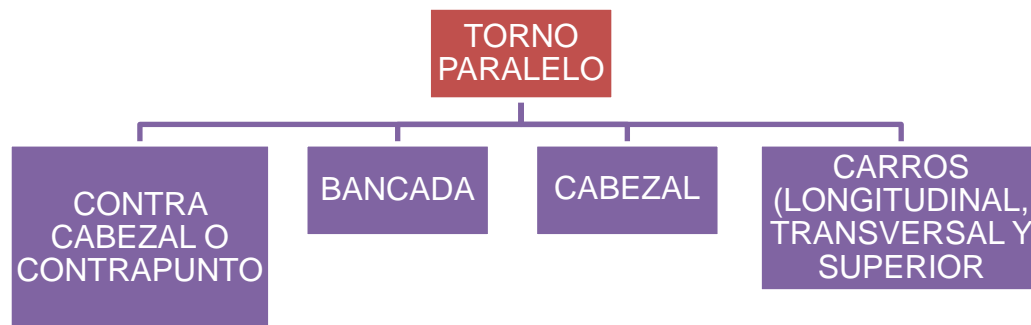
9.1.1 Tornos paralelos Son los Tornos con la mayor carga excesiva de trabajo en la zona de mecanizado de la empresa VAL LTDA, ya que en estos además de la operación del torno, es utilizado para el metalizado de ejes, y procedimientos para el recubrimiento de estos.

La zona de las guías de la bancada por el cabezal fijo se encuentran demasiado gastadas, esto produce errores considerables durante el mecanizado de piezas de precisión, durante el proceso de mecanizado de alguna pieza la capacidad de solución del operario es la solución más cercana al momento, por ello se aún se encuentra en espera el cambio de guías de la bancada el cual es considerablemente costoso. Además de esto no tienen cronogramas de lubricación, lo que significa un desgaste de las piezas a lubricar.

La parte electrónica del equipo se encuentra en buen estado, el funcionamiento de la bomba de aceite es bueno, lo mismo que su sistema de engrase. El operario del equipo siempre aseas y lubrica las guías del equipo en su turno de trabajo, al igual que la verificación de su sistema de lubricación y nivel.

En un torno paralelo se puede distinguir cuatro partes importantes, las cuales se muestran en la siguiente figura.

Figura 20. Principales partes de un torno paralelo



- **Bancada:** Es el bastidor de la máquina, sobre ella se apoyan los dos cabezales (fijo y móvil). Está hecha de fundición y en su parte superior tiene las guías sobre el cual se desliza el carro longitudinal.
- **Cabezal fijo:** Este va montado sobre el extremo izquierdo de la bancada y permanece fijo en la máquina. Comprende el árbol principal o husillo en cual tiene por objeto sostener el plato que soporta la pieza a mecanizar e imprime el movimiento de rotación adecuado.
- **Contrapunto:** Es un apoyo adicional para disminuir la flexión originada por el propio peso de la pieza, como también la generada por la herramienta, también es utilizado para operaciones de taladrado.

9.1.1.1 Mantenimiento diario

- Inspección
 - ✓ Verificar el estado de la conexión eléctrica de la máquina
 - ✓ Verificar que las mordazas se encuentren cerradas
 - ✓ Verificar sujeción de la pieza por medio del ajuste de las mordazas
 - ✓ Verificar tornillos de fijación de la torre porta herramientas
 - ✓ No colocar herramientas ni instrumentos de medición sobre las guías de la bancada

- Limpieza
 - ✓ Al finalizar la jornada de actividad limpiar la maquina con los debidos implementos

- Lubricación
 - ✓ Verificar el nivel de aceite en los depósitos y reponer si es necesario
 - ✓ Lubricar las guías de la bancada y los carros (superior, longitudinal y transversal)
 - ✓ Lubricar el carro longitudinal y transversal
 - ✓ Lubricar contrapunto
 - ✓ Lubricar herramientas de corte

- Normas de seguridad
 - ✓ Utilizar siempre la dotación de seguridad requerida (overol, gafas, botas, guantes, etc.)
 - ✓ Desconectar el interruptor principal cuando finalice la actividad o se aleje de la maquina
 - ✓ Al realizar una actividad de mantenimiento apagar y desconectar la maquina e informar al resto de operarios por medio de un cartel en el equipo que diga NO OPERAR

9.1.1.2 Mantenimiento semanal

- Lubricación
 - ✓ Lubricar engranajes, caja de cambios y cojinetes.

9.1.1.3 Mantenimiento trimestral

- Medición eléctrica
 - ✓ Medir corriente y voltaje (salida, entrada) del motor principal
- Lubricación
 - ✓ Lubricar rodamientos de la maquina en general
- Inspección
 - ✓ Inspección mecánica (Ver Anexo B)

Tabla 17. Inspección mecánica Tornos paralelos

			
MÁQUINA: Torno Paralelo	FABRICANTE:	MODELO:	CÓDIGO VAL LTDA:

TIPO DE INSPECCIÓN: MECÁNICA			
ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO	ASIGNADA POR:	ASIGNADA A:	.FECHA D/M/A:

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		TRIMESTRAL	SEMESTRAL
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO		
BANCADA											
Verificar estado de la bancada.		X									
Verificar estado de las guías de la bancada.		X									
Verificar estado del escote		X									

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		TRIMESTRAL	SEMESTRAL
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO		
Revisar sujeción del motor principal.		X									
CABEZAL FIJO											
Verificar estado de guardas de poleas y engranajes.		X									
Revisar el sistema de fijación de la copa.		X									
Revisar el husillo de trabajo.		X									
Verificar estado de la copa y mordazas.		X									
Verificar estado de los indicadores de nivel de aceite.		X									
CABEZAL MOVIL		X									
Verificar estado del cuerpo.		X									
Verificar estado del husillo.		X									
Verificar estado del tornillo de fijación.		X									
CARROS Y ACCIONAMIENTOS											
Verificar estado de la barra de roscar.		X									
Verificar estado de la barra de cilindrar.		X									
Verificar estado del carro longitudinal.		X									
Verificar estado del carro transversal.		X									
Verificar estado de la torre porta herramienta.		X									
Limpieza del filtro del sistema de refrigeración		X									
Revisar tanque, bomba y conductos.	X	X									
Revisar estado de accesorios de la máquina.		X									
OBSERVACIONES:											
REALIZADO POR: FIRMA: NOMBRE:						REVISADO POR: FIRMA: NOMBRE:					

- ✓ Inspección eléctrica (Ver la Anexo C)

Tabla 18. Inspección eléctrica Tornos paralelos

			
MÁQUINA: Torno Paralelo	FABRICANTE:	MODELO:	CÓDIGO VAL LTDA:

TIPO DE INSPECCIÓN: ELÉCTRICA											
ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		FECHA D/M/A:	
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
	Verificar estado de contactores, interruptores, relés, fusibles y cableado eléctrico	X	X								
Verificar correcto funcionamiento de los interruptores de parada del motor principal.	X	X									
Medir y registrar el valor de la corriente de consumo del motor principal.	X										
Verificar estado del sistema de alumbrado.		X									
Verificar que el motor principal no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento anormal	X										
OBSERVACIONES :											
REALIZADO POR: FIRMA: NOMBRE:						REVISADO POR: FIRMA: NOMBRE:					

9.1.1.4 Mantenimiento semestral

- Limpieza
 - ✓ Limpiar filtro del sistema de refrigeración

- Inspección
 - ✓ Inspección mecánica (Ver tabla #..inspeccion mecánica tornos paralelos)

9.1.1.5 cada 3000 horas de operación

- Lubricación
 - ✓ Limpieza de filtros en general
 - ✓ Cambio de aceite de los depósitos

9.1.1.6 Mantenimiento anual

- Inspección
 - ✓ Inspección de anclaje y pintura
 - ✓ Revisión de motores eléctricos
 - ✓ Revisión exhaustiva de la parte mecánica de la maquina
 - ✓ Regulación y ajuste de acuerdo al desgaste de guías, embragues, cojinetes, etc.

9.1.2 Fresadoras El operario se encarga diariamente de la limpieza de la máquina y observa que su nivel de aceite se encuentre en óptimas condiciones, esta fresadora utiliza aceite hidráulico Tellus 68 para su piñonearía.

La bancada del equipo se encuentra en perfectas condiciones, al igual que su eje portaherramientas y carro transversal

Esta máquina actualmente labora en jornadas de 8 horas durante toda la semana.

La empresa VAL LTDA no lleva reportes de las actividades de lubricación de las máquinas.

9.1.2.1 Mantenimiento diario

- Inspección
 - ✓ Verificar la posición y fijación de los topes de recorrido
 - ✓ Verificar estado de la conexión eléctrica de la maquina

- Limpieza
 - ✓ Al finalizar la actividad, los operarios deben limpiar la maquina con los implementos adecuados

- Lubricación
 - ✓ Lubricar las guías de las mesas, mínimo dos veces al día
 - ✓ Verificar el nivel de aceite en los depósitos, caja de avance. Reponer si es necesario
 - ✓ Verificar el funcionamiento de la bomba de aceite de la caja de velocidades

9.1.2.2 Mantenimiento semanal

- Lubricación
 - ✓ Lubricar tornillos de la mesa
- Limpieza
 - ✓ Limpiar cuidadosamente cada una de las partes externas e internas de la máquina

9.1.2.3 Mantenimiento trimestral

- Inspección
 - ✓ Inspección mecánica (Ver la Anexo B)

Tabla 20. Inspección mecánica Fresadoras

			
MÁQUINA: Fresadora	FABRICANTE:	MODELO:	CÓDIGO VAL LTDA:

TIPO DE INSPECCIÓN: MECÁNICA											
ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO			ASIGNADA POR:			ASIGNADA A:				.FECHA D/M/A:	
ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		TRIMESTRAL	SEMESTRAL
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO		
Verificar sujeción de los motores eléctricos.		X									
Verificar estado de palancas, volantes y accionamientos.		X									
Verificar estado de los topes de final de carrera las mesas.	X										
Verificar que no se presenten fugas de aceite en los Indicadores de nivel y flujo de aceite.		X									
Verificar estado de la consola.		X									

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		TRIMESTRAL	SEMESTRAL
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO		
Verificar estado de la caja de avances.		X									
Verificar estado de las mesas longitudinal y transversal.		X									
Verificar estado de la bomba de lubricación manual para las guías de las mesas		X									
Realizar limpieza del filtro de aspiración de la bomba de refrigeración		X									
Revisar sistema de refrigeración: Tanque, bomba, conductos.		X									
Revisar estado de los accesorios de la fresadora.		X									
Revisar sistema de refrigeración, tanque, conductos, etc.		X									
Realizar limpieza del filtro de aspiración de la bomba de refrigeración.		X									
Revisar el estado de los accesorios de la máquina.		X									
OBSERVACIONES:											
REALIZADO POR: FIRMA: NOMBRE:						REVISADO POR: FIRMA: NOMBRE:					

✓ Inspección eléctrica (Ver Anexo C)

Tabla 21. Inspección eléctrica Fresadoras

			
MÁQUINA: Fresadora	FABRICANTE:	MODELO:	CÓDIGO VAL LTDA:

TIPO DE INSPECCIÓN: ELÉCTRICA											
ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO											
ELEMENTO CONSTRUCTIVO	ASIGNADA POR:					ASIGNADA A:				FECHA D/M/A:	
	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		TRIM EST RAL	SEME STRAL
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO		
Verificar estado de contactores, interruptores, relés, fusibles y cableado eléctrico		X									
Verificar correcto funcionamiento de los interruptores de parada del motor principal.	X	X									
Verificar que el motor principal no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento anormal.	X										
Verificar que el motor de la caja de avances de las mesas no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento anormal.	X										
Medir y registrar el valor de la corriente de consumo del motor principal.	X	X									
Verificar estado del sistema de alumbrado.	X	X									
OBSERVACIONES :											
REALIZADO POR: FIRMA: NOMBRE:						REVISADO POR: FIRMA: NOMBRE:					

- Medición eléctrica
 - ✓ Medir corriente de consumo del motor de la maquina

9.1.2.4 Mantenimiento semestral

- Inspección
 - ✓ Inspección mecánica (Ver tabla # inspección mecánica Fresadoras)

- Limpieza
 - ✓ Limpiar filtro del sistema de refrigeración

9.1.2.5 Cada 3000 horas de refrigeración

- Lubricación
 - ✓ Cambio de aceite cabezal del usillo
 - ✓ Lubricación cojinete motor de la máquina
 - ✓ Limpieza de los filtros del sistema de lubricación

9.1.2.6 mantenimiento anual

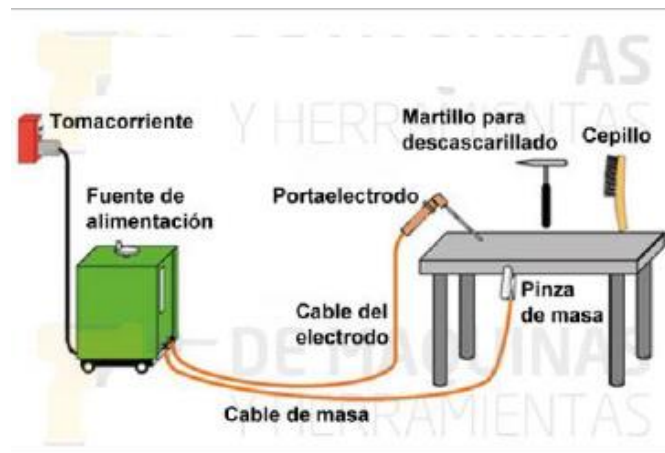
- Inspección
 - ✓ Inspección de anclaje y pintura
 - ✓ Revisión general y exhaustiva de la parte mecánica del equipo
 - ✓ Revisión general y exhaustiva de los motores eléctricos

9.2 ÁREA DE ESTRUCTURAS

Según los resultados del análisis de criticidad para esta área, el equipo que presentan mayor grado de criticidad es el soldador de arco [LINCOLN ZLECTRI]. A continuación las respectivas rutinas de mantenimiento con su periodicidad.

9.2.1 Soldador de arco

Figura 21. Soldador de arco



Fuente: DE MAQUINAS Y HERR Comamientas [en línea] disponible en: <http://www.demaquinasyherr.comamientas>

Debido a que los componentes del equipo están en su interior, requiere un mínimo mantenimiento. Los únicos que no están en el interior del equipo son la pinza porta electrodos y la pinza masa. Sin embargo estos elementos no precisan un gran mantenimiento día a día, estas piezas tienden a desgastarse con el tiempo, así que es un buen procedimiento comprobar su estado y sustituirlas cuando sea necesario.

9.2.1.1 Mantenimiento diario

- Los electrodos deben permanecer en un recipiente cerrado

- Los electrodos utilizados no se pueden dejar a la intemperie, ya que cogen humedad, creando un riesgo de oxidación
- Guardar siempre los electrodos en posición vertical para evitar golpes, impidiendo que se dañe el recubrimiento y perjudique su rendimiento

9.2.1.2 Mantenimiento trimestral

- Revisión de cables trimestralmente, en caso de deterioro cambiarlos

9.2.1.3 Mantenimiento semestral

- Revisión de pinzas porta electrodos y masa

9.2.2.4 Mantenimiento anual

- Anualmente se requiere una limpieza en el interior de la maquina debido a la acumulación de polvo, suciedad, suciedad en los ventiladores, cableado, transformadores y placas de características

9.3 ÁREA DE SUMINISTROS

Según los resultados del análisis de criticidad para esta área, el equipo que presentan mayor grado de criticidad es el compresor [CAMPBELL HAUSFELD].

9.3.1 Compresores Se encuentra ubicado en la zona de suministros y funciona de buena forma, se debe tener cuidado de algunas conexiones eléctricas en mal estado, las cuales son reparadas en conjunto con el supervisor de mantenimiento y el operario; quien recae la tarea de la limpieza del equipo.

A continuación se presenta una fotografía de un compresor perteneciente a dicha área con la respectiva rutina de mantenimiento para los compresores.

Figura 22. Compresor de área de suministro




9.3.1.1 Mantenimiento preventivo

- Revisar arranque, circuito y protecciones del motor eléctrico.
- Soplar los filtros de aire.
- Apretar tornillos, acoples, anclajes y cauchos amortiguadores.
- Cambiar aceite del compresor.
- Tensar las correas de transmisión.
- Cambiar filtros de aire.
- Revisión general del motor eléctrico.
- Cambiar correas de transmisión.

➤ Cronograma de mantenimiento preventivo compresores (ver la Anexo A)

Tabla 24. Cronograma de mantenimiento preventivo Compresores

																																																					
CODIGO VAL LTDA:		EQUIPO: Compresores												FABRICANTE:												MODELO:												FECHA:															
CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																					
ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Revisar arranque, circuito y protecciones del motor eléctrico	Trimestral																																																				
Sopletear los filtros del aire	Trimestral																																																				
Apretar tornillos, acoples, anclajes y cauchos amortiguadores	Trimestral																																																				
Cambiar aceite del compresor	Trimestral																																																				
Cambiar los filtros de aire	Semestral																																																				
Revisión general del motor eléctrico	Semestral																																																				
Cambiar correas de transmisión	Anual																																																				

9.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO DE VAL LTDA.

Entre los objetivos planteados del presente proyecto se estableció la implementación de un sistema de información para la gestión del mantenimiento de la empresa Val Ltda, el cual se diseñó por medio del lenguaje de programación PHP y base de datos MYSQL, de acuerdo a los parámetros como facilidad del manejo y uso de la información.

Este sistema de información es muy útil para la gestión y administración de mantenimiento, lo cual permite a la empresa obtener buenos resultados en cuanto a:

- Definición de procesos óptimos.
- Normalización de procedimientos.
- Obtención de indicadores de gestión.

Esta herramienta es de vital importancia en la implementación del plan de mantenimiento preventivo, debido a que con ella se tienen los instrumentos y guías necesarias para realizar cada labor concerniente a dicha metodología.

Además con el desarrollo tecnológico que ha tenido la industria no era posible que labores que mantienen funcionando una empresa(a nivel de maquinaria) carezcan de esta característica, por tal razón se tuvo que integrar, logrando con esto que la administración del mantenimiento resultara mucho más fácil, además permitió llevar indicadores de dicha gestión, evidenciando que tan efectiva resultaba la implementación.

Val Ltda no ha sido ajeno a este desarrollo, por tal razón decidió junto con la asesoría brindada por la Universidad Industrial de Santander, complementar la implementación de los procesos de mantención.

La recopilación de información que se hizo previamente en la empresa a manera de inventarios, codificación de equipos, análisis de criticidad y demás aspectos, son el apoyo fundamental en el desarrollo del sistema de información. Para el desarrollo del sistema de información se utilizó el lenguaje de programación PHP.

9.4.1 Lenguaje de programación PHP¹¹ PHP es un lenguaje de programación de uso general de código del lado del servidor, originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. Fue uno de los primeros lenguajes de programación del lado del servidor que se podían incorporar directamente en el documento HTML en lugar de llamar a un archivo externo que procese los datos. El código es interpretado por un servidor web con un módulo de procesador de PHP que genera la página web resultante. PHP ha evolucionado por lo que ahora incluye también una interfaz de línea de comandos que puede ser usada en aplicaciones graficas independientes.

Puede ser usado en la mayoría de los servidores web al igual que en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin ningún costo.

Fue creado originalmente por Rasmus lerdorf en 1995. Actualmente el lenguaje sigue siendo desarrollado con nuevas funciones por el grupo PHP. Este lenguaje forma parte del software libre publicado bajo la licencia PHP, que es incompatible con la licencia publica general de GNU debido a las restricciones del uso del término PHP.

¹¹ WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE Lenguaje de programación PHP [en línea] disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/PHP>>

9.4.1.1 Características de PHP¹²

- Orientado al desarrollo de aplicaciones web dinámicas con acceso a información almacenada en una base de datos.
- Es considerado un lenguaje fácil de aprender, ya que en su desarrollo se simplificaron distintas especificaciones, como es el caso de la definición de las variables primitivas, ejemplo que se hace evidente en el uso de php arrays.
- El código fuente escrito en PHP es invisible al navegador web y al cliente, ya que es el servidor el que se encarga de ejecutar el código y enviar su resultado HTML al navegador. Esto hace que la programación en PHP sea segura y confiable.
- Capacidad de conexión con la mayoría de los motores de base de datos que se utilizan en la actualidad, destaca su conectividad con MySQL y PostgreSQL.
- Posee una amplia documentación en su sitio web oficial, entre la cual se destaca que todas las funciones del sistema están explicadas y ejemplificadas en un único archivo de ayuda.
- Es libre, por lo que se presenta como una alternativa de fácil acceso para todos.
- Permite aplicar técnicas de programación orientada a objetos. Incluso aplicaciones como Zend Framework, empresa que desarrolla PHP, están totalmente desarrolladas mediante esta metodología.
- No requiere definición de tipos de variables aunque sus variables se pueden evaluar también por el tipo que estén manejando en tiempo de ejecución.
- Tiene manejo de excepciones (desde PHP5).
- Si bien PHP no obliga a quien lo usa a seguir una determinada metodología a la hora de programar, aun haciéndolo, el programador puede aplicar en su trabajo cualquier técnica de programación o de desarrollo que le permita escribir código ordenado, estructurado y manejable. Un ejemplo de esto son

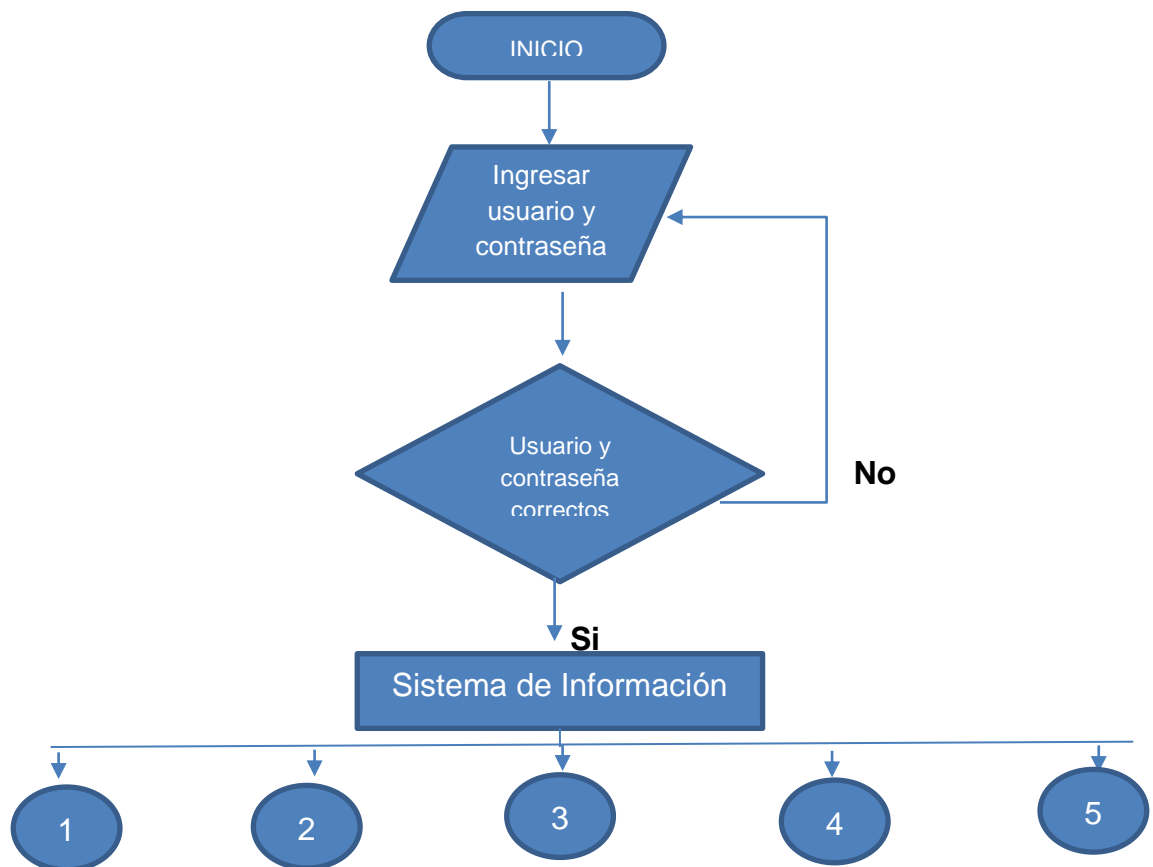
¹² WIKIPEDIA ENCICLOPEDIA LIBRE Características de PHP [en línea] disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/PHP#caracter.c3.ASsticas de PHP>>

los desarrollos que en PHP se han hecho del patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC), que permiten separar el tratamiento y acceso a los datos, la lógica de control y la interfaz de usuario en tres componentes independientes.

- Debido a su flexibilidad ha tenido una gran acogida como lenguaje base para las aplicaciones WEB de manejo de contenido, y es su uso principal.

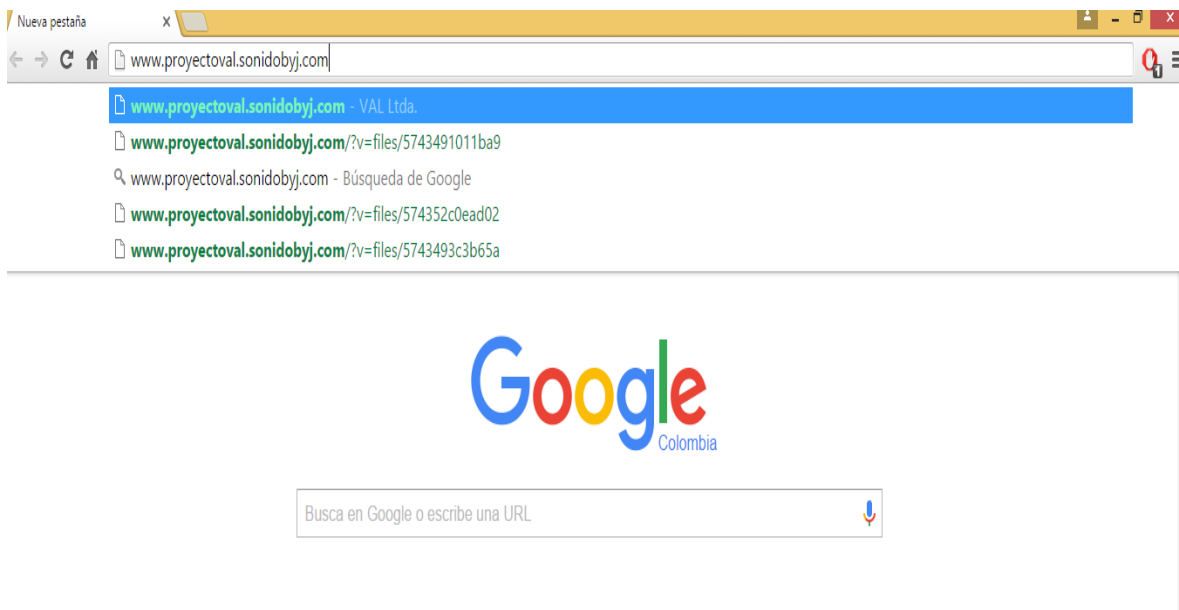
9.4.2 Análisis detallado de los módulos del sistema de información De acuerdo a los módulos planteados inicialmente se logró obtener una interfaz que permitiera acceder de una forma sencilla a los diferentes campos, lo que contribuirá en la mejora del departamento de mantenimiento de la empresa VAL LTDA.

Figura 23. Diagrama de flujo del sistema de información



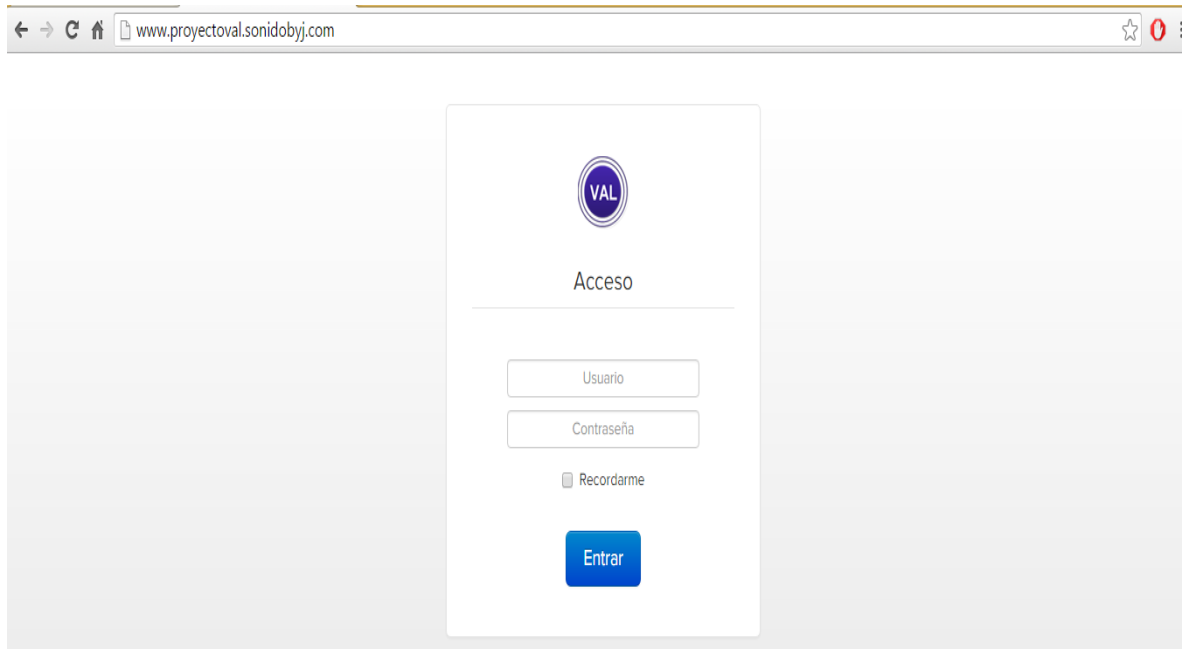
9.4.2.1 Ingreso al sistema de información. Para ingresar al sistema, se necesita de un computador el cual posea acceso a internet. Abrimos una pestaña e introducimos el siguiente enlace web: <http://www.proyectoal.sonidobyj.com/>, este por lo general en la mayoría de computadores queda guardado, lo que permite una búsqueda rápida a la hora de querer acceder de nuevo al sistema de información.

Figura 24. Entrada al sistema de información



9.4.2.1.1 Pantalla usuario-administrador Luego de ingresar al enlace antes mencionado, de inmediato se despliega nuestra entrada al sistema de información creada para Val Ltda. Para poder hacer un ingreso se debe contar con un usuario y su respectiva contraseña.

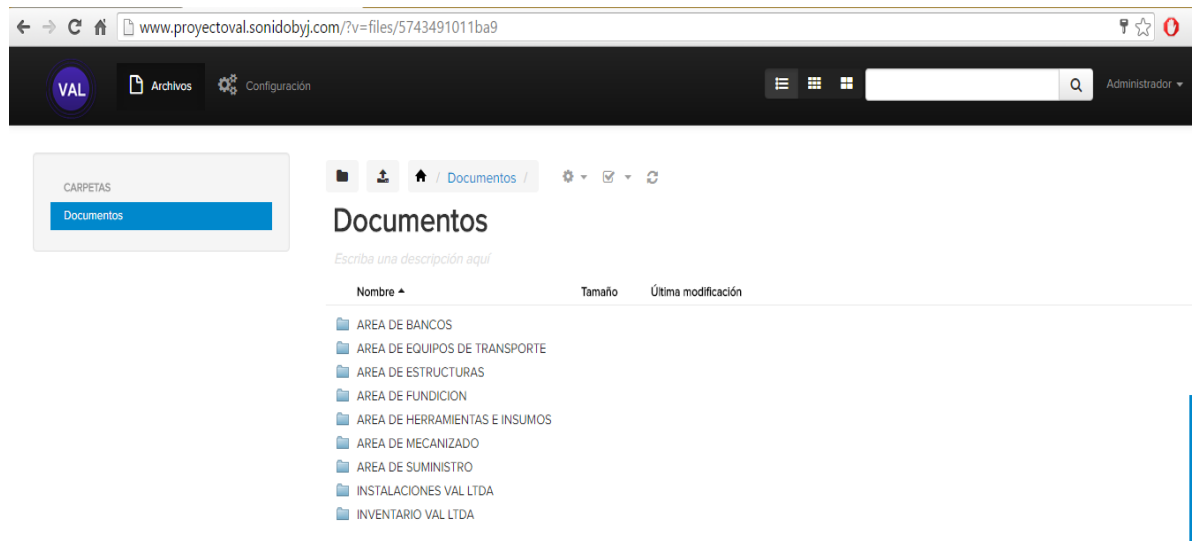
Figura 25. Pantalla Usuario-Administrador



En este caso se crearon dos usuarios los cuales serán administrador e invitado. Uno será para empleados (invitado), y el otro para administrativos (administrador), según sea el interés. Luego en el espacio referido a contraseña se introduce esta con la cual se podrá acceder al sistema. Cuando el sistema verifique estos datos permitirá el acceso a los módulos con sus características debidamente visible.

9.4.2.2 Pantalla de inicio En esta ventana se observa cada uno de los módulos desplegados por toda la vista principal de nuestro pantallazo de inicio; nos brindan la opción de realizar registro, modificación y visualización de la información del programa de mantenimiento por medio de los datos almacenados en la base de datos.

Figura 26. Pantalla de Inicio



9.4.2.3 Interfaz de los módulos Al realizar el inventario en la empresa Val Ltda., todos los equipos se codificaron dependiendo del área donde este presta el servicio.

En la siguiente imagen se puede ver organizado por carpetas todas las áreas de trabajo de los diferentes equipos. Cada carpeta contiene todos los archivos relacionados a los diferentes módulos del sistema de información, a excepción de los módulos de indicadores de gestión y órdenes de trabajo, los cuales aparecen en la parte derecha de la pantalla.

Los módulos a los cuales se puede acceder por medio de sistema de información son:

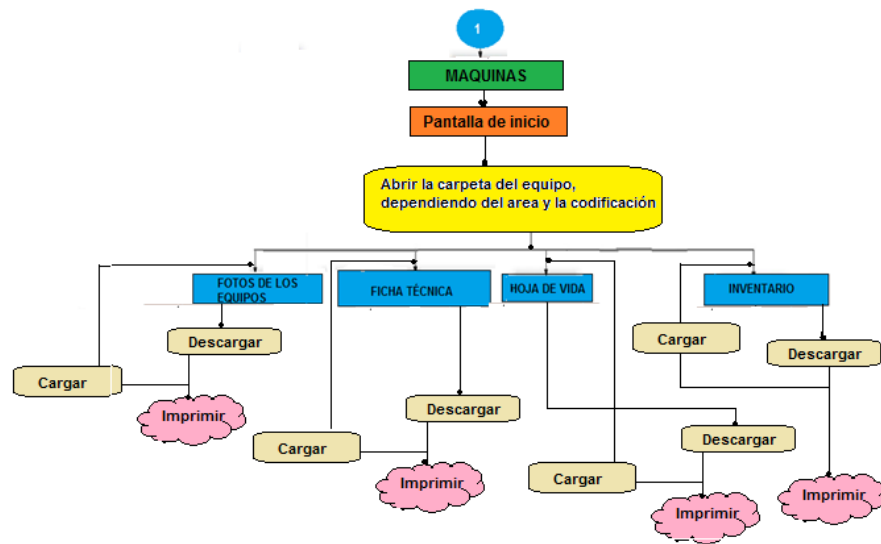
- Módulo de maquinas
- Módulo ordenes de trabajo (Pendientes)
- Módulo indicadores de gestión
- Módulo acciones de mantenimiento
- Módulo empresa

Figura 27. Módulos del sistema de información



9.4.2.3.1 Modulo Equipos

Figura 28. Diagrama de flujo del módulo de maquinas



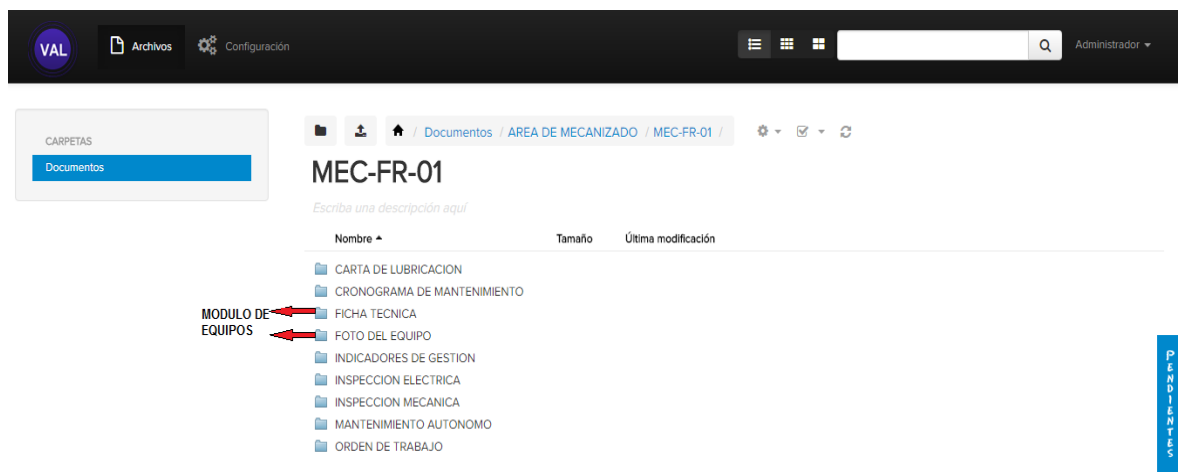
Este módulo hace referencia a los siguientes archivos:

- Inventario de los equipos
- Fichas técnicas

- Codificación
- Fotos de los equipos

Si queremos obtener esta información de un equipo, debemos conocer a que área pertenece y su respectivo código, luego abrimos la carpeta de dicha área, la cual nos muestra las carpetas relacionadas al módulo de equipos.

Figura 29. Módulo de equipos

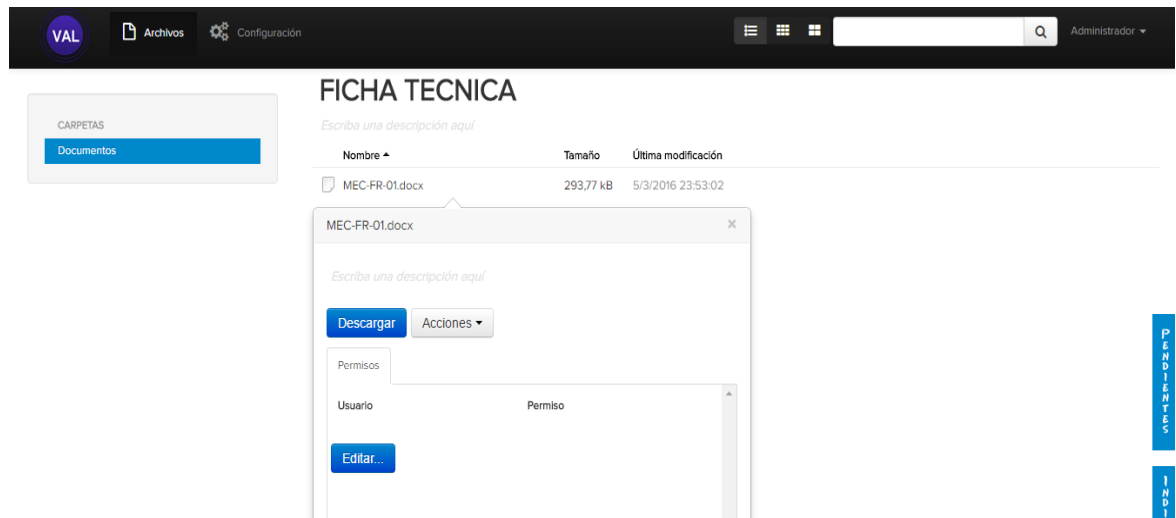


Todos estos archivos se pueden descargar, editar y volverlos a cargar en la página web, lo que es una ventaja, ya que si se ingresa un nuevo equipo a la empresa, sus datos son agregados a los archivos anteriores.

En la carpeta de ficha técnica encontraremos información general del equipo como nombre del equipo, Fabricante, código, especificaciones técnicas del fabricante, observaciones y su respectiva imagen. Además en la carpeta foto del equipo se hallan todas las imágenes correspondientes a todos los equipos pertenecientes a la empresa Val Ltda. El inventario y codificación de todos los equipos se encuentran en la carpeta llamada: inventario Val Ltda., que está ubicada en la pantalla principal del sistema de información.

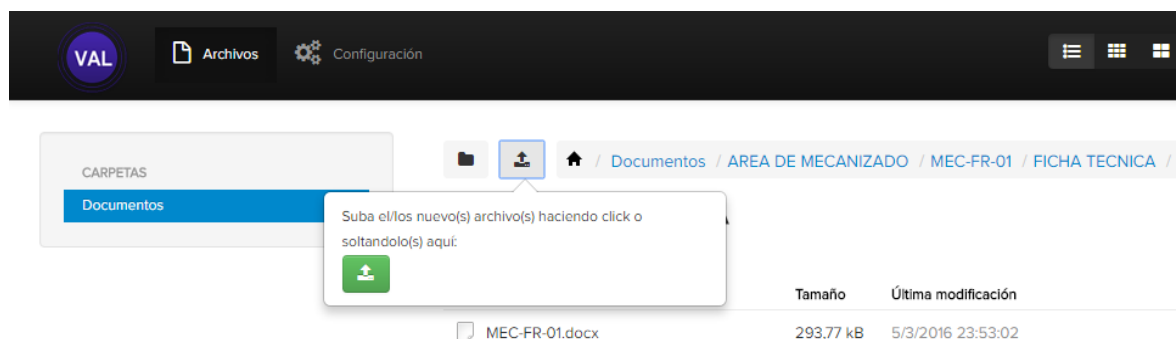
Al abrir alguna carpeta relacionada con el módulo de equipos encontramos un archivo. Le damos clic izquierdo sobre el archivo y nos aparece una ventana la cual nos brinda la opción de descargarlo en nuestro computador, esto nos permite editarlo. Ver siguiente figura.

Figura 30. Descarga de archivos



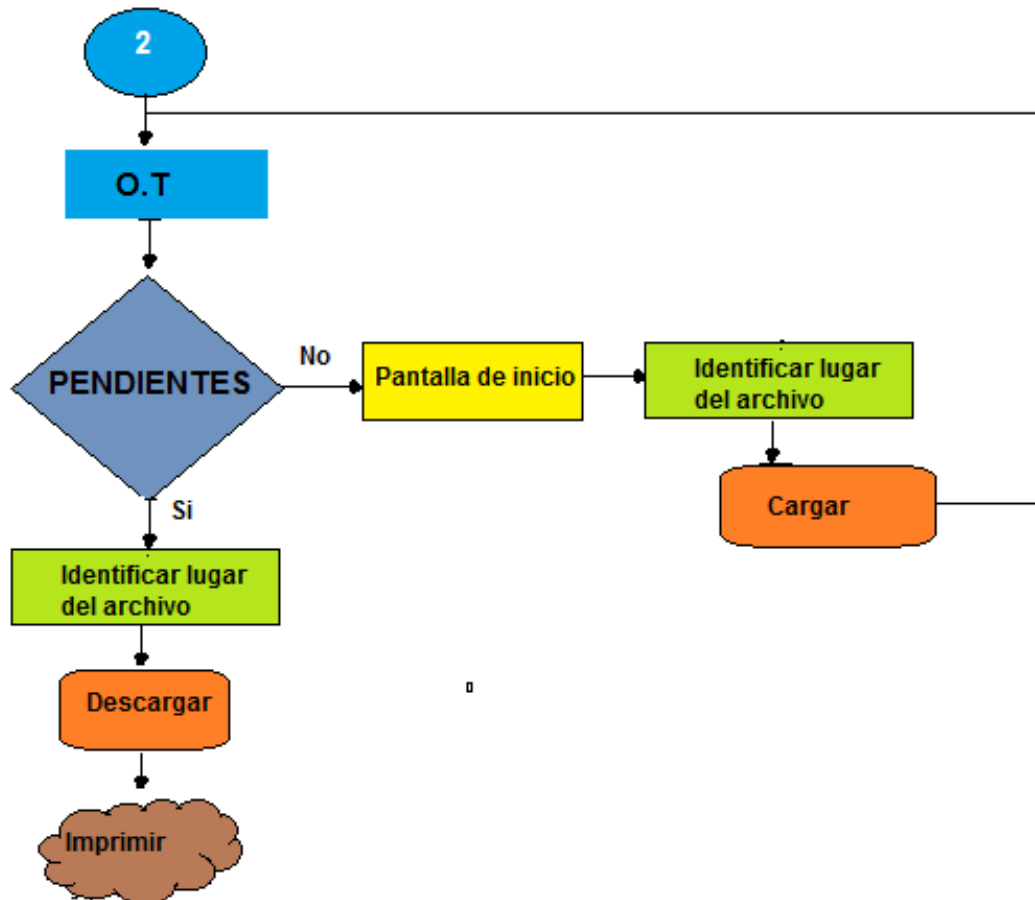
Luego de hacer las modificaciones requeridas se guarda el archivo en el computador y se sube de nuevo al sistema de información. Ver siguiente figura.

Figura 31. Subir archivos



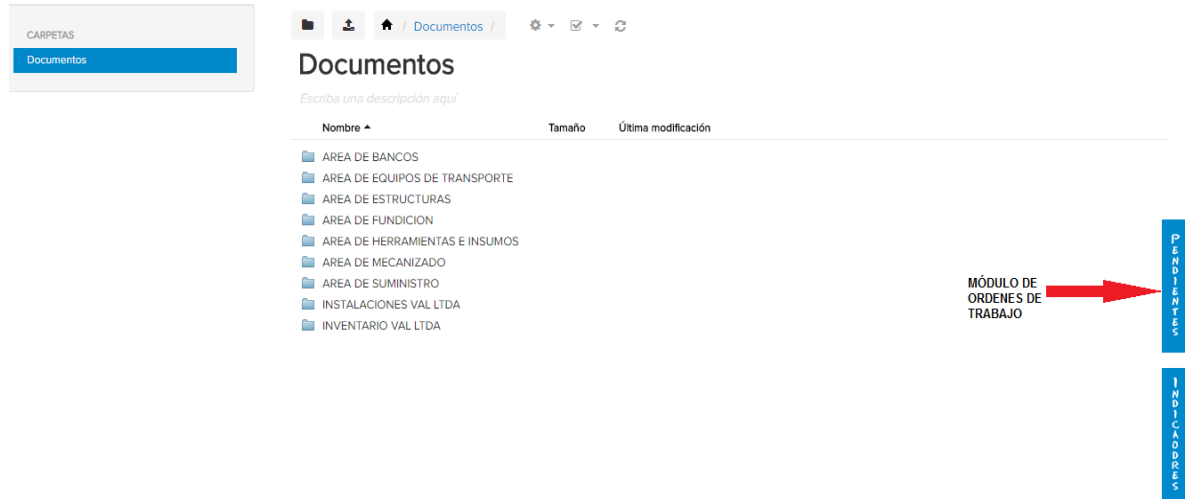
9.4.2.3.2 Modulo órdenes de Trabajo

Figura 32. Diagrama de flujo del módulo ordenes de trabajo (OT)



Este módulo se encuentra ubicado en la parte derecha de nuestra pantalla principal, se resalta con color azul y se nombra como: pendientes.

Figura 33. Módulo ordenes de trabajo



Al hacer clic sobre este módulo, este nos muestra las órdenes de trabajo pendientes. Ver figura siguiente.

Figura 34. Orden de trabajo pendiente



Si la empresa requiere una orden de trabajo se debe hacer lo siguiente:

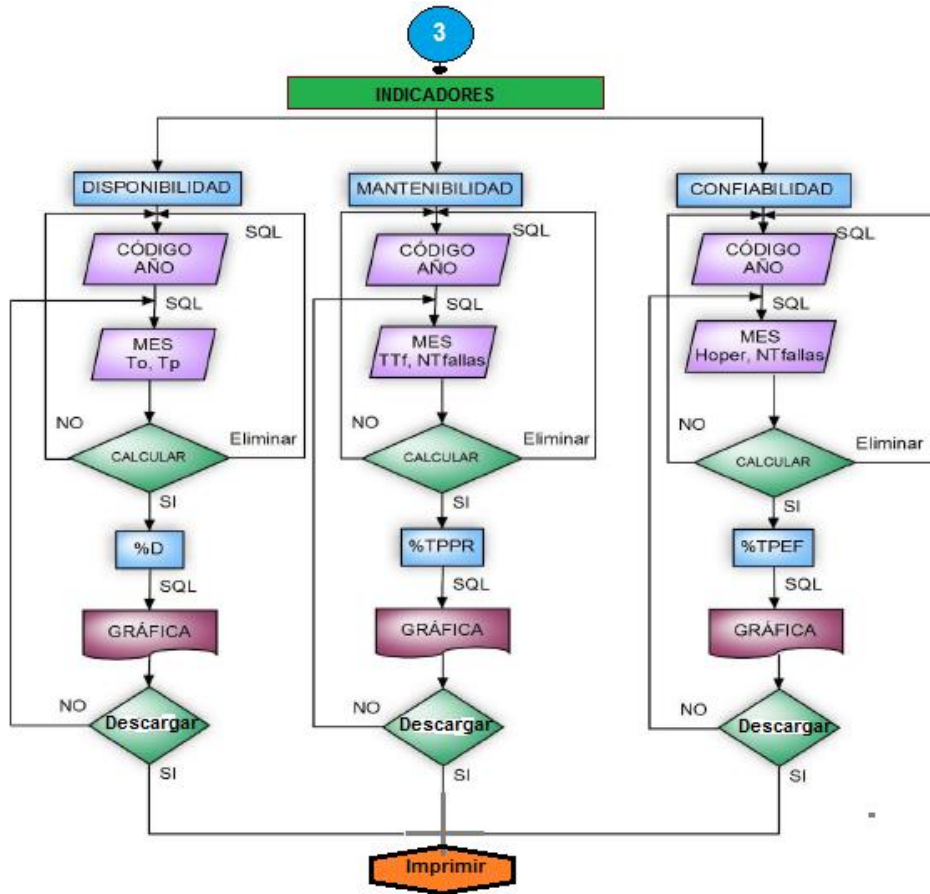
1. Se identifica el equipo que requiere la orden de trabajo
2. Dependiendo del área y codificación, se ubica la carpeta del equipo referido
3. Dentro de la carpeta del equipo, se abre la carpeta “orden de trabajo”
4. Teniendo el archivo de la orden de trabajo previamente diligenciado y guardado en el computador, se sube el archivo.

Al abrir el módulo de orden de trabajo (pendientes), nos va aparecer este archivo como pendiente.

Esto funciona como una alarma para los empleados, ya que ellos pueden ver los trabajos pendientes que se deben realizar a los equipos.

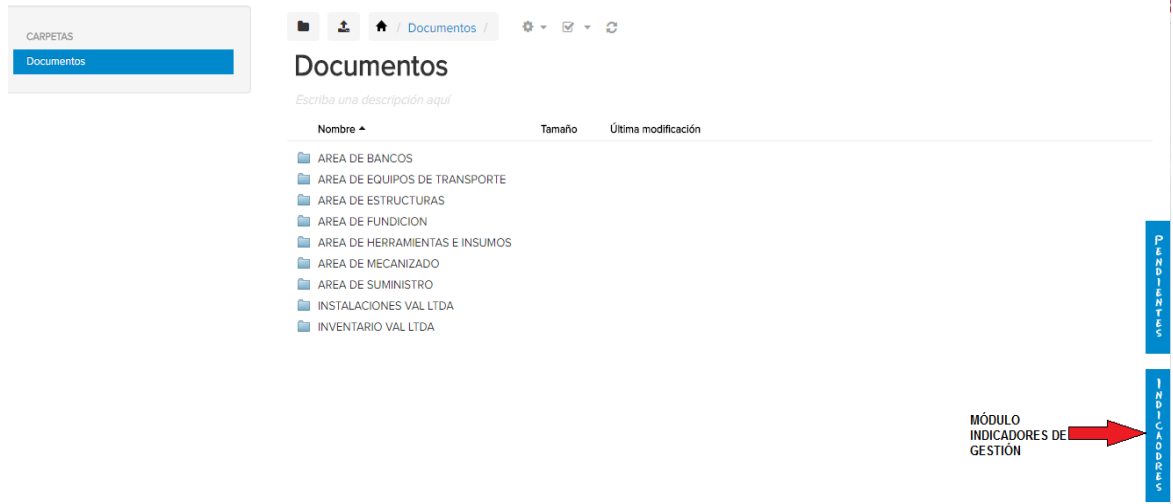
9.4.2.3.3 Modulo Indicadores de Gestión

Figura 35. Diagrama de flujo del módulo indicadores



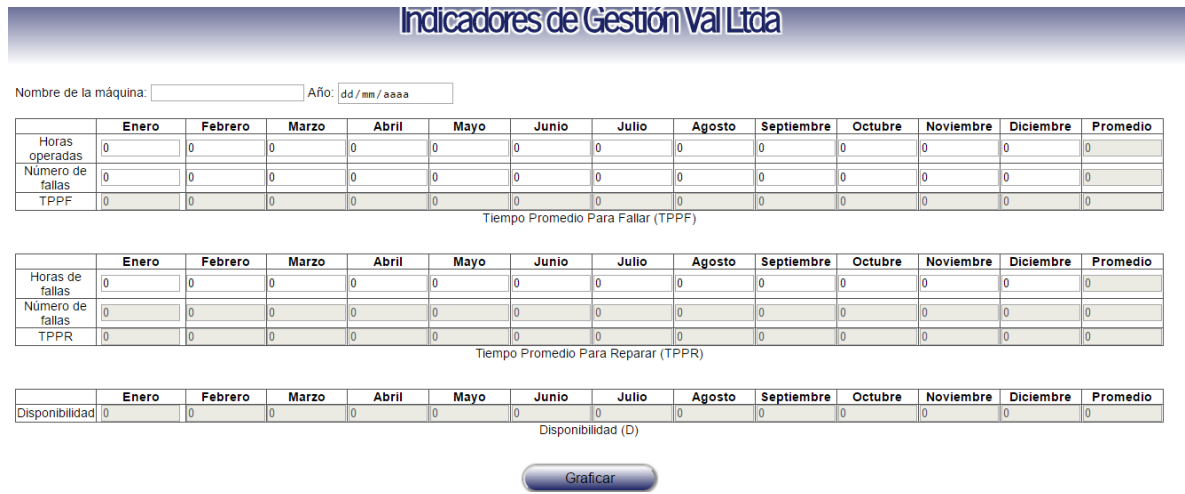
El módulo de indicadores de gestión se encuentra ubicado en la parte derecha de nuestra pantalla principal. Ver siguiente figura.

Figura 36. Módulo indicadores de gestión



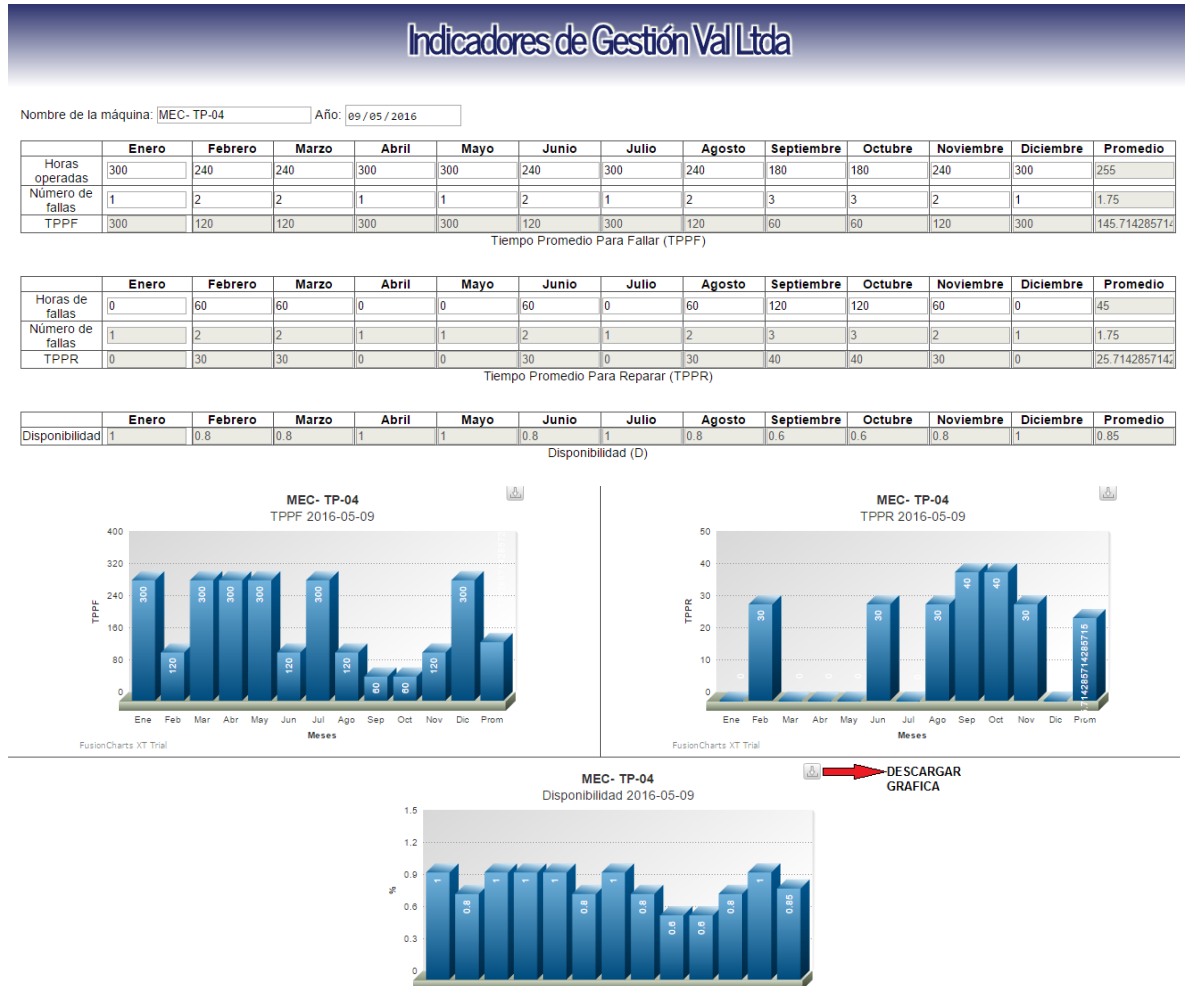
Al abrir este módulo, podemos encontrar las opciones para calcular y graficar algunas variables como son la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad. Ver siguiente figura.

Figura 37. Pantalla indicadores de gestión



Se deben ingresar los datos requeridos para el cálculo de las variables antes descritas, luego se da clic sobre la opción graficar, esto permite obtener los cálculos y las gráficas de las variables. Ver figura siguiente.

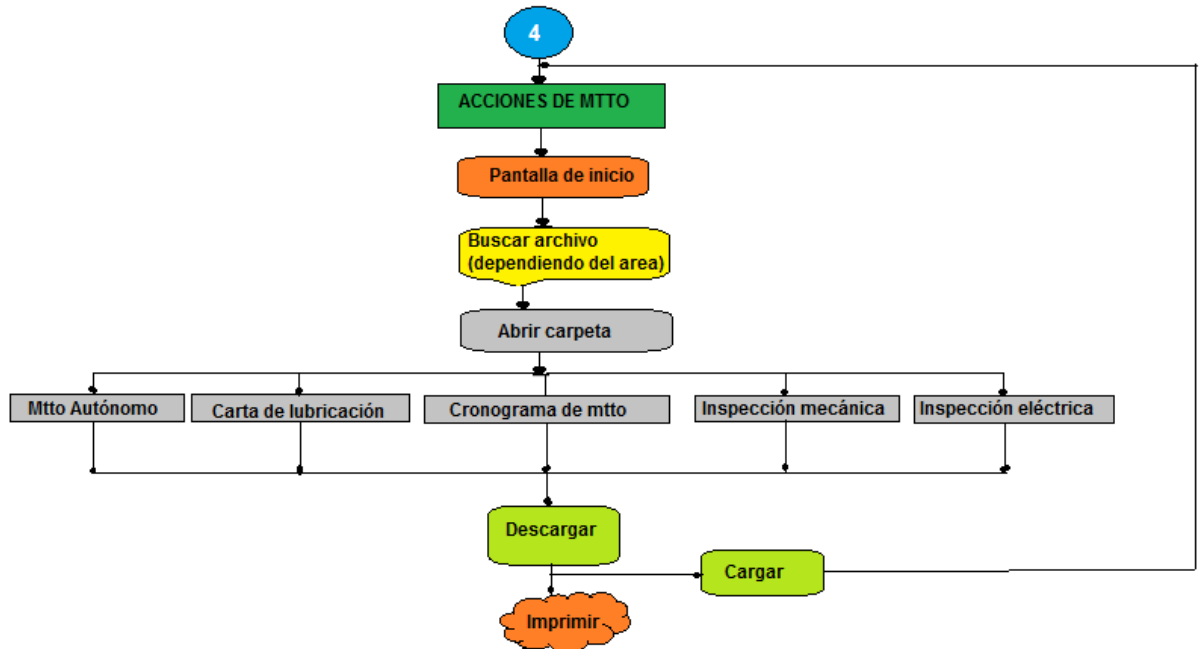
Figura 38. Cálculo y graficas de los indicadores de gestión



Después de obtener las gráficas, en la parte superior derecha de cada grafica esta la opción de descargar la gráfica, la cual guardamos de manera organizada (por fechas) en nuestro computador, esto nos permite llevar el historial de disponibilidad de cada equipo.

9.4.2.3.4 Modulo Acciones de Mantenimiento

Figura 39. Diagrama de flujo del módulo acciones de mantenimiento

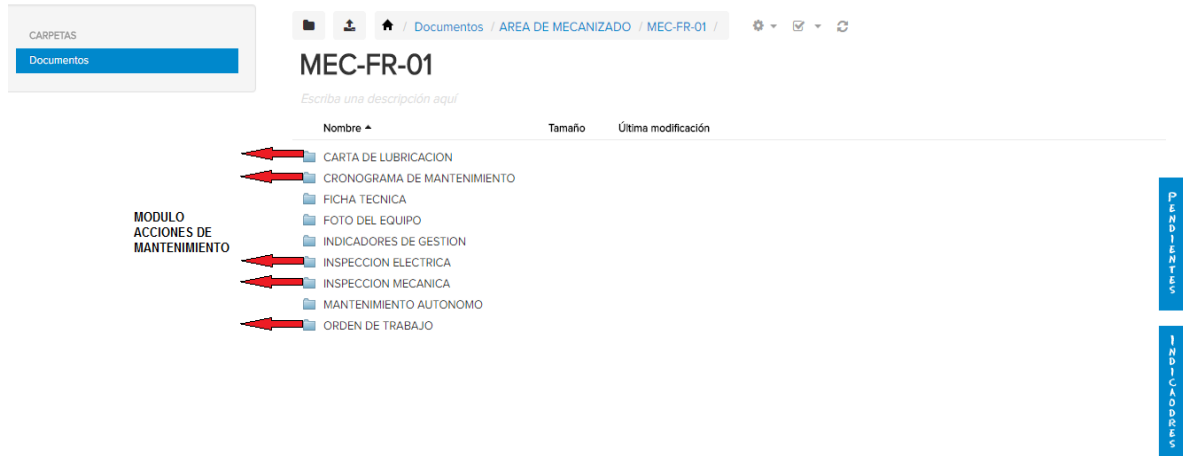


Este módulo hace referencia a las siguientes carpetas:

- Carta de lubricación
- Cronograma de mantenimiento
- Inspección eléctrica
- Inspección mecánica
- Mantenimiento autónomo

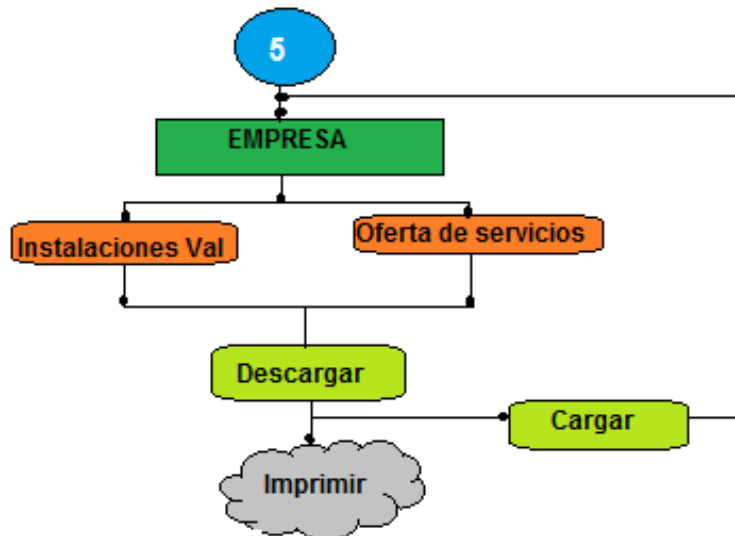
Al ingresar a la página principal del sistema de información, ubicamos la carpeta del equipo requerido. Al ingresar, encontramos las carpetas relacionadas con el módulo acciones de mantenimiento, en ellas podemos, descargar, editar y subir archivos, lo que nos permite tener actualizada la base de datos. Ver siguiente figura.

Figura 40. Módulo acciones de mantenimiento.



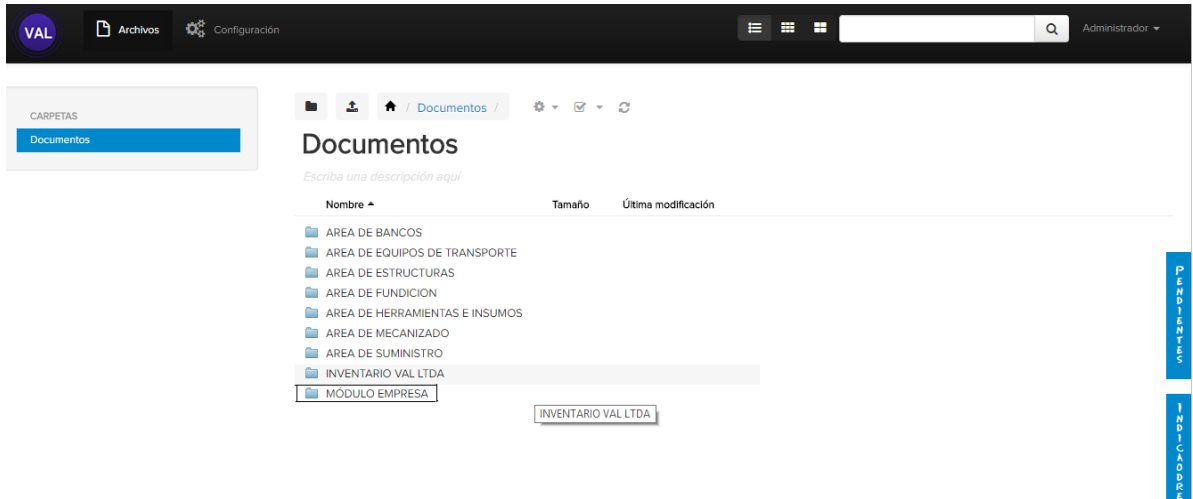
9.4.2.3.5 Modulo Empresa

Figura 41. Diagrama de flujo del módulo empresa



Esta sección se encuentra ubicada en la página de inicio del sistema de información. Al ingresar a esta carpeta encontramos información relacionada con los datos personales de la empresa Val Ltda. Ver siguiente figura.

Figura 42. Módulo empresa



10. VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Para la implementación del departamento de mantenimiento en la empresa VAL LTDA, se debe realizar un estudio de la viabilidad con el fin de determinar si es posible ejecutarlo desde el punto de vista económico.

Lo anterior comprende analizar los costos de mantenimiento que ha vendido teniendo la empresa los últimos meses y los nuevos costos que provoca la implementación del departamento de mantenimiento.

La empresa VAL LTDA ha venido utilizando mantenimiento correctivo a sus equipos y no cuenta con un departamento de mantenimiento que lleve un historial detallado el cual represente los gastos que implica este mantenimiento correctivo.

Los costos de mantenimiento se pueden clasificar de la siguiente forma:

Tabla 25. Clasificación de los costos de mantenimiento

Costos	Descripción
Fijos	Representado por los recursos humanos, materiales y equipos necesarios para realizar el mantenimiento
Variables	Representado por los recursos humanos materiales y equipos asociados a la variación de la producción, paradas de planta
Financieros	Representado por el valor de repuestos en almacén y el valor total de repuestos (control de inventarios)
Penalización	Representado los costos asociados a la pérdida de beneficios que la empresa sufre a consecuencia de fallas atribuibles a mantenimiento y pueden derivar de: <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Productos rechazados por mala calidad <input type="checkbox"/> Pérdida de materia prima o reprocesamiento <input type="checkbox"/> Producción paralizada o a bajo ritmo <input type="checkbox"/> Uso ineficiente de la energía <input type="checkbox"/> Accidentes laborales <input type="checkbox"/> Daños del medio ambiente

Fuente: Costos de mantenimiento, Alberto Pertuz

10.1 COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se recogió información de los últimos tres meses de acuerdo a la tabla anterior y con esto se calculó los gastos de los últimos cuatro meses utilizando mantenimiento correctivo. Estos valores son aproximados según la información brindada por la empresa. Ver siguiente tabla:

Tabla 26. Costos de mantenimiento correctivo VAL LTDA

MANTENIMIENTO CORRECTIVO					
		ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Costos	Descripción	Valor \$	Valor \$	Valor \$	Valor \$
Fijos	Mano de obra	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000
	Materiales	800.000	800.000	800.000	800.000
Variables	Paradas imprevistas	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000
Financieros	Inventario de repuestos	700.000	700.000	700.000	700.000
Penalización	Producto no conforme	1.200.000	1.600.000	1.700.000	2.000.000
	TOTAL \$	11.200.000	11.600.000	11.700.000	12.000.000

Como se puede observar hay un aumento consecutivo en los meses de mayo, junio y julio, lo que se puede explicar que a mayor trabajo y no tener las maquinas en condiciones óptimas los costos por producto no conforme tienden a aumentar.

Estos datos nos muestran una tendencia de crecimiento en el valor utilizado para el mantenimiento correctivo de los últimos meses, lo que requiere un plan programado de mantenimiento para reducir estos gastos y mantener la vida útil de las máquinas, lo que permite mayor productividad de la empresa

El plan de mantenimiento preventivo juega un papel importante para reducción de costos y el aumento de ganancias para la empresa.

10.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Para realizar el estudio de la viabilidad del plan de mantenimiento, inicialmente es necesario establecer un departamento de mantenimiento el cual contara con los recursos propuestos en la tabla 26. De acuerdo con estos recursos se determina la inversión que se debe aportar para su ejecución (tabla 26).

Figura 43. Departamento de mantenimiento propuesto

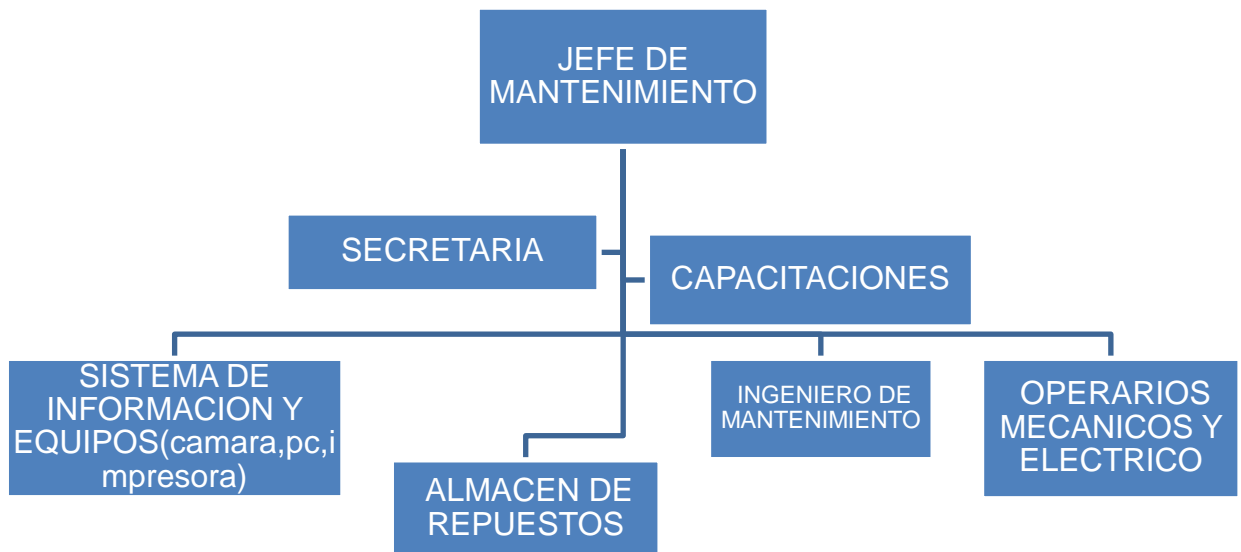


Tabla 27. Inversión para la implementación del departamento de mantenimiento

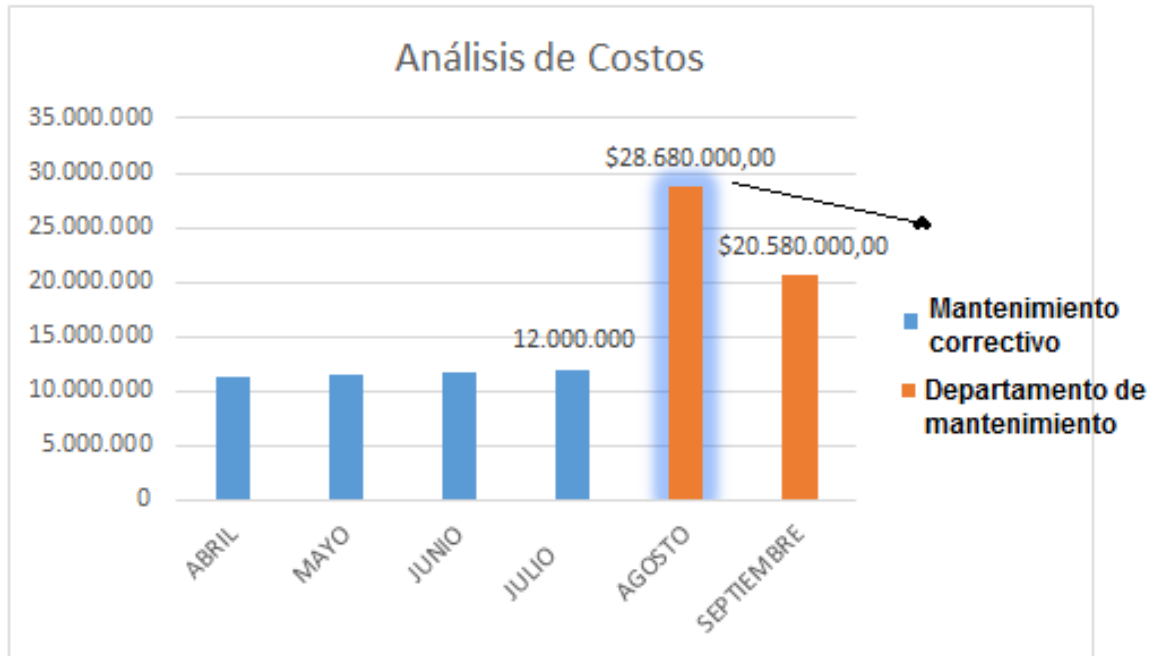
INVERSION DE IMPLEMENTACION DEL DEPARTAMENTO DE MTTD	
Costos	VALOR \$
Jefe de mantenimiento	5.000.000
Ingeniero de mantenimiento	3.000.000
2 mecánicos	3.000.000
1 Eléctrico	1.500.000
Secretaria	1.200.000
Equipos (computador, cámara, impresora)	3.000.000

INVERSION DE IMPLEMENTACION DEL DEPARTAMENTO DE MTTO	
Costos	VALOR \$
Sistema de información	4.000.000
Materiales del almacén de repuestos	1.000.000
Capacitación	1.200.000
Servicios (internet, luz)	1.000.000
Otros (20%)	4.780.000
TOTAL	28.680.000

De acuerdo a lo anterior y observando la figura 44, se puede concluir:

- El mantenimiento correctivo según los parámetros antes mencionados tiende a ir aumentando con el pasar del tiempo. Esto debido a que la disponibilidad de las maquinas es incierta, lo que produce paradas imprevistas generando costos. Se prevé que con el sistema de información la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos aumente, lo que permite reducir costos de mantenimiento.
- El costo de la implementación del departamento de mantenimiento supera el costo del correctivo del último mes (julio) pero para el siguiente mes (septiembre) este costo disminuye ya que no se debe volver a invertir en gastos como: Capacitaciones, sistema de información, equipos (computadora, cámara, impresora), por lo que el gasto para el mes de septiembre es de: \$ 20.580.000. Con la implementación del departamento de mantenimiento se estima que se reduzcan los costos generados por: paradas imprevistas, producto no conforme e inventario de repuestos.
- No se necesita tener grandes stock de repuestos ya que a medida que se necesiten se van comprando, con una debida programación.
- Se estima que con el programa de mantenimiento se aumenta en 10% - 15% la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, reduciendo los costos de mantenimiento.

Figura 44. Análisis de costos



Luego de obtener la inversión inicial, se procede a evaluar la viabilidad del programa de mantenimiento con base en la estimación de los flujos de caja. Disponemos de tres parámetros a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto:

10.2.1 Valor actual neto (VAN) El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable. La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

Ecuación 6. Valor actual neto

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^n \frac{Q_n}{(1+i)^n}$$

Donde;

- I es la inversión
- Q_n es el flujo de caja del mes n
- i es la tasa de interés
- n es el número de meses de la inversión

El criterio de decisión en base al VAN es el siguiente:

- Si $VAN > 0$, el proyecto es aceptable
- Si $VAN < 0$, el proyecto es rechazable
- Si $VAN = 0$, el proyecto resulta indiferente.

10.2.2 Tasa interna de retorno (TIR) La tasa interna de retorno, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) es igual a cero. Estos valores VAN son calculados a partir del flujo de caja mensual, trayendo todas las cantidades futuras-flujos negativos y positivos- al presente.

También es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la inversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje.

La tasa interna de retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que se lee a mayor TIR, mayor rentabilidad. Por esta razón, se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

El criterio de decisión consiste en comparar la TIR del proyecto con la tasa de interés mínima deseada para el proyecto (i).

- $TIR = i$, la inversión es indiferente
- $TIR > i$, la inversión es aceptable
- $TIR < i$, la inversión es rechazable.

Analíticamente se calcula despejando el tipo de descuento (r) que iguala el VAN a cero.

Ecuación 7. Tasa interna de retorno (TIR)

$$-A + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_1}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0$$

Siendo:

R = La tasa de retorno TIR que en este caso es la incógnita.

A = Desembolso inicial

Q₁, Q₂,.....Q_n = Flujos netos de caja de cada periodo

10.2.3 Plazo de recuperación de la inversión (PAY-BACK) Este método de análisis, se basa en calcular el tiempo que vamos a tardar en recuperar la inversión inicial, es decir, el tiempo necesario para que las entradas de caja generadas por la inversión, cubran todas las salidas originadas por la misma.

El número de meses que se tarda en recuperar la inversión es crucial a la hora de decidir si se ejecuta un proyecto o no.

La fórmula para el cálculo del Pay-Back es la siguiente:

Ecuación 8. Plazo de recuperación de la inversión

$$\text{Periodo de PayBack} = \left[\begin{array}{l} \text{Periodo ultimo con flujo} \\ \text{acumulado negativo} \end{array} \right] + \left[\frac{\text{Valor absoluto del ultimo flujo acumulado negativo}}{\text{Valor de flujo de caja en el siguiente periodo}} \right]$$

10.2.4 Resultados del análisis económico Luego de obtener el valor inicial del proyecto, pasamos a evaluar la implementación del departamento de mantenimiento mediante el valor presente neto mencionado anteriormente. La inversión inicial es de: \$ 28.680.000 y se plantea un tiempo máximo de 12 meses para la recuperación de la inversión con una tasa de interés del 2 % mensual, una inflación de cobros del 3% y una inflación de pagos del 1,2%. Estos datos son tomados de la inflación actual del país. Si la tasa de rentabilidad es mayor que el interés del proyecto es viable.

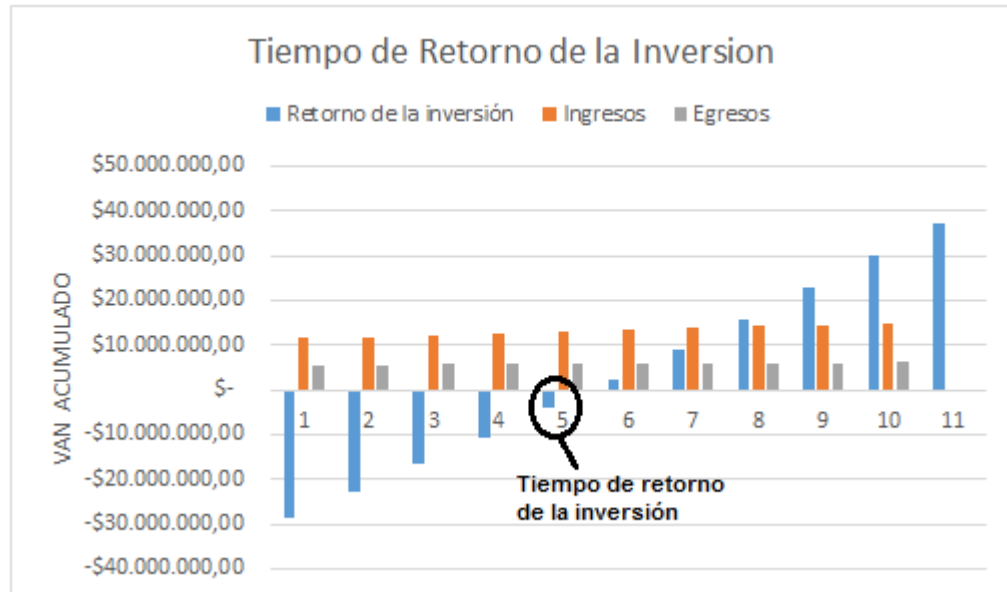
Actualmente se puede utilizar calculadoras financieras o de programas informáticos como Excel, que incluye funciones que calculan la TIR con tan solo introducir el valor de desembolso inicial y de flujos de caja

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos que son valores tangibles para medir la viabilidad de la implementación del departamento de mantenimiento; si la empresa recupera la inversión inicial y en cuanto tiempo.

Tabla 28. Resultado del análisis de inversión

ANALISIS DE LA INVERSION						
Capital	\$28.680.000,00		Tasa		2%	
Ingresos	\$11.500.000,00		Inflación de cobros		3%	
Egresos	\$5.500.000,00		Inflación de pagos		1%	
			Meses		12	
Mes	Inversión	Ingresos	Egresos	Flujos de caja	Valor actual	Acumulado
0	-\$28.680.000,00			-\$28.680.000,00	-\$28.680.000,00	-\$28.680.000,00
1		\$ 11.500.000,00	\$5.500.000,00	\$ 6.000.000,00	\$5.882.352,94	-\$22.797.647,06
2		\$ 11.845.000,00	\$5.566.000,00	\$ 6.279.000,00	\$6.035.178,78	-\$16.762.468,28
3		\$ 12.200.350,00	\$5.632.792,00	\$ 6.567.558,00	\$6.188.756,59	-\$10.573.711,69
4		\$ 12.566.360,50	\$5.700.385,50	\$ 6.865.975,00	\$6.343.099,60	-\$ 4.230.612,10
5		\$ 12.943.351,32	\$5.768.790,13	\$ 7.174.561,18	\$6.498.221,11	\$ 2.267.609,01
6		\$ 13.331.651,85	\$5.838.015,61	\$ 7.493.636,24	\$6.654.134,53	\$ 8.921.743,55
7		\$ 13.731.601,41	\$5.908.071,80	\$ 7.823.529,61	\$6.810.853,34	\$15.732.596,88
8		\$ 14.143.549,45	\$5.978.968,66	\$ 8.164.580,79	\$6.968.391,09	\$22.700.987,97
9		\$ 14.567.855,94	\$6.050.716,28	\$ 8.517.139,65	\$7.126.761,45	\$29.827.749,42
10		\$ 15.004.891,61	\$6.123.324,88	\$ 8.881.566,73	\$7.285.978,17	\$37.113.727,60
Análisis de la inversión						
		V.A.N		\$37.113.727,60	Valor actual neto	
		T.I.R		20%	Tasa interna de rentabilidad	
		PAY-BACK		5 meses	Plazo de recuperación inversión	

Figura 45. Tiempo de retorno de la inversión



De acuerdo a los resultados anteriores, en una inversión de capital de \$ 28.680.000 para conceptos de implementación del departamento de mantenimiento se obtienen los siguientes beneficios:

- El valor actual neto (VAN) >0. (\$37.113.727,60).
Como resultado se tiene una inversión favorable ya que el valor actual neto resulta ser mayor de cero. Esto es fundamental para la justificación de la inversión.
- La tasa de rentabilidad (TIR) = (20%)> interés de la empresa.
Lo que nos indica que la inversión es viable ya que la tasa de interés de la empresa no sobre pasa el 20 %.
- El tiempo de recuperación de la inversión establecido por el PAY-BACK es de 5 meses corridos a partir de la inversión inicial en el mes cero.
Lo que indica que la implementación del departamento de mantenimiento en la empresa VAL LTDA es viable y su inversión se recuperaría en solo 5 meses.

11. CONCLUSIONES

- Se cumplió con los objetivos propuestos al inicio del presente proyecto de grado, aportando herramientas de gran importancia en el área de mantenimiento de la empresa VAL LTDA, fortaleciendo lazos entre la industria y la Universidad Industrial de Santander.
- Se realizó un diagnóstico del área de mantenimiento de la empresa VAL LTDA, teniendo en cuenta factores como:
 - ✓ Organización general
 - ✓ Métodos y Sistemas de Trabajo
 - ✓ Organización del Taller de Mantenimiento
 - ✓ Documentación Técnica
 - ✓ Personal y Formación
 - ✓ Sistemas Informáticos,
 - ✓ Control de la Actividad.

Con este análisis se logró identificar los factores más deficientes del área de mantenimiento, los cuales fueron: sistemas informáticos, el control de la actividad y la documentación técnica.

- Se realizó el inventario y codificación de las áreas de mecanizado, soldadura y fundición de la empresa VAL LTDA, y, se estableció que la empresa actualmente cuenta con 53 máquinas y equipos; lo que permite llevar un registro de estos mediante la base de datos (MySQL), con el fin de tener la información de cada una (máquinas y equipos) de manera más rápida y concreta.

- Se realizó un análisis de criticidad para todos los equipos inventariados, permitiendo priorizar los equipos que deben ser objeto de análisis, los cuales fueron:

- ✓ MEC-TP-04
- ✓ MEC-TP-05
- ✓ MEC-TP-03
- ✓ EST-SA-01
- ✓ SMT-CA-01
- ✓ MEC-FR-01

Esto facilita la toma de decisiones acertadas y mejora la confiabilidad operacional. A estos equipos se les realizó un programa de mantenimiento preventivo.

- Se elaboraron los formatos de: Orden de Trabajo, hojas de vida y fichas técnicas de los equipos para organizar y controlar el sistema de información
- Se diseñó el programa de mantenimiento preventivo para los equipos críticos del área de producción según recomendaciones de los fabricantes, personal operativo y técnico. Para este programa se crearon los siguientes formatos: Mantenimiento autónomo, Inspección mecánica, inspección eléctrica, Carta de lubricación y cronograma anual de mantenimiento preventivo.
- Se crearon las rutinas de mantenimiento para los equipos inventariados en la empresa VAL Ltda. Las cuales especifica la tarea a realizar, los elementos a inspeccionar y la frecuencia con la que debe hacer. Esto se hizo a partir de las recomendaciones de los fabricantes y experiencia de los operarios. Con esto se generan los calendarios anuales de mantenimiento preventivo.

- Por medio del formato de mantenimiento autónomo el cual se agregó al área de trabajo de cada máquina, se busca relacionar al operario en la ejecución de las actividades de mantenimiento, logrando un sentido de pertenencia y responsabilidad.
- Se implementó un sistema de información para la fácil programación, y seguimiento de las áreas de mecanizado, soldadura y fundición de la empresa VAL LTDA, utilizando el lenguaje de programación PHP y base de datos MySQL, conformado por los módulos: maquinas, ordenes de trabajo (pendientes), indicadores de gestión, acciones de mantenimiento y empresa. Este sistema de información nos da la ventaja de tener actualizaciones en línea, lo que permite poder descargar, editar y almacenar en la base de datos la información de las maquinas desde cualquier computador con acceso a internet.
- Se llevaron a cabo las respectivas pruebas del sistema de información, se informó y se capacitó al personal de la empresa de cómo llevar un correcto uso y administración del sistema de información en sus respectivos niveles de accesibilidad y seguridad al sistema.
- Para el manejo del sistema de información se crearon dos usuarios (Invitado y Administrador) con su respectiva contraseña, esto garantiza la seguridad en el manejo de la información de la empresa, ya que dependiendo del usuario con el que se quiera ingresar se podrá tener permiso total o limitado a los diferentes módulos y ejecutar funciones determinadas.
- Implementar el departamento de mantenimiento para la empresa VAL LTDA cuesta \$ 28.680.000. Se determinó por medio del análisis de costos que esta inversión es viable y que el tiempo de recuperación de la inversión (PAY-BACK) es dese 5 meses.

12. RECOMENDACIONES

- Para una adecuada administración del sistema de información, se requiere de una persona calificada en la planeación y programación de actividades de mantenimiento.
- La base de datos debe ser alimentado constantemente con datos reales, a fin de obtener información confiable que permita tomar las decisiones correctas.
- Se debe tener un computador confiable para almacenar todos los archivos que se descarguen del sistema de información y así llevar un historial de los equipos y herramientas.
- Un plan de mantenimiento se debe evaluar y mejorar continuamente.
- Incentivar a los operarios a mejorar y actualizar el sistema de información.

BIBLIOGRAFÍA

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

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

GONZÁLES FERNÁNDEZ, Francisco. Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión. Madrid: Editorial FC, P. 103-177.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y montajes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007.

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

MORA, Luis Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. 2ª Ed. Medellín: AMG.2007.,p.54.

ORTIZO FORERO, Luis Eduardo; CAMARGO ARIAS, Oscar Julián, Creación de modelo de gestión de mantenimiento en plataforma Access para Aguilar Construcciones S.A. Trabajo de grado (Especialización en Gerencia de Mantenimiento). Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico mecánicas. 2010, 126p.

OSORIO TRIANA, Oscar Mario; MARTÍNEZ FRAGOSO, Cesar Alberto, Plan de mantenimiento preventivo para la planta principal de la empresa productos alimenticios La Victoria. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico mecánicas. 2013, 241p.

SIERRA ÁLVAREZ, Gabriel Antuan, Programa de mantenimiento preventivo para la empresa Metalmecánica Industrias AVM S.A. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico mecánicas 2004, 196p.

ANEXOS

Anexo A. Base de Datos

(Ver documento adjunto)