

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA
ALCALDÍA DE MONTERREY CASANARE.**

YEISON FABIAN BARRETO CASTAÑEDA

SAMUEL FABIAN VILLAMIZAR DIAZ

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

2017

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA
ALCALDÍA DE MONTERREY CASANARE.**

YEISON FABIAN BARRETO CASTAÑEDA

SAMUEL FABIAN VILLAMIZAR DIAZ

Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Mecánico

Director

Isnardo González Jaimes

Ingeniero Mecánico

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

2017

Dedicatoria

Agradezco a Dios por darme fortaleza para superar las adversidades de la vida, a mi madre Alba Castañeda por su apoyo incondicional, a mi padre Alfredo Barreto por su sabiduría.

A todas esas personas que siempre creyeron en mí, Dios los bendiga.

Yeison Fabian Barreto Castañeda

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza necesaria para superar cada obstáculo en el camino y así alcanzar objetivos.

A mis padres Samuel y Ángela, por enseñarme que todo es posible, para quien puede creer.

A mis hermanos, Andrés, Osman, Manuel y David, por su apoyo y compañía incondicional.

A mis abuelos, Tobias y Edilia, por sus sabios consejos.

A Isis Molina, por ser mi constante motivación e inspiración.

A todos, Gracias, Dios los Bendiga, Hoy y siempre.

Sámuel.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Al Ingeniero Isnardo González Jaimes, director del proyecto, por su dedicación, asesoría y orientación en la realización y culminación de este proyecto.

A La Alcaldía de Monterrey, Casanare, por brindarnos la oportunidad y abrirnos las puertas de sus instalaciones para la realización del proyecto de grado.

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	21
1. SITUACIÓN DEL PROBLEMA DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA AMARILLA EN MONTERREY, CASANARE.....	22
1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	22
1.2 OBJETIVOS	24
1.2.1 Objetivo General.....	24
1.2.2 Objetivos Específicos.....	24
1.3 JUSTIFICACION DE LA SOLUCION	25
1.4 ALCALDIA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY CASANARE	26
1.5 MISION.....	28
1.6 VISION	28
2. FUNDAMENTACION TEORICA	29
2.1 DEFINICION DEL MANTENIMIENTO	29
2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO	29
2.2.1 Mantenimiento Correctivo	29
2.2.2 Mantenimiento Preventivo.....	30
2.2.3 Mantenimiento Predictivo.....	31
2.3 MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDÍA DE MONTERREY.....	32
2.3.1 Retroexcavadora.	32
2.3.2 Vibrocompactador.....	33
2.3.3 Motoniveladora.	35
2.3.4 Volquetas.....	35
2.4 CRITICIDAD DE EQUIPOS Y ELEMENTOS EN MANTENIMIENTO.....	36
2.5 TAXONOMÍA DE EQUIPOS ISO 14224	36

2.6 SISTEMAS DE INFORMACION	38
2.6.1 Característica de Software Sistema Computarizado de Mantenimiento (CMMS).	38
2.6.2 Módulos del Software	41
3. DIAGNOSTICO DE MANTENIMIENTO Y SITUACION ACTUAL DE LA MAQUINARIA AMARILLA DE MONTERREY, CASANARE.....	43
3.1 DIAGNOSTICO DE LA MAQUINARIA ALCALDIA DE MONTERREY.....	43
3.2 HISTORICOS DE LA MAQUINARIA DE MONTERREY, CASANARE.	49
3.3 FICHAS TECNICAS DE LA MAQUINARIA.....	49
3.3.1 Motoniveladora Serie 670G John Deere	50
3.4 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS MÁQUINAS, SEGÚN FABRICANTE.....	53
3.4.1 Mantenimiento recomendado por el Fabricante para Motoniveladora Serie 670g John Deere	53
4. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS CRITICOS	58
4.1 CODIFICACIÓN PARA LOS ACTIVOS DE LA ALCALDÍA MONTERREY, CASANARE.....	58
4.1.1 Procedimiento de Codificación para Maquinaria Amarilla de la Alcaldía de Monterrey, Casanare.	58
4.1.2 Procedimiento de Codificación para las Fallas recurrentes, en los Sistemas de la Maquinaria de la Alcaldía Monterrey, Casanare.....	60
4.2 ANALISIS DE FALLAS EN LOS SISTEMAS MECÁNICOS DE LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDIA DE MONTERREY, CASANARE.	70
4.2.1 Aplicación del análisis de criticidad en la alcaldía de Monterrey – Casanare	78
4.3 PONDERACIÓN DE CRITICIDAD EN LAS FALLAS DE LOS SISTEMAS DE LA MAQUINARIA DE LA ALCALDÍA DE MONTERREY.....	79

4.4 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS CRÍTICAS DE LA MAQUINARIA DE LA ALCALDÍA DE MONTERREY, CASANARE.....	85
5. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACION	94
5.1 INFORMACION Y MANEJO DE DATOS	95
5.2 PERFIL DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	96
5.3 FICHAS TECNICAS DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN	97
5.4 HOJA DE VIDA DE EQUIPOS	100
5.5 ORDEN DE TRABAJO (OT)	102
5.6 PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	105
5.7 INVENTARIO DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS.....	107
5.7.1 Clasificación En Reparables Y Consumibles.....	107
6. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE INFORMACION	109
6.1 SELECCIÓN DEL SOFTWARE PARA LA ALCALDIA DE MONTERREY, CASANARE.....	110
6.1.1 Análisis QFD para la Selección del Software	111
6.1.2 Planteamiento de Alternativas	113
6.1.2.1 Primera Alternativa: CMMS MP9	113
6.1.2.2 Segunda Alternativa: SAIM	114
6.1.2.3 Tercera Alternativa: SAMM	114
6.1.3 Evaluación de Alternativas.....	115
6.2 SOFTWARE PARA LA ALCALDÍA DE MONTERREY, CASANARE.....	116
6.2.1 Entrada al Sistema SAIM.	117
6.2.2 Pantalla de Usuario-Administrador.....	117
6.2.3 Pantalla Principal de Navegación en SAIM.	118

6.2.4 Configuraciones.....	120
6.2.5 Perfil SAIM.....	120
6.2.6 OT	121
6.2.6.1 Lista de OT.	121
6.2.6.2 Detalle de OT.....	122
6.2.7 HVA.	126
6.2.7.1 Lista de HVA.	126
6.2.7.2 Detalle de HVA.	127
6.2.7.3 Otras pestañas del detalle de HVA.	127
6.2.8 Reporte de Grupos de análisis RGA.	129
6.2.9 Grupos de Plan de Trabajo PDT.	129
6.2.10 Cronograma de Actividades CDA.	132
6.2.11 Reunión de Seguimiento Diario RSD.	132
6.2.12 Utilidades de mantenimiento (UM)	133
7. ANÁLISIS Y RESULTADOS	137
7.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	137
7.2 PLAZO DE RECUPERACIÓN	139
7.3 TASA INTERÉS-RETORNO.....	140
8.CONCLUSIONES	144
BIBLIOGRAFIA.....	146

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Maquinaria Amarilla y Volquetas.....	22
Figura 2. Volqueta Freightliner.....	23
Figura 3. Vibrocompactadora.....	23
Figura 4. Maquinaria Amarilla.....	23
Figura 5. Bandera del Municipio de Monterrey, Casanare.....	26
Figura 6. Escudo del Municipio de Monterrey, Casanare.....	26
Figura 7. Mapa y Ubicación Monterrey, Casanare.....	27
Figura 8. Curva de mantenimiento correctivo.....	29
Figura 9. Curva de mantenimiento preventivo.....	30
Figura 10. Retroexcavadora-Alcaldía de Monterrey.....	33
Figura 11. Motoniveladora-Alcaldía de Monterrey.....	34
Figura 12. Vibrocompactador-Alcaldía de Monterrey.....	34
Figura 13. Volqueta-Alcaldía de Monterrey.....	35
Figura 14. Taxonomía ISO 14224.....	37
Figura 15. Módulos del sistema de información.....	41
Figura 16. Motoniveladora Alcaldía Monterrey, Casanare.....	43
Figura 17. Retrocargador-Alcaldía Monterrey, Casanare.....	44
Figura 18. Vibrocompactador-Alcaldía Monterrey, Casanare.....	45
Figura 19. Volqueta Freightliner-Alcaldía Monterrey, Casanare.....	46
Figura 20. Volqueta Freightliner -Alcaldía Monterrey, Casanare.....	47
Figura 21. Volqueta Chevrolet Kodiak-Alcaldía Monterrey, Casanare.....	48
Figura 22. Motoniveladora serie 670G John Deere.....	50
Figura 23. Estructura de Codificación para la Maquinaria Amarilla de Monterrey, Casanare.....	58
Figura 24. Pareto del motor para la maquinaria amarilla.....	72
Figura 25. Pareto del sistema de suspensión para vehículos especiales.....	76
Figura 26. Porcentaje de Nivel de Criticidad de Fallas.....	85
Figura 27. Diagrama de Flujo del Sistema de Información.....	96

Figura 28. Diagrama de Flujo del Perfil del Sistema de Información	97
Figura 29. Diagrama de Flujo de la Ficha Técnica para el Sistema de Información.	100
Figura 30. Diagrama de Flujo para la Hoja de vida del sistema de Información. .	102
Figura 31. Diagrama de Flujo de la Orden de Trabajo de Mantenimiento, para el Sistema de Información.	105
Figura 32. Diagrama de Flujo de Plan de Mantenimiento para el Sistema de Información.....	107
Figura 33. Diagrama de Flujo de Inventarios de Máquinas y equipos, para el sistema de Información.....	108
Figura 34. Logo del sistema de Información SAIM.....	117
Figura 35. Login SAIM	118
Figura 36. Pantalla de Navegación Principal SAIM	119
Figura 37. Configuraciones del Software SAIM.....	119
Figura 38. Perfil del Usuario.	120
Figura 39. Lista de OT.	121
Figura 40. Detalle OT.	123
Figura 41. Personal Involucrado.	124
Figura 42. Repuestos Utilizados.	125
Figura 43. Complementarios OT	126
Figura 44. Lista de Maquinaria en la Alcaldía, Monterrey, Casanare.	127
Figura 45. Detalle Hoja de Vida de Activos.	128
Figura 46. Imágenes del Equipo.	128
Figura 47. Repuestos y Personal.....	130
Figura 48. OT y Cronograma.	130
Figura 49. Reporte Grupo de Análisis	131
Figura 50. Grupos PDT.....	131
Figura 51. Cronograma de Actividades.....	132
Figura 52. Reunión de Seguimiento Diario.	133
Figura 53. Utilidades del Mantenimiento.	133

Figura 54. Empresa Alcaldía Monterrey-Casanare. 134

Figura 55. Lista de Piezas y Materiales. 135

Figura 56. Detalle-Lista de Piezas y Materiales. 135

Figura 57. Lista de Grupo de Análisis. 136

Figura 58. Gráfica PayBack 143

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Codificación por Tipo Máquina.....	59
Tabla 2.Codificación por marca de Equipo.	59
Tabla 3.Codificación de Maquinaria Amarilla, sugerida para Monterrey, Casanare.	59
Tabla 4.Tipos de Maquinas en la Alcaldía de Monterrey.....	60
Tabla 5.Lista de Sistemas de la Maquinaria Amarilla a tener en cuenta.	60
Tabla 6.Códigos propuestos para los Sistemas Mecánicos de Interés	61
Tabla 7.Lista de Fallas por Sistemas de la Maquinaria Amarilla.	61
Tabla 8.Lista de Fallas por Sistemas de los Vehículos de Transporte Especial. ...	63
Tabla 9.Codificación para las Fallas Recurrentes en la Maquinaria de la Alcaldía de Monterrey.	65
Tabla 10.Fallas recurrentes en el Sistema Motor-Maquinaria amarilla.....	70
Tabla 11. Frecuencia de fallas en el motor de la maquinaria amarilla.....	70
Tabla 12.Fallas Recurrentes en la Maquinaria Amarilla.	72
Tabla 13.Fallas recurrentes en el Sistema de Suspensión-Vehículos de Transporte Especial.....	74
Tabla 14. Frecuencia de fallas en el sistema de suspensión en vehículos de transporte especial.	74
Tabla 15.Fallas recurrentes en los Vehículos de Transporte Especial.....	76
Tabla 16.Ponderaciones para cada factor y resultados de criticidad del motor de la maquinaria amarilla	79
Tabla 17.Clasificación por Nivel de Criticidad, para el Sistema Motor de la Maquinaria Amarilla.	80
Tabla 18.Clasificación de Fallas por Criticidad.....	80
Tabla 19.Porcentaje de Nivel de Criticidad de Fallas.	84
Tabla 20.Rutinas de Mantenimiento Preventivo para las Fallas Críticas.	86
Tabla 21. Ficha técnica Propuesta para la Alcaldía de Monterrey, Casanare.	98

Tabla 22. Esquema de Hoja de Vida de Activos.	101
Tabla 23. Orden de Trabajo Propuesta para el Mantenimiento de la Alcaldía Monterrey, Casanare.	103
Tabla 24. Formato Modelo Plan de Mantenimiento.....	106
Tabla 25.Criterios Seleccionados para el Sistema de Información.....	112
Tabla 26.Relación Para evaluación de Criterios.	112
Tabla 27.Evaluación de Alternativas, Para seleccionar un Software.....	116
Tabla 28.Inversión implementada en el plan de mantenimiento.....	141
Tabla 29.Resultados y Proceso VAN, TIR, PAYBACK.....	142

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Términos y Conceptos de Análisis de Criticidad	IR A CD-ROOM
Anexo B. Ficha Técnicas Maquinaria- Alcaldía De Monterrey, Casanare.	IR A CD ROOM
Anexo C.Mantenimiento recomendado por el Fabricante para la Maquinaria de la Alcaldía de Monterrey.....	IR A CD-ROOM
Anexo D.Análisis de Fallas en los Sistemas Mecánicos- Maquinaria Amarilla.....	IR A CD-ROOM
Anexo E.Análisis de Fallas en los Sistemas Mecánicos de los Vehículos de Transporte Especial.....	IR A CD-ROOM
Anexo F.Ponderación de Criticidad en la Fallas de los Sistemas de la Maquinaria de la Alcaldía de Monterrey.	IR A CD-ROOM
Anexo G.Matriz QFD para selección de módulos del Sistema de Información.....	IR A CD-ROOM
Anexo H.Especificaciones uso de aceites, grasa y refrigerante para Motoniveladora serie 670G JOHN DEERE	IR A CD-ROOM
Anexo I.Especificaciones uso de aceites, grasa y refrigerante para Vibrocompactador LEBRERO SERIE X2.....	IR A CD-ROOM
Anexo J. Carta Empresa Alcaldía Monterrey, Casanare.	IR A CD-ROOM

RESUMEN

TÍTULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDÍA DE MONTERREY CASANARE.*

AUTORES: YEISON FABIAN BARRETO CASTAÑEDA
SAMUEL FABIAN VILLAMIZAR DIAZ. **

PALABRAS CLAVE: Mantenimiento, Criticidad, Codificación, Información.

DESCRIPCIÓN:

La finalidad de este proyecto es entregar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria amarilla y vehículos de transporte especial para el municipio de Monterrey, Casanare.

El estudio empieza con la recopilación de la información, la cual consta de una encuesta a diferentes personas de la empresa, involucrando al personal encargado de realizar el mantenimiento, de esta manera se realiza un diagnóstico y situación actual de la maquinaria de la alcaldía. El gran problema que tiene la Institución es que no tiene registro de las operaciones de mantenimiento, ni documentación, como: hojas de vida, órdenes de trabajo, fichas técnicas, etc. Seguidamente, para ayudar a la organización de los activos de la Alcaldía se plantea una codificación para la maquinaria y también para las fallas recurrentes de los sistemas y para la solución del problema se clasifican las fallas por criticidad y se diseña el programa de mantenimiento para las fallas de criticidad alta. Se hace uso de un sistema de información, llamado SAIM, para un completo control del estado actual de la maquinaria de la Alcaldía de Monterrey, Casanare. Finalmente se muestra un análisis de costos de la implementación del sistema de información con objeto de demostrar la viabilidad del proyecto.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Isnardo González Jaimes, Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

TITLE: MAINTENANCE PLAN FOR THE HEAVY MACHINERY OF THE MONTERREY-CASANARE CITY HALL. *

AUTHORS: YEISON FABIAN BARRETO CASTAÑEDA
SAMUEL FABIAN VILLAMIZAR DIAZ. **

KEY WORDS: Maintenance, Criticality, Codification, Information.

DESCRIPTION:

The purpose of this Project is deliver a preventive maintenance plan for Heavy machinery and special transport vehicles for the municipality of Monterrey, Casanare.

The study starts with information's compilation, which consists of a survey to different people inside the Company, involving the maintenance staff, by this way a diagnosis is made about the current machinery condition of the City Hall. The main problem in the City Hall is that, the staff doesn't track maintenance operations or documentation just as: CV's, work orders, technical sheets, etc. Then, to help to the organization of City Hall's assets, its proposed a codification of machinery and for common fails on system too, for problem's solution each fail is classified for criticality and a maintenance system is designed for fails with high criticality. It's used an information system called SAIM, for a complete control over all machinery status of the Monterrey's City Hall. Finally, a project implementation costs analysis is shown to present the economic viability of the Project.

* Bachelor thesis

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Isnardo González Jaimes, Ingeniero Mecánico

INTRODUCCION

A través del tiempo el hombre ha utilizado la idea del mantenimiento, para minimizar costos, corregir, prevenir, revisar herramientas y maquinaria, con el fin de maximizar la vida útil de todos los equipos. La industria ha evolucionado con estudios de causa-efecto, implementación de sistemas de control y planificación del mantenimiento para averiguar el origen de las fallas en la maquinaria. La mayoría de las averías que se presentan es el resultado del abuso o de los grandes esfuerzos a los que son sometidas las máquinas.

El mantenimiento actualmente se apoya en los avances tecnológicos, con programas informáticos llamados sistemas de información, enfocados específicamente en llevar el control de revisiones preventivas, correctivas y/o indicadores de cualquier empresa. El presente proyecto de grado muestra el diseño y la implantación de un software con el plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria amarilla de la alcaldía del municipio de Monterrey – Casanare, la cual busca garantizar la disponibilidad de forma permanente de la maquinaria, para los diferentes obras civiles, urbanas y rurales.

Primero se presenta a la alcaldía del municipio de Monterrey – Casanare, con su respectiva misión, visión y ubicación geográfica. Lo siguiente es la fundamentación necesaria para el desarrollo del sistema de información que permitirá optimizar el plan de mantenimiento desarrollado que se requiere dentro de la alcaldía. Lo siguiente es la fundamentación necesaria para el desarrollo del sistema de información, se realizó un diagnóstico, situación actual, fichas técnicas, plan de mantenimiento preventivo según el fabricante, análisis de criticidad y paretos de las fallas más frecuentes de los sistemas, diagramas de flujo del sistema de información, ordenes de trabajo, hoja de vida, planteamiento de alternativas para el sistema de información, su implantación y costo, de la maquinaria amarilla de Monterrey, Casanare.

1. SITUACIÓN DEL PROBLEMA DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA AMARILLA EN MONTERREY, CASANARE.

1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

A medida que pasa el tiempo, se ha demostrado que el mantenimiento es fundamental porque permite la más alta disponibilidad con calidad y mantenibilidad de todos los activos, prolongando su vida útil, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables. Mantener con calidad es utilizar inteligentemente la planeación, la programación y el control, de manera que mejoren la efectividad y la productividad, disminuyendo las paradas de emergencia que retrasan y entorpecen el trabajo de los equipos.

La alcaldía de Monterrey, Casanare, tiene como objetivo apoyar la construcción de una cultura organizacional orientada a la eficiencia y la eficacia en la administración municipal, implantando instrumentos de gerencia pública, desarrollo institucional, crecimiento humano y gestión informática, para alcanzar estándares de calidad en la prestación de los servicios encomendados al municipio.

En Monterrey, Casanare, la alcaldía cuenta con retroexcavadora, vibrocompactador, motoniveladora Jhon Deere, dos volquetas Freightliner y una volqueta Kodiok, las cuales no han sido ajenas a los problemas de mantenimiento de sus equipos. El mantenimiento de las máquinas es

Figura 1. Maquinaria Amarilla y Volquetas.



subcontratado por medio de licitaciones, estas empresas emplean la maquinaria del municipio con el compromiso de hacerles mantenimiento mientras dure el contrato. No se tiene registro de operacionales, ni de hojas de vida de la maquinaria, tampoco

se cuenta con personal calificado en la parte de mantenimiento para que sea un proceso eficiente, la estructura de mando es el operario que le informa a la encargada de maquinaria y esta le informa al secretario de planeación e infraestructura el cual toma las decisiones.

Figura 2.Volqueta Freightliner



Figura 3.Vibrocompactadora



Figura 4.Maquinaria Amarilla



1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Contribuir con la misión de la Universidad industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Mecánica dentro de la cual se tiene como compromiso la formación de profesionales de alta calidad ética, técnica y científica, fortaleciendo los lazos de cooperación interinstitucional entre la universidad y entidades públicas, mediante un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria amarilla con el fin de mejorar la organización y la disponibilidad de dichos equipos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del estado actual del mantenimiento para determinar el estado y las condiciones de cada máquina.
- Identificar las máquinas y componentes más críticos utilizando un método de criticidad a determinar.
- Realizar el plan de mantenimiento, a la maquinaria amarilla del municipio de Monterrey, Casanare, que contemple: fichas técnicas, hojas de vida, orden de trabajo, historial de la máquina, indicadores, planeamiento preventivo, rutinas de mantenimiento, inventarios.
- Diseñar los instructivos o mapas de procesos para cada una de las actividades relacionadas con el mantenimiento de la maquinaria amarilla.
- Equipar el sistema de información SAIM para implementar el plan de mantenimiento de la maquinaria amarilla de Monterrey, Casanare.

1.3 JUSTIFICACION DE LA SOLUCION

Con la implementación y el diseño de un plan de mantenimiento, desarrollado por personas capacitadas del mismo municipio, se estaría generando empleo, lo cual es un impacto social y económico en la sociedad Regiomontuna, donde se invierte en su propia economía, generando un avance tecnológico, con un plan de mantenimiento eficiente el cual será la base para el desarrollo del municipio prolongando la vida útil de la maquinaria.

Como estudiantes de la Universidad Industrial de Santander y en el cumplimiento de su misión, es nuestro deber la participación activa liderar el proceso de cambio para el progreso y el mejoramiento continuo de la calidad de vida de la sociedad.

La aplicación del plan de mantenimiento y desarrollo en este proyecto, le permitirá al municipio de Monterrey, tener maquinaria de alta disponibilidad y disminuirá los gastos en reparaciones inesperadas.

Con el fin de mejorar los procesos administrativos en cuanto al mantenimiento del municipio, se ha propuesto desarrollar un programa de mantenimiento haciendo uso de una herramienta de software como bases de datos las cuales con la ayuda y el uso de la tecnología permiten tener un registro virtual y con posibilidad de planificar acciones futuras de mantenimiento, guardar registros de trabajo en la hoja de vida del equipo, imprimir ordenes de trabajo, entre otros.

1.4 ALCALDIA DEL MUNICIPIO DE MONTERREY CASANARE

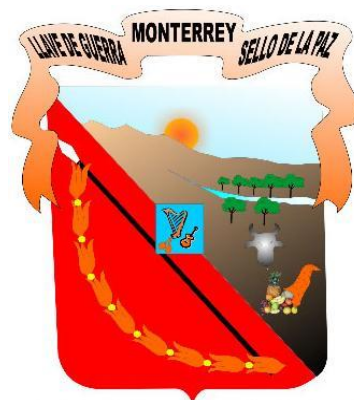
Monterrey se ha proyectado como potencial turístico de Casanare y del país gracias a su tradicional festival de verano del río Túa que se celebra siempre en los últimos días del mes de diciembre e inicios del mes de enero. A continuación se presentan los elementos cívicos del municipio de Monterrey, la Figura 5 muestra su bandera mientras que la Figura 6 representa su escudo.

Figura 5. Bandera del Municipio de Monterrey, Casanare.



Fuente: Alcaldía Monterrey, Casanare. < <http://monterrey-casanare.gov.co/index.shtml> >

Figura 6. Escudo del Municipio de Monterrey, Casanare.



Fuente: Alcaldía Monterrey, Casanare. < <http://monterrey-casanare.gov.co/index.shtml> >

Fundada por colonos el 06 de septiembre de 1953.

Color Rojo: Representa la época de la violencia en 1954, sangre de los compatriotas “Llave de Guerra”.

Color Blanco: “Sello de la Paz”; representa la entrega de armas por parte de un grupo revolucionario al general Rojas Pinilla.

Color Verde Oscuro: Representa la riqueza forestal de las tierras regiomontunas.

Recuadro Amarillo y El Libro Abierto: Significa la riqueza intelectual de nuestros habitantes y a Monterrey como epicentro de la educación Casanareña.

Situado en el Piedemonte de la cordillera oriental, dista 105 km de la capital, Yopal por la vía marginal del Llano, como muestra la Figura 7.

Figura 7. Mapa y Ubicación Monterrey, Casanare.



Fuente: Municipio Monterrey. Disponible en: < <http://monterrey-casanare.gov.co/index.shtml>>

Monterrey Casanare limita al Norte con Páez Boyacá y Tauramena, al sur con Tauramena y Villanueva, al Oriente con Tauramena y al Occidente con Sabanalarga. Con una área urbana de 5,49 km² y área rural de 874,08 km² para una extensión total de 879,57 km². Su altura, de la cabecera, sobre el nivel del mar es de 500 msnm con una temperatura promedio de 27° C

1.5 MISION

Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida, la competitividad y sustentabilidad del Municipio de Monterrey, a través de un adecuado ejercicio de sus competencias, una gestión altamente participativa basada en la consolidación de principios y valores éticos de Honestidad, Transparencia, Responsabilidad Social, Respeto, Tolerancia y Sentido de Pertenencia con enfoque en resultados y la articulación y coordinación eficiente de las políticas, programas y proyectos.

1.6 VISION

En el 2020, el Municipio de Monterrey, será un lugar estratégico de la Orinoquia Colombiana con amplia capacidad de autogestión y la plena inclusión de todos sus habitantes, reconocido como enclave económico agropecuario, turístico y educativo, en armonía con el desarrollo que la industria petrolera de la Orinoquia ha establecido en función de la actividad de rebombeo de crudo desde el oriente del país, donde nuestras familias tendrán la oportunidad de aprovechar el gran potencial que el territorio y sus instituciones socialmente responsables les ofrecen para ser partícipe del desarrollo de una sociedad bajo criterios de seguridad humana.

2. FUNDAMENTACION TEORICA

2.1 DEFINICION DEL MANTENIMIENTO

Se define Mantenimiento como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

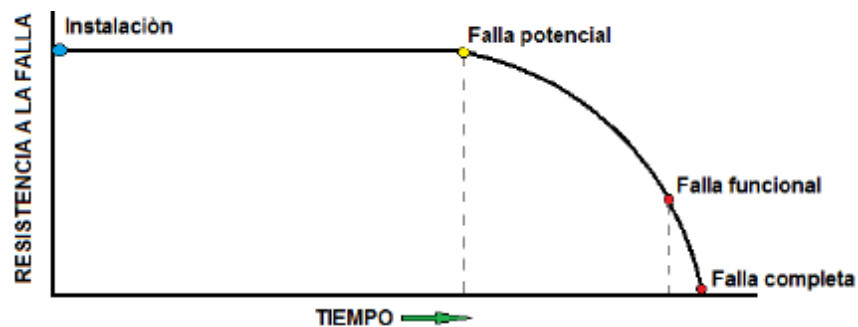
“Mantener es obtener utilidades, porque es la única forma de conservar los equipos y las plantas en el más alto grado de productividad y competencia. Retarda la compra de bienes nuevos, prolongando la vida útil de los actuales, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables.

Mantener con calidad es utilizar inteligentemente la planeación, la programación y el control, de manera que mejoren la efectividad y la productividad, disminuyan las paradas y lograr que los costos de mantenimiento sean mínimos logrando una rentabilidad óptima de la función del mantenimiento”³

2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

2.2.1 Mantenimiento Correctivo

Figura 8. Curva de mantenimiento correctivo.



Fuente: Ingeniería de Mantenimiento. Material Docente. Carlos Borrás.

³ BORRAS, Carlos. Ingeniería de mantenimiento. Material docente. (2013: Bucaramanga). Lecturas y diapositivas de la asignatura ingeniería de mantenimiento. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2013. p.291.

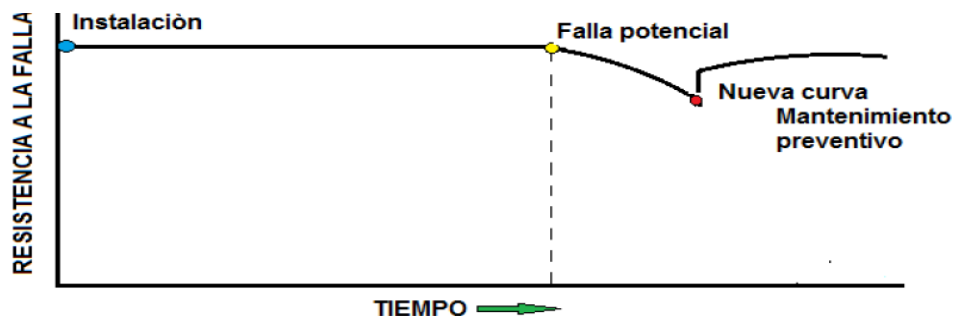
Como su nombre lo indica, es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en determinado momento⁴. En otras palabras, es el equipo quien determina las paradas. Su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible.

El mantenimiento correctivo se define como: “Permitir que el equipo funcione hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función (ver Figura 8). Se somete a reparación hasta corregir el efecto y se desatiende hasta que vuelva a tener una falla y así sucesivamente”⁵

Un inconveniente en este tipo de mantenimiento es que debe preverse un capital inmovilizado y disponible para las piezas y elementos de repuesto, visto que la adquisición de los mismos puede no ser resuelta con rapidez, y requiere de una gestión de compra y entrega que no coincide con los tiempos reales para poner en marcha nuevamente los equipos en el más corto tiempo posible, con el agravante que puedan ser piezas discontinuadas, importadas o que ya no se fabriquen más.

2.2.2 Mantenimiento Preventivo

Figura 9. Curva de mantenimiento preventivo.



Fuente: Ingeniería de Mantenimiento. Material Docente. Carlos Borrás.

⁴ FEDEMETAL y SENA. Manual de Mantenimiento. Santafé de Bogotá: 1991. p.09

⁵ GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento, Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2002. p.27.

El mantenimiento preventivo puede definirse como la programación de actividades de inspección, que se lleva a cabo para hacer frente a los problemas menores antes de que estos provoquen fallas potenciales (ver Figura 9).

Se basa en la prevención y reducción en el índice de frecuencias en fallas comunes y prematuras, mitigando sus consecuencias, además con una buena planeación puede llegar a proporcionar un aviso de falla inminente o incipiente para así realizar una reparación planeada y finalmente reducir el costo global en la administración de activos.

Se trabaja en el mantenimiento preventivo de tal manera que se asegura la disponibilidad y confiabilidad de una máquina, donde se define disponibilidad como la probabilidad de que una máquina sea capaz de funcionar siempre que sea requerida, mientras tanto la confiabilidad está definida por la probabilidad del equipo funcione de forma correcta en el momento.

- Reduce las fallas y tiempos muertos de esta forma incrementando la disponibilidad de los equipos.
- Incrementa la vida útil de los equipos.
- En caso de la falla no pueda mitigarse, las revisiones periódicas y las mediciones que se realicen pueden ayudar a reducir el impacto de la falla que se pueda generar en el equipo o en la instalación.
- Los costos pueden ser no solo controlados sino disminuidos, por ejemplo los costos directos en materiales y repuestos, debido a que el mantenimiento de emergencia es más costoso.

2.2.3 Mantenimiento Predictivo

En el mantenimiento predictivo, lo que determina la necesidad de servicio es la condición del equipo en lugar de los intervalos de tiempo, el monitoreo o supervisión de la condición en línea le ayuda a identificar cuando el riesgo de desgaste comienza a incrementarse y predecir cuándo es probable que ocurra la falla.

Este enfoque puede ahorrar tiempo y dinero debido a que le permite, corregir el problema antes de que el equipo realmente falle. Usted evita los costos por tiempo muerto y por reparaciones causadas por la falla inspirada, así como los costos y pérdida de producción causados por mantenimiento preventivo innecesario.⁶

Una de las desventajas del mantenimiento predictivo es que requiere disponer de equipos costosos con niveles de especialidad únicos.

2.3 MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDÍA DE MONTERREY.

Para el desarrollo del proyecto, la ALCALDIA MONTERREY CASANARE, cuenta con la maquinaria amarilla que se describe a continuación:

2.3.1 Retroexcavadora. La retroexcavadora es una máquina que se utiliza para realizar excavaciones en terrenos(ver Figura 10), ésta desempeña su labor enterrando una cuchara o pala con la que extrae tierra o materiales depositados en el suelo, posteriormente los arrastra y los deposita en su interior.

Las retroexcavadoras cuentan con un chasis, el cual puede ser montado sobre cadenas o sobre neumáticos, además cuentan con gatos hidráulicos para fijar de mejor manera la máquina al suelo.

Se considera a la retroexcavadora como una variante de la pala excavadora. Se utiliza habitualmente para poder remover, abrir surcos y posteriormente extraer cantidades grandes de tierra. Estas excavaciones generalmente son aprovechadas para colocar tuberías, cables, drenajes y, sobre todo, para la colocación de los cimientos de los edificios.

6 EMERSON PROCESS MANAGEMENT. Comprendiendo las Estrategias de Mantenimiento [En Línea]. Consultado abril 2016. Disponible en: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Central%20Web%20Documents/BusS ch-maintenance_101es.pdf>

Figura 10. Retroexcavadora-Alcaldía de Monterrey.



2.3.2 Vibrocompactador. El rodillo compactador, en todas sus variantes, es una máquina hidráulica muy especializada que facilita los trabajos de compactación acelerada de terrenos y rellenos, Figura 11.

Trabajo Específico que Desarrolla:

- Delimitación del espacio de seguridad.
- Compactación acelerada de tierras.
- Compactación acelerada de rellenos.
- Compactación de bases y sub-bases.
- Compactación de pavimentos asfálticos.
- Asentamiento acelerado de terrenos.
- Enrasado de superficies.
- Montaje y desmontaje de los diferentes equipos y accesorios de la máquina.
- Verificación, limpieza y mantenimiento básico de la máquina.

- Manipulación de los elementos, herramientas, materiales, medios auxiliares, protecciones colectivas e individuales necesarios para desarrollar el trabajo.

Figura 12. Vibrocompactador-Alcaldía de Monterrey.



Figura 11. Motoniveladora-Alcaldía de Monterrey.



2.3.3 Motoniveladora. La motoniveladora, Figura 12, es una máquina especialmente concebida, diseñada y construida para ejecutar excavaciones de precisión tales como las correspondientes al cereo y pulimento de taludes, y para extender las capas de materiales componentes de la estructura del pavimento.

Debido a que es una máquina de precisión, la posición de la cabina del operador está ubicada de tal manera que éste pueda visualizar, en todo momento, la posición de la hoja.

2.3.4 Volquetas. Las volquetas, Figura 13, son quizás la maquinaria más utilizada en cualquier tipo de obra civil. Son vehículos automóviles que poseen un dispositivo mecánico para volcar la carga que transportan en un cajón que reposa sobre el chasis del vehículo.

Figura 13. Volqueta-Alcaldía de Monterrey.



La composición mecánica de la volqueta depende precisamente del volumen de material que pueda transportar el cajón. Por tal razón, este tipo de maquinaria de carga cumple una función netamente de transporte ya sea dentro de la misma obra o fuera de ella.

2.4 CRITICIDAD DE EQUIPOS Y ELEMENTOS EN MANTENIMIENTO

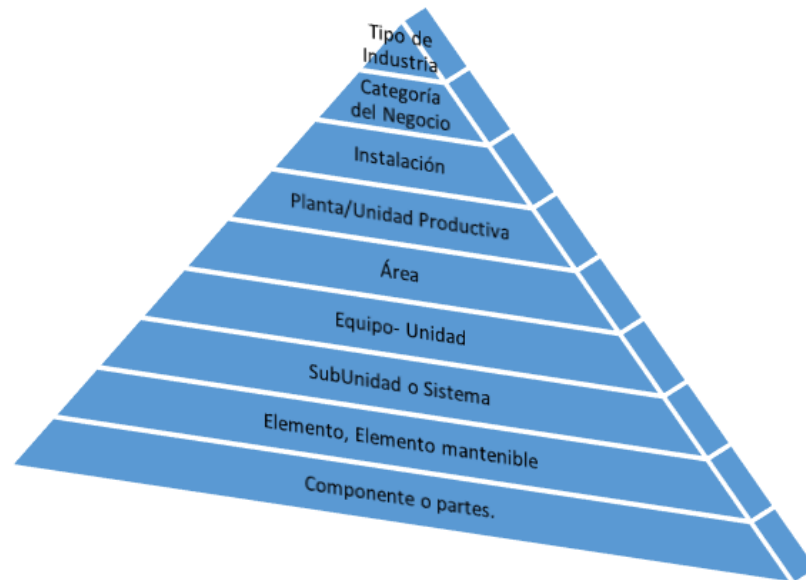
Para dominar el lenguaje de la Metodología de Análisis de Criticidad (AC) se deben conocer términos y conceptos, como Criticidad, Modo de Falla, Mecanismo de Falla, Prioridad, Riesgo y la Descripción de la Metodología para el Análisis de Criticidad, que se pueden consultar en el Anexo G.

2.5 TAXONOMÍA DE EQUIPOS ISO 14224⁷

La norma ISO 14224 nació a partir de la industria petrolera, petroquímica y de gas natural buscando la confiabilidad en los datos del mantenimiento en todas las instalaciones (plantas, campos, edificaciones) por medio de la recopilación de datos estandarizada durante todo el ciclo de vida del activo; Establece una guía, referencia de clasificación sistemática de ítems pro grupos genéricos, para los cual se basa en factores comunes, que se comparten en los elementos; estos pueden ser por la ubicación de los activos, el uso de los activos comunes, equipo en diferentes áreas, subsistemas, componentes de un mismo subsistema, etc. Y esta forma de clasificar forma un árbol de equipo, por la forma jerarquizada como se muestran los activos, como muestra la Figura 14.

⁷ BORRAS, Carlos. Taxonomía de Equipos. Bucaramanga: UIS, 2015.

Figura 14. Taxonomía ISO 14224.



Fuente: Norma ISO 14224. Segunda edición, 2006.

Al implantar esta norma técnica internacional se garantizan calidad en los datos de mantenimiento, por lo que los usuarios que trabajan con esta norma técnica pueden trabajar e intercambiar datos con toda tranquilidad; la norma ISO 14224 establece directrices y principios claros para el manejo de los datos de mantenimiento de confiabilidad, definiendo como primer punto un listado de equipos que son cubiertos con la forma de cómo se deben recopilar estos datos, haciendo recomendaciones concretas como:

- No se debe incluir elementos de diseño único o elementos con configuración única, por lo que sólo debe incluir aquellos elementos que son considerados con denominación genérica según su clase, con el fin de que se pueda comparar "con sus semejantes"
- Excluya ítems conectados, salvo que se deban incluir por las especificaciones; por ejemplo las fugas que se producen en una conexión y que no pueden ser relacionadas únicamente al ítem conectado deben incluirse en las especificaciones.

- Si un controlador y una unidad impulsada usan una subunidad en común (por ejemplo el sistema de lubricación) como regla general se deben relacionar los eventos y fallas de mantenimiento de esta subunidad a la unidad impulsada.
- Incluya equipos de instrumentación solamente donde el equipo de instrumentación tenga una función de monitoreo y/o control específico para una unidad solamente y/o si está localmente en el equipo; esto se debe a que los equipos de instrumentación por lo general son de uso general (por ejemplo los sistemas SCADA) y no deben ser incluidos.

ISO 14224 no se aplica a los datos sobre costos (directos); Datos de ensayos y fabricación de laboratorio (por ejemplo, pruebas de vida aceleradas); Hojas de datos completas del equipo (sólo se incluyen los datos considerados relevantes para evaluar el rendimiento de la fiabilidad); Datos adicionales en servicio que un operador, de forma individual, puede considerar útiles para la operación y el mantenimiento; Y métodos para analizar y aplicar datos RM (sin embargo, se incluyen los principios de cómo calcular algunos parámetros básicos de confiabilidad y mantenimiento).

2.6 SISTEMAS DE INFORMACION

2.6.1 Característica de Software Sistema Computarizado de Mantenimiento (CMMS). Cuando se busca incrementar niveles de productividad, calidad y seguridad en una empresa, de tantas estrategias, el factor de mayor influencia es el Mantenimiento. En términos generales, una empresa que busca ser líder en calidad y seguridad, debe adoptar técnicas que le permita garantizar que sus procesos productivos sean constantes, así como la calidad de sus productos y servicios. Es aquí donde se considera el uso de un sistema de información computarizado para

tener toda información organizada para llevar a cabo una buena gestión de mantenimiento y mantener accesible y actualizada toda información.

Un sistema de información realiza cuatro actividades básicas: Entrada, donde el sistema de información toma los datos para un posterior análisis; Almacenamiento, donde el sistema es capaz de retener la información entrante y habida, y recuerda la información en el proceso anterior ;Procesamiento de información se define como la capacidad que tiene el sistema de información para realizar cálculos de acuerdo con una secuencia de operaciones preestablecida; y salida de información definida como la capacidad para sacar la información procesada. Por ejemplo, el Sistema de Control de Mantenimiento preventivo para maquinaria amarilla de Monterrey-Casanare, tendrá como salida una serie de actividades a desarrollar diaria, mensual y/o anualmente, con el único fin que todo el equipo de trabajo goce de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

Entonces pensando en la productividad y en la competencia, como fundamentales pilares y características de toda empresa, las cuales se ven en la obligación de maximizar sus capacidades de producción y minimizar costes operativos. La condición de todo el equipo de producción juega un papel decisivo en el éxito de cada empresa. Esto ha llevado, a que las grandes empresas adopten sistemas de Mantenimiento de Planificación Empresarial CMMS. Como dice Amendola⁸: El Modelo de Mantenimiento, a través de CMMS permite la clasificación y caracterización de la información, para que ésta sea agrupada y consultada de acuerdo a los requerimientos específicos de cada usuario, lo cual facilita los procesos de análisis y toma de decisiones, tan importantes en las áreas de costes y confiabilidad.

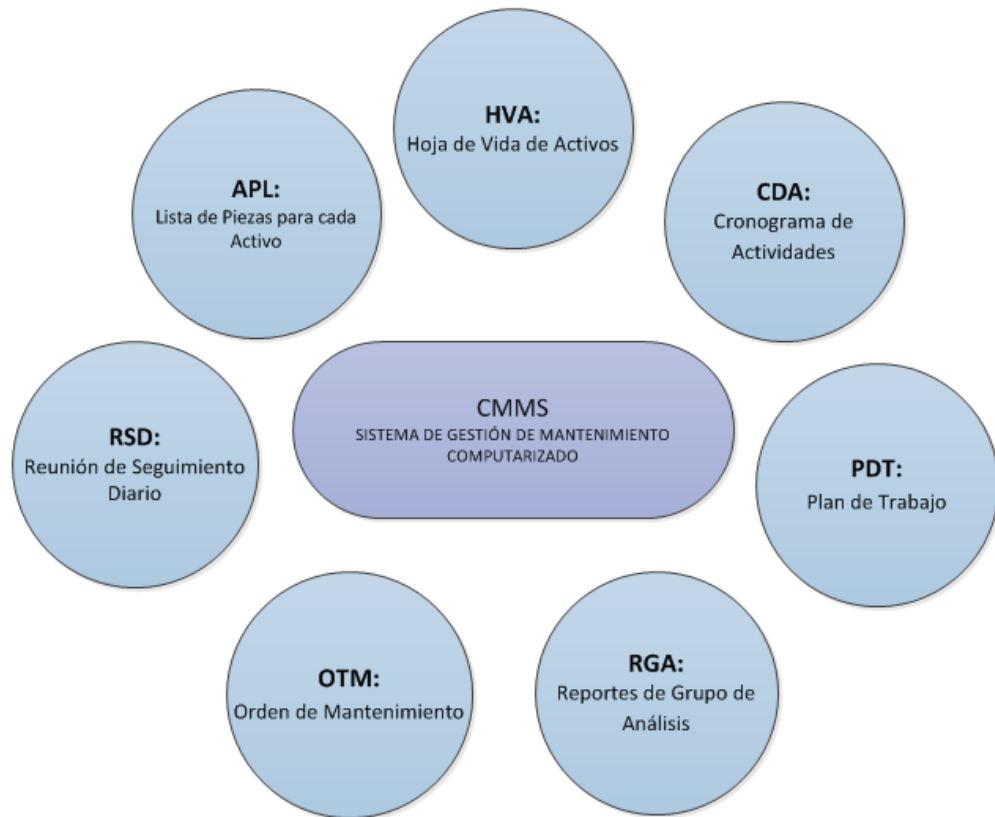
⁸ AMENDOLA, Luis. Indicadores de Confiabilidad en la Gestión del Mantenimiento. España, 2003.[En línea].Fecha de consulta: 06/04/2015. Disponible en: www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento_archivos/indicadores%20confiabilidad%20amendola.pdf

De manera general, los CMMS garantizan que los procesos de producción se realicen de forma continua, aunque haya cambios de personal de mantenimiento, pues la información sobre el historial de trabajos realizados, hechos y por hacer, queda guardado en el sistema, garantizando de esta forma la continuidad en el seguimiento en los programas de mantenimiento. A continuación, se listan los beneficios de mayor importancia de un CMMS:

- Reducción de paros imprevistos
- Incremento de la vida útil de los equipos
- Reducción de los niveles de inventarios
- Prevención de reparaciones costosas
- Disminución de accidentes
- Confiabilidad y uniformidad de la calidad
- Mejorar organización de la mano de obra
- Documentación de la información.

2.6.2 Módulos del Software

Figura 15. Módulos del sistema de información.



El objetivo fundamental del sistema de información para el mantenimiento es presentar continuamente la base de datos esencial para la correcta y oportuna planificación del mantenimiento y la evaluación de su gestión. Un sistema de información para gestión de mantenimiento se compone de los 7 módulos principales descritos a continuación:

1. **HVA:** Control de equipo, hojas de vida, historial fallas e intervenciones, datos técnicos, fotografías, adjuntos, manuales, historial de repuestos e historial de horas hombre.
2. **CDA:** Cronograma de actividades agrupadas por departamento, especialidad, responsable, agrupación de equipo, sistema y familia; recibe cualquier tipo de

actividad (correctiva programada, preventiva, inspecciones etc.) para cualquier tipo de equipo.

3. PDT: Almacena plantillas de planes de trabajo agrupables (Por familia de equipos o especialidad de trabajo) que se pueden subdividir en rutinas de mantenimiento específicas para una periodicidad determinada por el usuario (semestral, mensual, diaria etc.) con un listado de repuestos y recursos necesarios. Este módulo permite crear el cronograma general para la compañía en 3 sencillos pasos.

4. RGA: Permite crear informes en cualquier rango de fechas, agrupados por familia, sistema o grupo de análisis; muestra indicadores generales de mantenimiento (MTTBF, confiabilidad, disponibilidad, Averías etc.), modos de fallas, costo de repuestos y horas hombre comparando si se desea con el periodo anterior.

5. OTM: Almacena órdenes y reportes de trabajo a las cuales se les puede cargar las plantillas de trabajo y repuestos creadas en el módulo de PDT, permite llevar control de inventario de repuestos o adquirirlo de otro listado externo.

6. RSD: En este módulo se reporta la bitácora de estado de equipos dónde cada estado es totalmente personalizable y también su modo de falla si aplica. También se lleva el control de las actividades programadas para día y las ejecutadas fuera de planeación. Desde este módulo se crean rápidamente Órdenes y reportes de trabajo de las actividades seleccionadas y se puede enviar un reporte de apertura y cierre diario a través de correo electrónico rápidamente.

7. APL: Contiene el listado de piezas necesario para cada equipo en cada intervención y permite al usuario cruzar las existencias con el stock actual de bodega y obtener los recursos faltantes para la intervención con anticipación o determinar un mínimo y máximo de repuestos.

3. DIAGNOSTICO DE MANTENIMIENTO Y SITUACION ACTUAL DE LA MAQUINARIA AMARILLA DE MONTERREY, CASANARE.

3.1 DIAGNOSTICO DE LA MAQUINARIA ALCALDIA DE MONTERREY

El actual Sistema de Mantenimiento, es realizado por un operario, el cual es el jefe de taller quien se encarga del mantenimiento de los equipos y maquinarias utilizados para el servicio del Municipio. La política de mantenimiento llevada a cabo por la empresa es el control de fallas, por lo que el encargado espera a que los equipos y maquinarias fallen para efectuar el mantenimiento.

A continuación se presentan algunos de los hallazgos y/o situación actual de la Maquinaria de la alcaldía Monterrey Casanare:

- **Motoniveladora Jhon Deere 670G** **Odómetro: 1832**

Figura 16. Motoniveladora Alcaldía Monterrey, Casanare.



- Hallazgos
 - Se encuentra para cambio de aceites y filtros general
 - Las baterías se presentan humedad de acido
 - La bomba principal/eléctrica de combustible presenta perdidas de presión
 - Los dos cilindros de dirección presentan fugas

- El cilindro de extensión cuchilla presenta fuga además ralladura en el embolo
 - El sistema de cuchilla cortante esta para ajuste
- **Mantenimiento a realizar**
 - Se debe realizar el mantenimiento correspondiente a las 1000 horas que incluye cambio de aceites y filtros general (motor, sistema hidráulico, servotransmision, reductoras, tanden, líquido refrigerante, lavado de tanque combustible y radiador)
 - Se deben cambiar las baterías ya que están resumiendo y pueden fallar en cualquier momento
 - Se deben realizar pruebas eléctricas y cambiar la bomba eléctrica de combustible
 - Cambio de empaquetaduras de dos (2) cilindros de dirección
 - Cambio de empaquetadura y cromado de embolo cilindro extensión cuchilla
 - Cambio de cuchilla y ajuste del sistema
 - Ajustar la tornamesa de giro

➤ **Retrocargador Jhon Deere 310SK Odómetro: 1805**

Figura 17. Retrocargador-Alcaldía Monterrey, Casanare.



- Hallazgos
 - Se encuentra para cambio de aceites y filtros general
 - La batería se está descargando
 - Las crucetas del cardan presentan desajuste
 - El sistema de accionamiento de la doble tracción no funciona
 - La correa del alternador esta deshilachada
 - Los dientes del cucharon o balde están desgastados

- Mantenimiento a realizar
 - Se debe realizar el mantenimiento correspondiente a las 1000 horas que incluye cambio de aceites y filtros general (motor, sistema hidráulico, servo transmisión, reductoras, tanden, líquido refrigerante, lavado de tanque combustible y radiador)
 - Se deben realizar pruebas eléctricas y cambiar la válvula solenoide de la doble tracción
 - Cambio de dos (2) crucetas del eje cardanico
 - Cambio de dientes del Balde o cucharon
 - La batería
 -

- **Vibrocompactador Lebrero X2 Odómetro: 863**

Figura 18. Vibrocompactador-Alcaldía Monterrey, Casanare.



- Hallazgos
 - Se encuentra para cambio de aceites y filtros general
 - Presenta desgaste en los soporte de caucho de la cabina
 - La batería se está descargando/ a los dos días de apagada la maquina no vuelve a dar encendido

 - Mantenimiento a realizar
 - Se debe realizar el mantenimiento correspondiente a las 1000 horas que incluye cambio de aceites y filtros general (motor, sistema hidráulico, servo transmisión, reductoras, tanden, líquido refrigerante, lavado de tanque combustible y radiador)
 - La batería debe ser cambiada
 - Cambio de soportes de caucho amortiguación de la cabina
- **Volqueta Freighliner M2 106 PLACA ODS- 541 Kilometraje: 24.230**

Figura 19.Volqueta Freithliner-Alcaldía Monterrey, Casanare.



- Hallazgos
 - Se encuentran para cambio de aceites y filtros de motor
 - Las llantas direccionales están para cambio
 - No tiene llanta ni rin de repuesto
 - Filtro aire acondicionado para cambio

- Mantenimiento a realizar
 - Cambio de aceite y filtros de motor
 - Cambio de llantas direccionales
 - Cambio de filtro de aire acondicionado

➤ **Volqueta Freithliner M2 106 PLACA ODS- 540 Kilometraje: 2354**

Figura 20. Volqueta Freithliner -Alcaldía Monterrey, Casanare.



- Hallazgos
 - Se encuentran para cambio de aceites y filtros de motor
 - Las llantas direccionales están para cambio
 - No tiene llanta ni rin de repuesto
 - Filtro aire acondicionado para cambio

- Mantenimiento a realizar
 - Cambio de aceite y filtros de motor
 - Cambio de filtro de aire acondicionado

➤ **Volqueta Chevrolet Kodiak**

PLACA OIB-470

Figura 21. Volqueta Chevrolet Kodiak-Alcaldía Monterrey, Casanare.



- Hallazgos
 - Se encuentran para cambio de aceites y filtros general
 - Estado de capot defectuoso, pintura de cabina, chasis en mal estado (volcó).
 - No tiene el vidrio de la puerta izquierda
 - Para revisión de splinters
- Mantenimiento a realizar
 - Cambio de aceite y filtros Incluye (motor, transmisión, diferencial, deposito hidráulico)
 - Latonería y pintura incluye (arreglo, refuerzo y pintado de capot, latonería y pintura de cabina, pintado de chasis)

- Instalación de vidrio puerta izquierda
- Ajuste de chapas de puertas
- Cambio de tapizado de silla
- Instalación de tapicería de piso.

3.2 HISTORICOS DE LA MAQUINARIA DE MONTERREY, CASANARE.

Sin una debida programación de mantenimiento, la alcaldía de Monterrey Casanare suministra los repuestos de las maquinas al momento en que estas fallan. Esto dificulta la recolección de información para la elaboración de las hojas de vida.

Para realizar dichas hojas de vida, es necesario investigar con las personas encargadas en la alcaldía de Monterrey Casanare y buscar las facturas de compra de los repuestos instalados en las máquinas. Una vez recogida esta información se procede a la realización de las hojas de vida.

3.3 FICHAS TECNICAS DE LA MAQUINARIA

Las siguientes son características técnicas de una de las máquinas, objeto del proyecto. Las Fichas Técnicas de las otras máquinas se encuentran en el anexo B.

3.3.1 Motoniveladora Serie 670G John Deere⁹

Figura 22. Motoniveladora serie 670G John Deere.



- **Motor**

Modelo	John Deere PowerTech™ PSX 9,0 l
Numero de cilindros	6 (seis)
Cilindrada	9,0 l (548 pulg3)
Potencia neta	145 KW (195 hp)
Par motor máximo neto	1098 N·m (810 lb-pie) a 800 rpm
Aumento neto del par motor	68%
Velocidad nominal	2100 rpm
Aspiración	Serie con turboalimentador y enfriador de aire de carga
Lubricación	Filtro atornillable de caudal pleno y enfriador integral

⁹ DEERE, Jhon. NIVELADORAS SERIE G/GP [En Línea]. Citado 04 Agosto 2016. Disponible en: < https://www.deere.com/en_US/docs/construction/motor_graders/DKAGGDRES.pdf >

- **Enfriamiento**

Enfriamiento a demanda con un mando de ventilador hidráulico y de velocidad variable para un consumo óptimo de combustible; ventilador autorreversible para mantener los enfriadores limpios; puerta trasera del ventilador de apertura hacia fuera para facilitar la limpieza de todos los componentes de enfriamiento Refrigerante del motor, vida prolongada, capacidad nominal -37 C (-34 F)

- **Tren de potencia**

Transmisión John Deere PowerShift Plus™ de mando directo con cambios modulados sobre la marcha, cambios basados en eventos (EBS), pedal de avance lento, depósito independiente de transmisión con filtrado separado y sistema de enfriamiento con bomba de engranajes de 125 l/min (33 gal/min).

Marchas, avances 8, retroceso 8.

Velocidad máxima de avance Neumáticos 14.0-R24, sin patinaje a 2180 rpm

Posición 1 de la palanca de cambios	4,0 km/h
Posición 2 de la palanca de cambios	5,6 km/h
Posición 3 de la palanca de cambios	7,7 km/h
Posición 4 de la palanca de cambios	10,9 km/h
Posición 5 de la palanca de cambios	16,5 km/h
Posición 6 de la palanca de cambios	23,2 km/h
Posición 7 de la palanca de cambios	32,3 km/h
Posición 8 de la palanca de cambios	45,5 km/h

- **Frenos**

Frenos de discos múltiples accionados hidráulicamente por pedal, sellados en aceite a presión, enfriado y filtrado; los dos sistemas independientes funcionan sobre las 4 ruedas de ejes en tándem.

Frenos principales y auxiliares Accionados hidráulicamente, en lado interior del pivote de ejes en tándem, autoajustables, sellados con aceite enfriado y filtrado, de discos múltiples (ISO 3450)

Freno de estacionamiento Aplicado automáticamente por resorte, soltado hidráulicamente, enfriado por aceite, autoajustable (ISO 3450)

- **Sistema hidráulico**

Centro cerrado, con compensación de presión y detección de carga (PCLS), bomba de émbolo de caudal variable, adaptadores con superficie sellada por anillo “O”

Caudal máximo de la bomba	212 l/min (56 gal/min)
Presión máxima del sistema	18 961 kPa (2750 psi)
Caudal de la bomba	90 cm ³ (5,5 pulg ³)

- **Sistema eléctrico**

Voltaje	24 V
Número de baterías	2
Capacidad de la batería	1400 A de arranque en frío
Capacidad de reserva	440 min
Capacidad de amperios-hora	224 A·h
Capacidad del alternador	100, 130 ó 150 A

Luces	Luces de conducción; 2 faros de halógeno de foco alto y 2 de foco bajo; señalizadores de viraje delanteros y traseros y luces marcadoras tipo LED; luces de frenos y de advertencia tipo LED
-------	--

3.4 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS MÁQUINAS, SEGÚN FABRICANTE.

A continuación se presenta el plan de mantenimiento para una de las máquinas a analizar. El plan de mantenimiento para las demás máquinas se encuentra en el Anexo C.

3.4.1 Mantenimiento recomendado por el Fabricante para Motoniveladora Serie 670g John Deere

<p>Intervalos de mantenimiento: Efectuar el mantenimiento de los componentes en los múltiplos de los intervalos originales. Por ejemplo, a las 500 horas realizar el mantenimiento también (si corresponde) de los componentes listados bajo 250 horas, 100 horas, 50 horas y 10 horas o diariamente.</p>	
<p>Según se requiera</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de basura de enfriadores (radiador, enfriador de aceite hidráulico, enfriador de aire de carga, enfriador de combustible, condensador de acondicionador de aire) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lubricación de agujeros de pasador de bloqueo de caballete ▪ Ajuste o sustitución de insertos de desgaste de desplazamiento lateral de la hoja.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de bornes de batería y apriete de abrazaderas. ▪ Limpieza o cambio de filtros de aire fresco y aire recirculado de cabina. ▪ Lubricación de piñón de círculo. ▪ Inspección y ajuste de presión de neumáticos. ▪ Ajuste de espacio libre de insertos de desgaste de círculo de hoja y bastidor de tiro. ▪ Ajuste o cambio de receptáculos de cilindros elevadores de hoja. ▪ Inspección de correas. ▪ Limpieza de filtro primario de admisión de aire de motor. ▪ Cambio de cilindro de fluido auxiliar de arranque – si existe 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vaciado de agua y sedimentos de sumidero de depósito de combustibles. ▪ Vaciado de filtro de combustible primario y separador de agua. ▪ Vaciado de filtro de combustible auxiliar y separador de agua. ▪ Calibración de sensores de pendiente. Si existe. ▪ Adición prolongador de refrigerante según indique las tiras COOL-GARD™ II ▪ Revisión y limpieza de cámara trasera – si existe. ▪ Calibración de unidad de control de transmisión. ▪ Calibración de controlador de tracción en 6 ruedas- si existe.
Cada 10 horas o diariamente	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de nivel de aceite de depósito hidráulico. ▪ Revisión de nivel de aceite de transmisión 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de nivel de aceite de motor. ▪ Revisión de nivel de depósito de rebose de refrigerante de motor.
Cada 50 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lubricación de pivotes bastidores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lubricación de pivote de inclinación del eje delantero.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lubricación de cilindros elevadores. ▪ Lubricación de bola de bastidor de tiro. ▪ Lubricación de escarificador/hoja topadora de montaje delantero – si existe. ▪ Lubricación de pasador de oscilación de eje delantero ▪ Lubricación de grupo elevador delantero tipo Balderson™ - si existe ▪ Lubricación de pasadores de pivote de inclinación de eje delantero. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lubricación de pasadores de dirección de eje delantero. ▪ Lubricación de extremos de barra de acoplamiento. ▪ Lubricación de cilindros de dirección. ▪ Lubricación de escarificador de montaje intermedio – si existe ▪ Lubricación de cilindros de desplazamiento lateral del círculo ▪ Lubricación de pasador de bloqueo de caballete.
Servicio inicial – 250 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de aceite de rodaje de motor y filtro ▪ Cambio de aceite de rodaje de motor y filtro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calibración de unidad de control de transmisión. ▪ Cambio de filtro de caja de eje. ▪ Sustitución de filtro de aceite de transmisión.

Cada 250 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de nivel de electrolito de batería ▪ Revisión de nivel de aceite de caja de eje 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de nivel de aceite de tracción en 6 ruedas – si existe ▪ Muestreo de aceite de motor.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de indicador de humedad de secador de acondicionador de aire. 	
Cada 500 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de nivel de aceite del tándem ▪ Cambio de aceite y filtro de motor. ▪ Lubricación de pivotes de eje en tándem. ▪ Revisión de nivel de aceite de caja de engranajes de giro. ▪ Revisión de acción de frenos y carga de acumulador (de ser necesario) ▪ Sustitución de filtro de combustible final. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de filtro de combustible auxiliar y separador de agua – si existe. ▪ Cambio de filtro de llenado rápido de combustible – si existe. ▪ Muestreo de aceite (transmisión, eje y tándem) ▪ Muestreo de aceites de cubos de tracción en 6 ruedas. ▪ Muestreo de combustible diesel. ▪ Muestreo de refrigerante del motor. ▪ Muestreo de aceite hidráulico.
Cada 1000 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de aceite de tracción en 6 ruedas ▪ Limpieza, engrase y ajuste de cojinetes de ruedas delanteras ▪ Revisión de refrigerante 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de elementos de filtro de aire de motor. ▪ Revisión de mangueras de admisión de aire en busca de grietas o conexiones flojas. ▪ Sustitución de colador de combustible en línea.
Cada 2000 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de aceite de la caja del eje. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de aceite de caja de engranajes de círculo.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpieza de tamiz de entrada de bomba de transmisión. ▪ Cambio de aceite de transmisión. ▪ Sustitución de filtro de aceite de transmisión ▪ Cambio de respiradores de eje trasero y depósito hidráulico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ajuste de juego de válvulas de motor. ▪ Limpieza de tubo de respiradero de cárter de motor ▪ Cambio de filtro de aceite hidráulico. ▪ Cambio de filtro de aceite de caja de eje. ▪ Calibración de unidad de control de transmisión.
Cada 4000 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de aceite de depósito hidráulico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambio de aceite de tándem ▪ Sustitución de amortiguador de cigüeñal de motor.
Cada 6000 horas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vaciado, enjuague y llenado de sistema de enfriamiento. 	

Los intervalos de cambio de aceite/filtro del motor de 500 horas, de los filtros de la transmisión, hidráulico y de ejes de 2000 horas y del aceite de la transmisión, hidráulico y ejes de 4000 horas reducen el mantenimiento al mínimo.

El filtro de partículas de combustible diesel del motor IT4/ Stage IIIB de UE se saca fácilmente por la parte superior del compartimiento del motor. El intervalo mínimo de servicio es 5000 horas, y lo debe hacer un concesionario John Deere u otro proveedor de servicios competente.

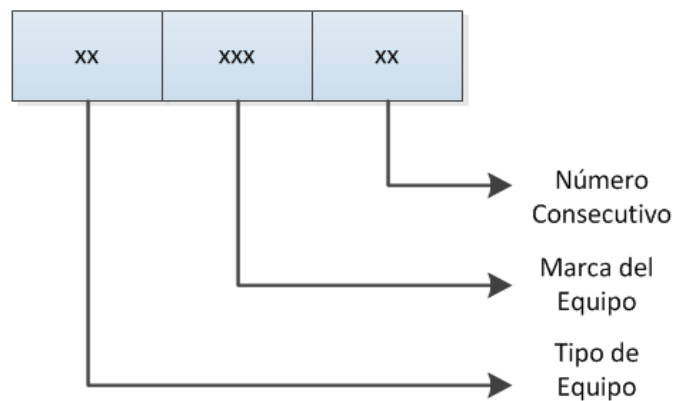
4. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS CRITICOS

4.1 CODIFICACIÓN PARA LOS ACTIVOS DE LA ALCALDÍA MONTERREY, CASANARE.¹⁰

Es necesario realizar un registro completo de los equipos que se encuentran en la empresa con el fin de establecer la cantidad, identificarlo para codificarlos, verificar el estado en el cual se encuentran y por ultimo realizar el análisis de criticidad.

Se sugiere la siguiente estructura de codificación, Figura 23, para la maquinaria amarilla de Monterrey, Casanare.

Figura 23. Estructura de Codificación para la Maquinaria Amarilla



4.1.1 Procedimiento de Codificación para Maquinaria Amarilla de la Alcaldía de Monterrey, Casanare. Para la codificación de los equipos se escogió una estructura de código alfanumérico compuesto por cinco letras y dos dígitos, el cual debe ser interpretado en la siguiente forma:

Las dos primeras letras corresponden al tipo de equipo, la tabla 1 muestra los códigos utilizados para los equipos, las tres letras siguientes la marca, la tabla 2

¹⁰ PLATA, Viany. Diagnóstico de Maquinaria Pesada, Equipo Menor y Vehículos de Transporte para el desarrollo de un plan de Mantenimiento para la Constructora Vc Ltda. Bucaramanga, 2009.p 57.

muestra codificación según las diferentes máquinas y los dos números siguientes identifican el equipo, la tabla 3 muestra el número de identificación por equipo.

Tabla 1. Codificación por Tipo Máquina

EQUIPO	CÓDIGO
RETROEXCAVADORA	RE
RETROCARGADOR	RC
MOTONIVELADORA	MN
MINICARGADOR	MC
BULLDOZER	BU
VIBROCOMPACTADOR	VC
VOLQUETA	VQ

Tabla 2. Codificación por marca de Equipo.

EQUIPO	CÓDIGO
CATERPILLAR	CAT
HITACHI	HIT
KOMATSU	KO M
JHON DEER	JDC
DYNAPAC	DNP

Tabla 3. Codificación de Maquinaria Amarilla, sugerida para Monterrey, Casanare.

CÓDIGO	DESCRIPCION-MODELO	MARCA	SERIE/PLACA
RE-JDC-01	RETROEXCAVADORA	JOHN DEERE	SERIE 310SK
VC-LBR-01	VIBROCOMPACTADOR	LEBRERO	OSB 4.5 TAA
MN-JDC-01	MOTONIVELADORA	JHON DEER	PSX 9,0 l
VQ-FGL-01	VOLQUETA	FREIGHTLINER	ODS- 541
VQ-KDK-01	VOLQUETA	KODIAK	OIB-470
VQ-FGL-02	VOLQUETA	FREIGHTLINER	ODS- 540

4.1.2 Procedimiento de Codificación para las Fallas recurrentes, en los Sistemas de la Maquinaria de la Alcaldía Monterrey, Casanare.

Para el proceso de codificación de las Fallas significativas de los sistemas de la Maquinaria de la alcaldía de Monterrey, se decide clasificar la maquinaria en dos tipos, como muestra la tabla 42, presentando en forma paralela el código que identificará cada tipo de Máquina.

Tabla 4. Tipos de Maquinas en la Alcaldía de Monterrey.

Tipos de Máquinas	Código
Maquinas Amarillas	MQA
Vehículos de Transporte Especial	VTE

Seguidamente y para identificar las fallas de mayor impacto, cada tipo de Máquina se analiza por Sistemas Mecánicos, como muestra la tabla 43, y de igual forma, Cada Sistema con su respectivo código (Tabla 44).

Tabla 5. Lista de Sistemas de la Maquinaria Amarilla a tener en cuenta.

Sistemas de Interés	
Maquinaria Amarilla	Vehículos de Transporte Especial
Sistema Motor	Sistema de Suspensión
Sistema Eléctrico	Sistema de Frenos
Sistema Hidráulico	Sistema de Dirección
Sistema de Dirección	Sistema de Rines y Llantas
Sistema de Transmisión	Sistema Motor
Sistema de Frenos	Sistema de Transmisión y Diferencial

Tabla 6. Códigos propuestos para los Sistemas Mecánicos de Interés

SISTEMAS DE INTERÉS	
SISTEMAS MECÁNICOS	CÓDIGO
Sistema Motor	SMT
Sistema Eléctrico	SEL
Sistema Hidráulico	SHD
Sistema de Dirección	SDR
Sistema de Suspensión	SSP
Sistema Rines y Llantas	SRL
Sistema de Transmisión	STR
Sistema de Transmisión y Diferencial	STD
Sistema de Frenos	SFR

Tabla 7. Lista de Fallas por Sistemas de la Maquinaria Amarilla.

FALLAS RECURRENTE EN MAQUINARIA AMARILLA	
SISTEMA MECÁNICO	FALLA O AVERÍA
MOTOR	1 El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.
	2 El motor no desarrolla toda su potencia.
	3 El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.
	4 El motor emite cantidades excesivas de humo de escape blanco, negro, gris o azul.
	5 Golpeteo excesivo del motor diésel con gasolina
	6 El motor gira lentamente por baterías descargadas, conexiones dañadas o sucias en las baterías.

	7	Ruido anormal del motor
SISTEMA ELECTRICO	1	Bajo voltaje de salida de la batería, bornes del batería roto o suelto.
	2	Conexiones de cables de la batería sueltas o corroídas.
	3	Las luces de conducción no funcionan
	4	Averías en los fusibles
	5	La batería consume demasiada agua, Célula de la batería en corto circuito.
	6	Baterías descargadas o muertas
	7	Batería congelada
	8	Problema de solenoide de arranque
	9	El monitor averiado
	SISTEMA HIDRAULICO	1
2		Funciones hidráulicas lentas, fugas en las tuberías o mangueras
3		Recalentamiento del sistema hidráulico por bajo nivel del aceite.
4		Aire en el aceite hidráulico el cual provoca ruido de castañeteo.
5		El aceite hidráulico hace espuma, agua en el aceite.
6		Ruido excesivo en la bomba.
7		Tuberías de aceite dañadas causando restricciones internas excesivas.
DIRECCION	1	Dirección lenta o dura, tuberías de dirección dañadas
	2	Aire en el sistema de dirección

	3	El volante de dirección se traba por suciedad en la sección de bomba de engranajes.
TRANSMISION	1	Patinaje de transmisión, bajo nivel de aceite en la transmisión
	2	La máquina no avanza ni retrocede, eje de transmisión roto
	3	Ruido excesivo del tren de transmisión, eje de transmisión desgastado
	4	Bajo nivel de aceite en el eje
FRENOS	1	Vibración o ruido en los frenos, aire en el sistema de frenos.
	2	Discos de los frenos muy desgastados.
	3	Fugas en sello del embolo del freno
	4	El pedal de freno no regresa correctamente.
	5	Válvula de frenos de servicio con fugas.

Tabla 8. Lista de Fallas por Sistemas de los Vehículos de Transporte Especial.

FALLAS RECURRENTE EN LOS VEHICULOS DE TRANSPORTE ESPECIAL		
SISTEMA MECÁNICO	FALLA O AVERÍA	
SISTEMA DE SUSPENSION	1	Mal estado o fijación defectuosa de muelles resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.
	2	Elementos de la suspensión rotos o con excesiva corrosión
	3	Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión
	4	Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.

	5	Inexistencia o mal estado de los topes de suspensión
	6	Fugas visibles o audibles en los amortiguadores.
	7	Tirantes o brazos de la suspensión deformados o con riesgo de desprendimiento.
	8	Inexistencia de alguno de los amortiguadores.
	9	Inexistencia o ruptura de los guardapolvos de las rotulas de suspensión
SISTEMA DE FRENOS	1	Bandas de frenos desgastadas
	2	Perdida de aire que provoca un descenso apreciable de la presión o vacío, o perdida de aire audible cuando no se está aplicando el freno (compresor)
	3	no se está aplicando el freno (compresor)
SISTEMA DIRECCION	1	Holguras y/o desgaste excesivo en cualquiera de los elementos que conformen el sistema de dirección.
	2	Fugas visibles sin goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
	3	Fugas con goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
	4	Fijación defectuosa o riesgo de desprendimiento en cualquiera de los elementos de la dirección.
	5	Guardapolvos inexistentes o rotos.
RINES Y LLANTAS	1	Profundidad de labrado en el área de mayor desgaste de cualquiera de las llantas de servicio, menor de 1,6 mm o inferior a las marcas de desgaste. Es aplicable a vehículos con peso bruto vehicular hasta 3 500 kg
	2	Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas.
MOTOR	1	Correas y accesorios desgastados
	2	Fugas en el sistema de refrigeración

	3	Batería con soporte suelto o con riesgo de desprendimiento
	4	Perdidas de aceite sin goteo continuo
	5	Perdidas de aceite con goteo continuo
	6	Mal estado, mala distribución y/o sujeción del cableado eléctrico.
TRANSMISION Y DIFERENCIAL	1	Juegos mecánicos (holguras) excesivos en las juntas del cardan.
	2	Perdidas de aceite sin goteo continuo en la transmisión o caja.
	3	Perdidas de aceite con goteo continuo en la transmisión o caja.
	4	Inexistencia de protector para desprendimiento del cardan trasero.

De esta manera, ya definida las listas de Tipo de Maquinas, Listas de sistemas y Fallas recurrentes, finalmente se puede dar código a cada Falla que afecta los activos de la Alcaldía de Monterrey.

Tabla 9.Codificación para las Fallas Recurrentes en la Maquinaria de la Alcaldía de Monterrey.

FALLAS RECURRENTE EN MAQUINARIA AMARILLA	
CÓDIGO	FALLA O AVERÍA
MQA-SMT-01	El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.
MQA-SMT-02	El motor no desarrolla toda su potencia.

MQA-SMT-03	El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.
MQA-SMT-04	El motor emite cantidades excesivas de humo de escape blanco, negro, gris o azul.
MQA-SMT-05	Golpeteo excesivo del motor diésel con gasolina
MQA-SMT-06	El motor gira lentamente por baterías descargadas, conexiones dañadas o sucias en las baterías.
MQA-SMT-07	Ruido anormal del motor
MQA-SEL-01	Bajo voltaje de salida de la batería, bornes del batería roto o suelto.
MQA-SEL-02	Conexiones de cables de la batería sueltas o corroídas.
MQA-SEL-03	Las luces de conducción no funcionan
MQA-SEL-04	Averías en los fusibles
MQA-SEL-05	La batería consume demasiada agua, Célula de la batería en corto circuito.
MQA-SEL-06	Baterías descargadas o muertas
MQA-SEL-07	Batería congelada
MQA-SEL-08	Problema de solenoide de arranque
MQA-SEL-09	El monitor averiado
MQA-SHD-01	Potencia hidráulica insuficiente, mangueras sueltas.
MQA-SHD-02	Funciones hidráulicas lentas, fugas en las tuberías o mangueras
MQA-SHD-03	Recalentamiento del sistema hidráulico por bajo nivel del aceite.
MQA-SHD-04	Aire en el aceite hidráulico el cual provoca ruido de castañeteo.

MQA-SHD-05	El aceite hidráulico hace espuma, agua en el aceite.
MQA-SHD-06	Ruido excesivo en la bomba.
MQA-SHD-07	Tuberías de aceite dañadas causando restricciones internas excesivas.
MQA-SDR-01	Dirección lenta o dura, tuberías de dirección dañadas
MQA-SDR-02	Aire en el sistema de dirección
MQA-SDR-03	El volante de dirección se traba por suciedad en la sección de bomba de engranajes.
MQA-STR-01	Patinaje de transmisión, bajo nivel de aceite en la transmisión
MQA-STR-02	La máquina no avanza ni retrocede, eje de transmisión roto
MQA-STR-03	Ruido excesivo del tren de transmisión, eje de transmisión desgastado
MQA-STR-04	Bajo nivel de aceite en el eje
MQA-SFR-01	Vibración o ruido en los frenos, aire en el sistema de frenos.
MQA-SFR-02	Discos de los frenos muy desgastados.
MQA-SFR-03	Fugas en sello del embolo del freno
MQA-SFR-04	El pedal de freno no regresa correctamente.
MQA-SFR-05	Válvula de frenos de servicio con fugas.
VTE-SSP-01	Mal estado o fijación defectuosa de muelles resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.
VTE-SSP-02	Elementos de la suspensión rotos o con excesiva corrosión
VTE-SSP-03	Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión

VTE-SSP-04	Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.
VTE-SSP-05	Inexistencia o mal estado de los topes de suspensión
VTE-SSP-06	Fugas visibles o audibles en los amortiguadores.
VTE-SSP-07	Tirantes o brazos de la suspensión deformados o con riesgo de desprendimiento.
VTE-SSP-08	Inexistencia de alguno de los amortiguadores.
VTE-SSP-09	Inexistencia o ruptura de los guardapolvos de las rotulas de suspensión
VTE-SFR-01	Bandas de frenos desgastadas
VTE-SFR-02	Perdida de aire que provoca un descenso apreciable de la presión o vacío, o perdida de aire audible cuando no se está aplicando el freno (compresor)
VTE-SFR-03	no se está aplicando el freno (compresor)
VTE-SDR-01	Holguras y/o desgaste excesivo en cualquiera de los elementos que conformen el sistema de dirección.
VTE-SDR-02	Fugas visibles sin goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
VTE-SDR-03	Fugas con goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
VTE-SDR-04	Fijación defectuosa o riesgo de desprendimiento en cualquiera de los elementos de la dirección.
VTE-SDR-05	Guardapolvos inexistentes o rotos.
VTE-SRL-01	Profundidad de labrado en el área de mayor desgaste de cualquiera de las llantas de servicio, menor de 1,6 mm o inferior a las marcas de desgaste. Es aplicable a vehículos con peso bruto vehicular hasta 3 500 kg
VTE-SRL-02	Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas.
VTE-SMT-01	Correas y accesorios desgastados
VTE-SMT-02	Fugas en el sistema de refrigeración
VTE-SMT-03	Batería con soporte suelto o con riesgo de desprendimiento

VTE-SMT-04	Perdidas de aceite sin goteo continuo
VTE-SMT-05	Perdidas de aceite con goteo continuo
VTE-SMT-06	Mal estado, mala distribución y/o sujeción del cableado eléctrico.
VTE-STD-01	Juegos mecánicos (holguras) excesivos en las juntas del cardan.
VTE-STD-02	Perdidas de aceite sin goteo continuo en la transmisión o caja.
VTE-STD-03	Perdidas de aceite con goteo continuo en la transmisión o caja.
VTE-STD-04	Inexistencia de protector para desprendimiento del cardan trasero.

4.2 ANALISIS DE FALLAS EN LOS SISTEMAS MECÁNICOS DE LA MAQUINARIA AMARILLA DE LA ALCALDIA DE MONTERREY, CASANARE.

Debido a que el número de máquinas es relativamente bajo y todas presentan Sistemas Mecánicos similares se realizará un estudio de criticidad de acuerdo a Sistemas.

Determinación de fallas recurrentes en maquinaria amarilla

- MOTOR

Tabla 10. Fallas recurrentes en el Sistema Motor-Maquinaria amarilla

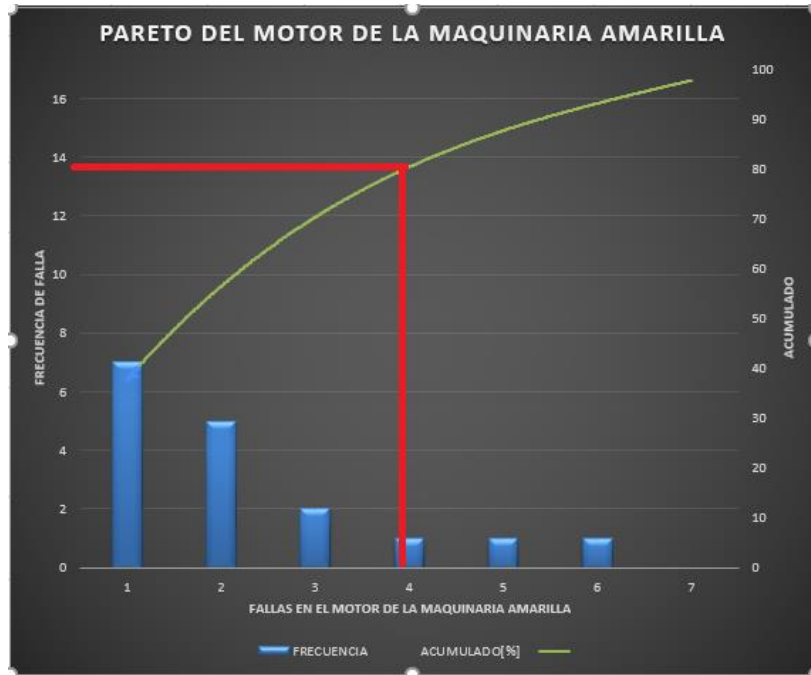
N°	FALLA
1	El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.
2	El motor no desarrolla toda su potencia.
3	El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.
4	El motor emite cantidades excesivas de humo de escape blanco, negro, gris o azul.
5	Golpeteo excesivo del motor diésel con gasolina
6	El motor gira lentamente por baterías descargadas, conexiones dañadas o sucias en las baterías.
7	Ruido anormal del motor

Tabla 11. Frecuencia de fallas en el motor de la maquinaria amarilla

N°	FALLA	FRECUENCIA	PORCENTAJE [%]	ACUMULADO [%]
1	El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.	7	41,18	41,18

2	El motor no desarrolla toda su potencia.	5	5,88	47,06
3	El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.	2	29,41	76,47
4	El motor emite cantidades excesivas de humo de escape blanco, negro, gris o azul.	1	5,88	82,35
5	Golpeteo excesivo del motor Diesel con gasolina	1	5,88	88,24
6	El motor gira lentamente por baterías descargadas, conexiones dañadas o sucias en las baterías.	1	0	88,24
7	Ruido anormal del motor	0	11,76	100

Figura 24. Pareto del motor para la maquinaria amarilla



Por cuestiones de limitación de páginas, se presenta análisis de Fallas en los Sistemas Mecánicos de la Maquinaria Amarilla, en el Anexo D.

De lo anterior se obtiene como resultado las fallas más significativas en la Maquinaria Amarilla, las cuales están causando el mayor número de reparaciones o solicitudes de mantenimiento correctivo.

Tabla 12. Fallas Recurrentes en la Maquinaria Amarilla.

FALLAS RECURRENTE EN MAQUINARIA AMARILLA	
SISTEMA MECÁNICO	FALLA O AVERÍA
MOTOR	El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.

	El motor no desarrolla toda su potencia.
	El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.
SISTEMA ELECTRICO	Bajo voltaje de salida de la batería, bornes del batería roto o suelto.
	Conexiones de cables de la batería sueltas o corroídas.
	Las luces de conducción no funcionan
SISTEMA HIDRAULICO	Potencia hidráulica insuficiente, mangueras sueltas.
	Funciones hidráulicas lentas, fugas en las tuberías o mangueras
DIRECCION	Dirección lenta o dura, tuberías de dirección dañadas
	Aire en el sistema de dirección
TRANSMISION	Patinaje de transmisión, bajo nivel de aceite en la transmisión
FRENOS	Vibración o ruido en los frenos, aire en el sistema de frenos.
	Discos de los frenos muy desgastados.
	Fugas en sello del embolo del freno

Determinación de fallas recurrentes en vehículos de transporte especial

- SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Tabla 13. Fallas recurrentes en el Sistema de Suspensión-Vehículos de Transporte Especial.

N°	FALLA
1	Mal estado o fijación defectuosa de muelles resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.
2	Elementos de la suspensión rotos o con excesiva corrosión
3	Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.
4	Inexistencia o mal estado de los topes de suspensión
5	Fugas visibles o audibles en los amortiguadores.
6	Inexistencia de alguno de los amortiguadores.
7	Tirantes o brazos de la suspensión deformados o con riesgo de desprendimiento.
8	Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión
9	Inexistencia o ruptura de los guardapolvos de las rotulas de suspensión

Tabla 14. Frecuencia de fallas en el sistema de suspensión en vehículos de transporte especial.

N°	FALLA	FRECUENCIA	PORCENTAJE [%]	ACUMULADO [%]
1	Mal estado o fijación defectuosa de muelles resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.	3	25	25

2	Elementos de la suspensión rotos o con excesiva corrosión	3	25	50
3	Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión	2	16,67	66,67
4	Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.	1	8,33	75
5	Inexistencia o mal estado de los topes de suspensión	1	8,33	83,33
6	Fugas visibles o audibles en los amortiguadores.	1	8,33	91,67
7	Tirantes o brazos de la suspensión deformados o con riesgo de desprendimiento.	1	8,33	100
8	Inexistencia de alguno de los amortiguadores.	0	0	100
9	Inexistencia o ruptura de los guardapolvos de las rotulas de suspensión	0	0	100

Figura 25.Pareto del sistema de suspensión para vehículos especiales



Por cuestiones de limitación de páginas, se presenta análisis de Fallas en los Sistemas Mecánicos de la Maquinaria Amarilla, en el Anexo E.

De lo anterior se obtiene como resultado las fallas más significativas en los vehículos de transporte especial, las cuales están causando el mayor número de reparaciones o solicitudes de mantenimiento correctivo.

Tabla 15.Fallas recurrentes en los Vehículos de Transporte Especial

FALLAS RECURRENTE EN LOS VEHICULOS DE TRANSPORTE ESPECIAL	
SISTEMA MECÁNICO	FALLA O AVERÍA
SISTEMA DE SUSPENSION	Mal estado o fijación defectuosa de muelles resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.

	Elementos de la suspensión rotos o con excesiva corrosión
	Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión
	Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.
SISTEMA DE FRENOS	Bandas de frenos desgastadas
SISTEMA DIRECCION	Holguras y/o desgaste excesivo en cualquiera de los elementos que conformen el sistema de dirección.
	Fugas visibles sin goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
	Fugas con goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.
RINES Y LLANTAS	Profundidad de labrado en el área de mayor desgaste de cualquiera de las llantas de servicio, menor de 1,6 mm o inferior a las marcas de desgaste. Es aplicable a vehículos con peso bruto vehicular hasta 3 500 kg
	Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas.
MOTOR	Correas y accesorios desgastados
TRANSMISION Y DIFERENCIAL	Correas y accesorios desgastados
	Discos de los frenos muy desgastados.

4.2.1 Aplicación del análisis de criticidad en la alcaldía de Monterrey – Casanare

VALOR	FRECUENCIA DE FALLAS
4	ALTA más de 5 fallas por año
3	PROMEDIO 2 – 4 fallas por año
2	BAJA 1 a 2 fallas por año
1	MUY BAJA menos de falla por año

VALOR	IMPACTO OPERACIONAL
6	Parada inmediata de la producción
4	Parada inmediata en un sector de la producción
2	Repercute en costos operacionales adicionales a la disponibilidad del equipo
1	No genera ningún efecto significativo sobre el equipo y operaciones.

VALOR	TIEMPO DE REPARACIÓN
1	Menos de 1 hora
2	Entre 1 hora a 2 horas
4	Entre 2 horas a un día
6	Más de un día

VALOR	COSTO DE REPARACIÓN
1	Menos de \$ 200.000
5	Entre \$200.000 y \$500.000
10	Entre \$500.000 y \$1.000.000
20	Más de un \$1.000.000

VALOR	IMPACTO DE SEGURIDAD Y AMBIENTE
30	Afecta la seguridad humana
20	Afecta medio ambiente daños severos
10	Provoca un daño ambiental que no incumple con las normas ambientales
1	No provoca ningún daño a las personas ni ambiente

Criticidad = Frecuencia de falla * Consecuencia

Consecuencia = ((Imp. Operacionales * T. Reparación) + Costo de reparación + Imp. Seguridad y ambiente)

4.3 PONDERACIÓN DE CRITICIDAD EN LAS FALLAS DE LOS SISTEMAS DE LA MAQUINARIA DE LA ALCALDÍA DE MONTERREY.

Determinación de fallas recurrentes en maquinaria amarilla

- MOTOR**

Tabla 16. Ponderaciones para cada factor y resultados de criticidad del motor de la maquinaria amarilla

PONDERACIONES						RESULTADOS DE CRITICIDAD		
Falla	Frecuencia	Tiempo de reparación en (horas)	Costo de reparación	Impacto operacional	Impacto de seguridad y ambiente	Consecuencias	Criticidad	Total
1	4	4	1	6	1	26	104	521
2	2	2	10	6	1	23	46	
3	4	2	1	4	1	10	40	
4	2	6	20	6	10	66	132	
5	2	6	20	6	1	57	114	

6	1	6	20	6	1	57	57	
7	2	4	5	2	1	14	28	

Tabla 17. Clasificación por Nivel de Criticidad, para el Sistema Motor de la Maquinaria Amarilla.

N°	FALLA	CLASIFICACION
1	El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.	C
2	El motor gira lentamente por baterías descargadas, conexiones dañadas o sucias en las baterías.	MC
3	El motor no desarrolla toda su potencia.	MC
4	El motor emite cantidades excesivas de humo de escape blanco, negro, gris o azul.	C
5	Golpeteo excesivo del motor diésel con gasolina	C
6	Ruido anormal del motor	C
7	El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.	NC

Por cuestiones de limitación de páginas, se presenta Ponderación de Criticidad en las fallas de los Sistemas de la Maquinaria, en el Anexo F.

En la siguiente Tabla, Tabla 72, se presenta la clasificación de la Maquinaria por nivel de criticidad, identificando seguidamente cada falla con el código propuesto.

Tabla 18. Clasificación de Fallas por Criticidad.

CÓDIGO	FALLA O AVERÍA	Clasificación
VTE-SFR-01	Bandas de frenos desgastadas	C

MQA-SFR-01	Vibración o ruido en los frenos, aire en el sistema de frenos.	C
MQA-SFR-02	Discos de los frenos muy desgastados.	C
MQA-SMT-01	El motor gira pero no arranca, debido a agua en el combustible o fusible de arranque del motor fundido.	C
MQA-SFR-03	Fugas en sello del embolo del freno	C
VTE-SFR-02	Perdida de aire que provoca un descenso apreciable de la presión o vacío, o pérdida de aire audible cuando no se está aplicando el freno (compresor)	C
VTE-STD-01	Juegos mecánicos (holguras) excesivos en las juntas del cardan.	C
MQA-SFR-04	El pedal de freno no regresa correctamente.	C
VTE-SDR-01	Holguras y/o desgaste excesivo en cualquiera de los elementos que conformen el sistema de dirección.	C
VTE-SDR-02	Fugas visibles sin goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.	C
VTE-SDR-03	Fugas con goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.	C
VTE-SDR-04	Fijación defectuosa o riesgo de desprendimiento en cualquiera de los elementos de la dirección.	C
MQA-SMT-04	El motor emite cantidades excesivas de humo de escape blanco, negro, gris o azul.	C
MQA-SMT-05	Golpeteo excesivo del motor diésel con gasolina	C

VTE-SRL-01	Profundidad de labrado en el área de mayor desgaste de cualquiera de las llantas de servicio, menor de 1,6 mm o inferior a las marcas de desgaste. Es aplicable a vehículos con peso bruto vehicular hasta 3 500 kg	C
VTE-SMT-04	Perdidas de aceite sin goteo continuo	C
VTE-SMT-05	Perdidas de aceite con goteo continuo	C
VTE-SRL-02	Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas.	C
MQA-SHD-01	Potencia hidráulica insuficiente, mangueras sueltas.	C
VTE-SMT-02	Fugas en el sistema de refrigeración	C
MQA-SMT-07	Ruido anormal del motor	C
MQA-SEL-09	El monitor averiado	C
MQA-STR-02	La máquina no avanza ni retrocede, eje de transmisión roto	C
MQA-SFR-05	Válvula de frenos de servicio con fugas.	MC
MQA-SDR-03	El volante de dirección se traba por suciedad en la sección de bomba de engranajes.	MC
MQA-SMT-06	El motor gira lentamente por baterías descargadas, conexiones dañadas o sucias en las baterías.	MC
MQA-STR-03	Ruido excesivo del tren de transmisión, eje de transmisión desgastado	MC
MQA-SHD-05	El aceite hidráulico hace espuma, agua en el aceite.	MC

VTE-SSP-01	Mal estado o fijación defectuosa de muelles resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.	MC
VTE-SSP-02	Elementos de la suspensión rotos o con excesiva corrosión	MC
VTE-SSP-03	Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión	MC
VTE-SMT-01	Correas y accesorios desgastados	MC
MQA-SMT-02	El motor no desarrolla toda su potencia.	MC
VTE-STD-04	Inexistencia de protector para desprendimiento del cardan trasero.	MC
MQA-SEL-06	Baterías descargadas o muertas	MC
MQA-SHD-06	Ruido excesivo en la bomba.	MC
VTE-SMT-06	Mal estado, mala distribución y/o sujeción del cableado eléctrico.	NC
MQA-SMT-03	El motor se sobrecalienta por bajo nivel de refrigerante, radiador sucio, bomba de agua dañada, ventilador dañado.	NC
MQA-SDR-01	Dirección lenta o dura, tuberías de dirección dañadas	NC
MQA-SDR-02	Aire en el sistema de dirección	NC
VTE-SSP-04	Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.	NC
VTE-SSP-07	Tirantes o brazos de la suspensión deformados o con riesgo de desprendimiento.	NC
VTE-SSP-06	Fugas visibles o audibles en los amortiguadores.	NC
MQA-SEL-07	Batería congelada	NC
MQA-SHD-07	Tuberías de aceite dañadas causando restricciones internas excesivas.	NC
MQA-SHD-03	Recalentamiento del sistema hidráulico por bajo nivel del aceite.	NC
MQA-SHD-04	Aire en el aceite hidráulico el cual provoca ruido de castañeteo.	NC

MQA-STR-01	Patinaje de transmisión, bajo nivel de aceite en la transmisión	NC
VTE-SSP-05	Inexistencia o mal estado de los topes de suspensión	NC
MQA-SEL-08	Problema de solenoide de arranque	NC
MQA-SEL-02	Conexiones de cables de la batería sueltas o corroídas.	NC
MQA-SHD-02	Funciones hidráulicas lentas, fugas en las tuberías o mangueras	NC
VTE-SSP-09	Inexistencia o ruptura de los guardapolvos de las rotulas de suspensión	NC
MQA-SEL-01	Bajo voltaje de salida de la batería, bornes del batería roto o suelto.	NC
MQA-SEL-03	Las luces de conducción no funcionan	NC
VTE-SDR-05	Guardapolvos inexistentes o rotos.	NC
VTE-SMT-03	Batería con soporte suelto o con riesgo de desprendimiento	NC
VTE-STD-02	Perdidas de aceite sin goteo continuo en la transmisión o caja.	NC
VTE-STD-03	Perdidas de aceite con goteo continuo en la transmisión o caja.	NC
MQA-STR-04	Bajo nivel de aceite en el eje	NC
VTE-SSP-08	Inexistencia de alguno de los amortiguadores.	NC
MQA-SEL-04	Averías en los fusibles	NC
MQA-SEL-05	La batería consume demasiada agua, Célula de la batería en corto circuito.	NC

De esta manera se obtiene un total de fallas por nivel de Criticidad.

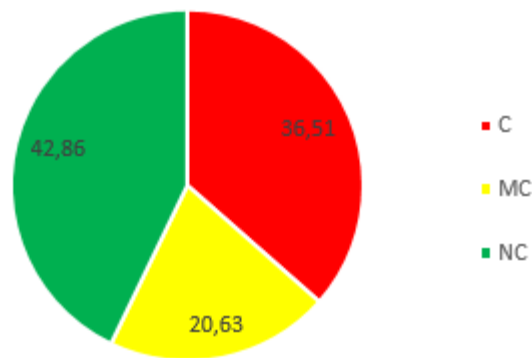
Tabla 19. Porcentaje de Nivel de Criticidad de Fallas.

CLASIFICACION	PORCENTAJE [%]
C	36,51

MC	20,63
NC	42,86

De esta manera se concluye que el 36,51% de las Fallas son Críticas, el 20,63% medianamente Críticas y el 42,86% No Críticas, tal como muestra la Figura 30.

Figura 26. Porcentaje de Nivel de Criticidad de Fallas.



4.4 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS CRÍTICAS DE LA MAQUINARIA DE LA ALCALDÍA DE MONTERREY, CASANARE.

Luego de establecer la criticidad en las fallas en cada uno de los sistemas de la maquinaria, se toma en cuenta la opinión del fabricante de las mismas y se establecen rutinas de Mantenimiento para el 36,51% de las fallas que resultaron altamente críticas, tal como muestra la Tabla 23.

Tabla 20. Rutinas de Mantenimiento Preventivo para las Fallas Críticas.

RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FALLAS CRÍTICAS		
CÓDIGO	ACCIONES A REALIZAR	FRECUENCIA [H]
VTE-SFR-01	Inspección de la válvula del sistema de frenos de aire.	100
	Inspección de las líneas y los acoplamientos de los frenos hidráulicos	100
	Inspección del sistema de frenos hidráulicos Bosch®	100
	Inspección de los frenos	100
	Inspección de acoplamiento y de la placa de montaje del pedal de los frenos	400
MQA-SFR-01	Revisión de acción de frenos y carga de acumulador (de ser necesario)	500
MQA-SFR-02	Revisión de acción de frenos y carga de acumulador (de ser necesario)	500
MQA-SMT-01	Limpieza de filtro primario de admisión de aire de motor.	Según se requiera
	Revisión de nivel de aceite de motor.	10
	Revisión de nivel de depósito de rebose de refrigerante de motor	10
	Cambio de aceite de rodaje de motor y filtro.	250
	Muestreo de aceite de Motor.	250

	Cambio de Aceite y filtro del motor	500
	Muestreo de refrigerante del motor.	500
	Cambio de elementos de filtro de aire de motor	1000
	Lavado del Sistema de Refrigeración del Motor	1500
	Ajuste de Juego de válvulas de motor	2000
	Limpieza de tubo de respiradero de cárter de motor	2000
MQA-SFR-03	Revisión de acción de frenos y carga de acumulador (de ser necesario)	500
VTE-SFR-02	Inspección de la válvula del sistema de frenos de aire.	100
	Inspección de las líneas y los acoplamientos de los frenos hidráulicos	100
	Inspección del sistema de frenos hidráulicos Bosch®	100
	Inspección de los frenos	100
	Inspección de acoplamiento y de la placa de montaje del pedal de los frenos	400
VTE-STD-01	Revisión del nivel de líquido para transmisión manual	100

	Cambio de líquido de la transmisión Eaton Fuller y limpieza del tapón colector magnético	400
	Limpieza del elemento filtro y regulador de aire de la transmisión Eaton Fuller	400
	Cambio del filtro y líquido de la transmisión Allison	800
MQA-SFR-04	Revisión de acción de frenos y carga de acumulador (de ser necesario)	500
VTE-SDR-01	Lubricación del pivote de dirección	100
	Inspección del nivel de líquido de la dirección hidráulica	100
	Lubricación de los engranajes de la dirección hidráulica	100
	Cambio del líquido de la dirección hidráulica	1600
	Cambio del filtro de la dirección hidráulica	3200
VTE-SDR-02	Lubricación del pivote de dirección	100
	Inspección del nivel de líquido de la dirección hidráulica	100
	Lubricación de los engranajes de la dirección hidráulica	100
	Cambio del líquido de la dirección hidráulica	1600
	Cambio del filtro de la dirección hidráulica	3200
VTE-SDR-03	Lubricación del pivote de dirección	100

	Inspección del nivel de líquido de la dirección hidráulica	100
	Lubricación de los engranajes de la dirección hidráulica	100
	Cambio del líquido de la dirección hidráulica	1600
	Cambio del filtro de la dirección hidráulica	3200
VTE-SDR-04	Lubricación del pivote de dirección	100
	Inspección del nivel de líquido de la dirección hidráulica	100
	Lubricación de los engranajes de la dirección hidráulica	100
	Cambio del líquido de la dirección hidráulica	1600
	Cambio del filtro de la dirección hidráulica	3200
MQA-SMT-04	Limpieza de filtro primario de admisión de aire de motor.	Según se requiera
	Revisión de nivel de aceite de motor.	10
	Revisión de refrigerante de motor del nivel de depósito de reb	10
	Cambio de aceite de rodaje de motor y filtro.	250
	Muestreo de aceite de Motor.	250

	Cambio de Aceite y filtro del motor	500
	Muestreo de refrigerante del motor.	500
	Cambio de elementos de filtro de aire de motor	1000
	Lavado del Sistema de Refrigeración del Motor	1500
	Ajuste de Juego de válvulas de motor	2000
	Limpieza de tubo de respiradero de cárter de motor	2000
MQA-SMT-05	Limpieza de filtro primario de admisión de aire de motor.	Según se requiera
	Revisión de nivel de aceite de motor.	10
	Revisiónse de refrigerante de motor del nivel de depósito de reb	10
	Cambio de aceite de rodaje de motor y filtro.	250
	Muestreo de aceite de Motor.	250
	Cambio de Aceite y filtro del motor	500
	Muestreo de refrigerante del motor.	500
	Cambio de elementos de filtro de aire de motor	1000
	Lavado del Sistema de Refrigeración del Motor	1500

	Ajuste de Juego de válvulas de motor	2000
	Limpieza de tubo de respiradero de cárter de motor	2000
VTE-SRL-01	Revisión labrado de llantas(Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas)	100
VTE-SMT-04	Inspección de las bandas de impulsión del motor	800
	Revisión de los sujetadores de los soportes del motor	1600
VTE-SMT-05	Inspección de las bandas de impulsión del motor	800
	Revisión de los sujetadores de los soportes del motor	1600
VTE-SRL-02	Revisión labrado de llantas(Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas)	100
MQA-SHD-01	Calibración válvulas hidráulicas de máquinas Grade Pro – si existe.	Según se requiera
	Revisión de nivel de aceite de depósito hidráulico.	10
	Muestreo de aceite hidráulico.	500
	Cambio de filtros de aceite hidráulico, primer cambio	500
VTE-SMT-02	Inspección de las bandas de impulsión del motor	800
	Revisión de los sujetadores de los soportes del motor	1600
MQA-SMT-07	Limpieza de filtro primario de admisión de aire de motor.	Según se requiera
	Revisión de nivel de aceite de motor.	10

	Revisiónse de refrigerante de motor del nivel de depósito de reb	10
	Cambio de aceite de rodaje de motor y filtro.	250
	Muestreo de aceite de Motor.	250
	Cambio de Aceite y filtro del motor	500
	Muestreo de refrigerante del motor.	500
	Cambio de elementos de filtro de aire de motor	1000
	Lavado del Sistema de Refrigeración del Motor	1500
	Ajuste de Juego de válvulas de motor	2000
	Limpieza de tubo de respiradero de cárter de motor	2000
MQA-SEL-09	Inspección compartimiento de Fusibles.	3500
	Escaneo (Inspección) del Monitor.	4000
MQA-STR-02	Calibración de unidad de control de transmisión.	Según se requiera
	Revisión de nivel de aceite de transmisión	10
	Calibración de unidad de control de transmisión.	250
	Sustitución de filtro de aceite de transmisión.	250
	Muestreo de aceite (transmisión, eje y tándem)	500
	Cambio de aceite de transmisión.	2000

	Sustitución de filtro de aceite de transmisión	2000
	Calibración de unidad de control de transmisión.	2000

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACION

Debido a las innumerables circunstancias, parámetros y variables con los que se enfrenta diariamente mantenimiento, es necesario reconocer el Sistema de Información como el mejor camino para las soluciones eficientes a los problemas presentados en mantenimiento, y encaminada a la correcta y oportuna planeación de actividades en los equipos y la evaluación de su gestión.

Un buen manejo de la información brinda las siguientes ventajas:

- Suministra información confiable y oportuna para la toma de decisiones.
- Es fuente para el análisis estadístico y para la obtención de indicadores de gestión y de costos del sistema de mantenimiento imperante.
- Facilita la presentación de datos.
- Contribuye al control continuo de las posibles desviaciones de los objetivos trazados en las políticas gerenciales del mantenimiento.

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa ALACALDIA DE MONTERREY, CASANARE involucra la determinación de los formatos y la elaboración de un Sistema de Información que sirva de apoyo a las actividades de mantenimiento y que contribuya a lograr el objetivo común de conseguir la máxima disponibilidad de los equipos y de la planta en general con la conservación y mejora de la maquinaria existente y de la nueva maquinaria adquirida en busca de la ampliación de la capacidad de la empresa.

Un sistema de información, permite manejar todos los aspectos de la operación de mantenimiento, permitiendo contar con un historial de los activos de la empresa que generará una organización eficiente en el área de mantenimiento al planificar los trabajos y recursos, así como al explorar y analizar la información de gestión y costos que justifiquen las tareas ya realizadas y las que se realizarán, generando con ello la reducción de costos en la gestión de los activos.

Los beneficios se traducen en un intercambio de información más eficiente, mejora en el flujo de trabajo e incremento de la productividad, eliminación de paradas no programados, mejoría en la eficiencia del equipo, y la reducción de los niveles de inventario.

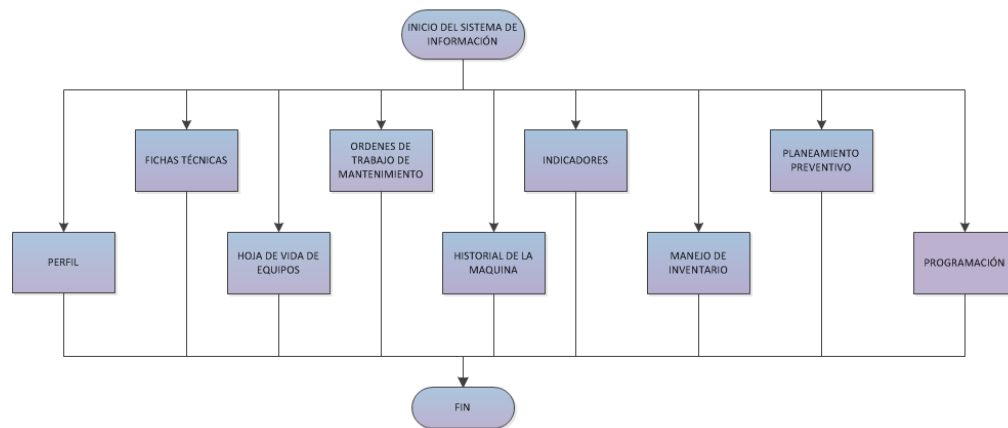
5.1 INFORMACION Y MANEJO DE DATOS

El sistema de información y los formatos que este maneja deben ser claros y sencillos con facilidad de diligenciamiento y de interpretación de tal manera que se convierta en una herramienta de ayuda de información estandarizada y organizada, llena de datos útiles y fiables para la planeación, ejecución y control de las actividades, y no por el contrario en un aspecto negativo y complejo para el personal que los manejen.

Los datos e información que se manejan en un Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP), cubren aspectos como: fichas técnicas, hojas de vida, orden de trabajo, historial de la máquina, indicadores de Mantenimiento, planeamiento preventivo, rutinas de mantenimiento, inventarios.

El tratamiento de la información propuesta dentro del sistema de información, para los elementos del mismo, se presenta a continuación, Figura 27:

Figura 27. Diagrama de Flujo del Sistema de Información.

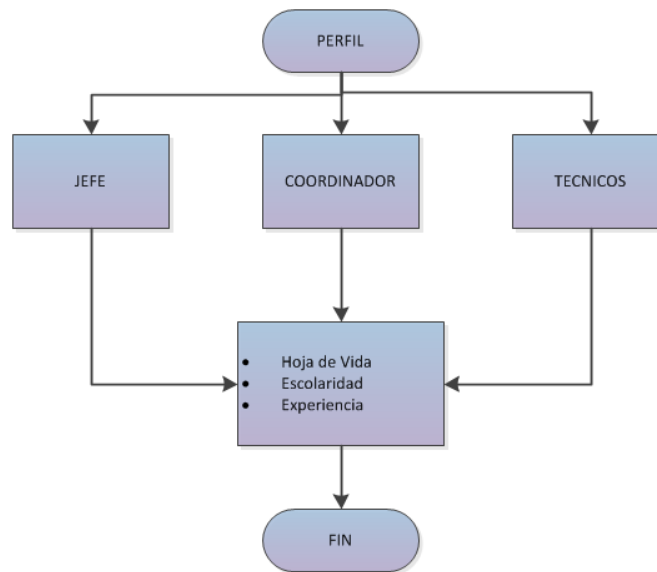


La ingeniería de mantenimiento contempla la necesidad de implementar un sistema de información para el completo control del estado de la maquinaria amarilla de la Alcaldía De Monterrey Casanare. A continuación se presentan los módulos necesarios para cumplir las necesidades de la Alcaldía.

5.2 PERFIL DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Formulario para creación y edición de usuarios y otras funciones, solo accesible por administradores del Sistema de Información.

Figura 28. Diagrama de Flujo del Perfil del Sistema de Información



5.3 FICHAS TECNICAS DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Es un documento donde se consigna la información de un equipo, los subsistemas y principales elementos que lo conforman. Contiene características funcionales, estructurales, dimensionales, de fabricación, lubricación e instalación; así como referencias de planos y fotos, equipos asociados y en general toda la información relevante que permita al personal interesado, conocer e identificar rápidamente las partes y funcionalidad en el proceso productivo del equipo en mención. Para la elaboración de la ficha técnica se deben consultar catálogos de operación, instalación, manuales de servicio, registro de mantenimiento y mediciones directas en la máquina entre otras fuentes de información para asegurar que la ficha de cada equipo quede lo más completa posible.

La elaboración de la ficha técnica y de los demás formatos del sistema de información contiene el nombre del equipo asociado a la codificación realizada en

la planta para de esta manera tener el control de las actividades referenciadas siempre a un código designado.

A continuación se presenta el formato de ficha técnica propuesto para la ALCALDIA DE MONTERREY, CASANARE:

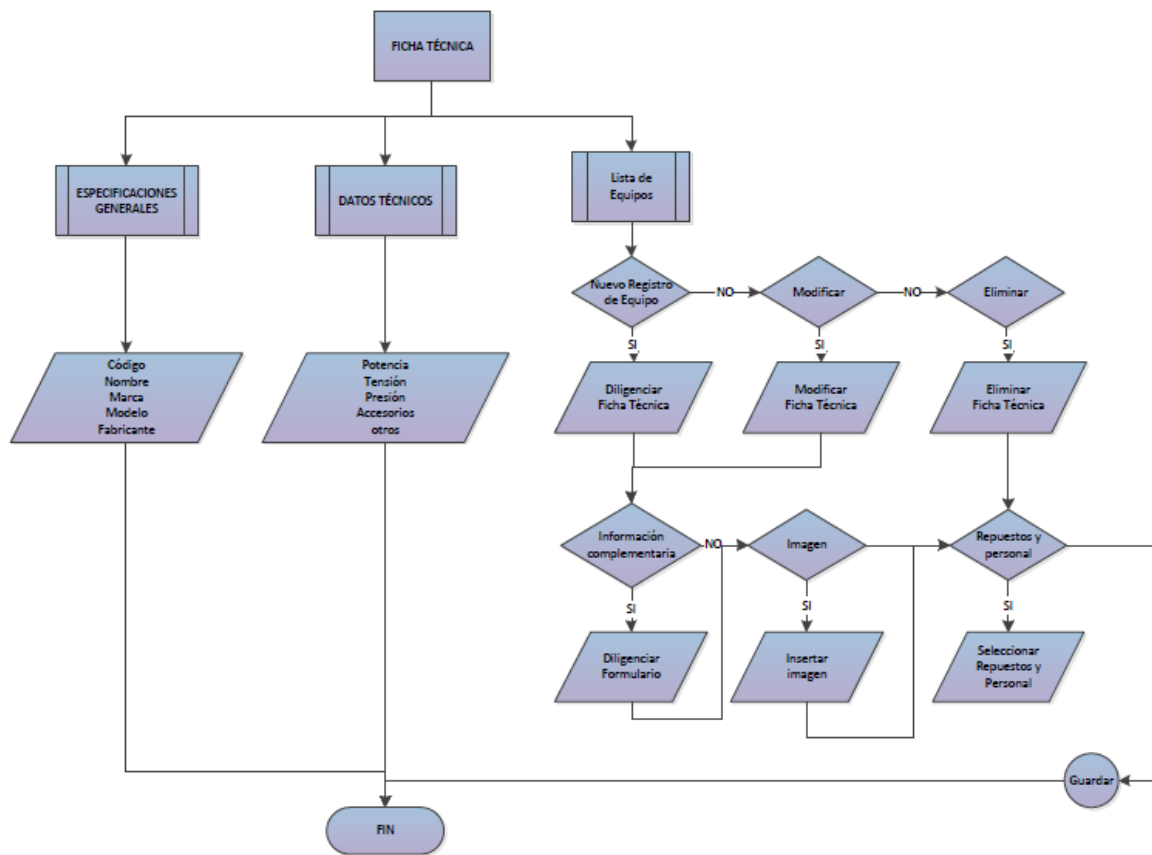
Tabla 21. Ficha técnica Propuesta para la Alcaldía de Monterrey, Casanare.

FICHA TECNICA EQUIPOS			
Código:	Versión:	Fecha Vigencia:	09/10/2016
Nombre del Equipo:			
Marca:	Modelo:		
Serie:	Ubicación:		
Fecha de compra (aaaa/mm/día):	Placa de Inventario:		
Fecha de entrega (aaaa/mm/día):	OTRAS OBSERVACIONES:		
Garantía [meses]:			
Valor de compra:			
Valor inventario:			
A cargo de:		cc :	
Datos Técnicos			
Tensión:	Intensidad	Potencia:	Otra:
Otros:			
Accesorios:			
Partes:			
USOS O APLICACIONES			
PRECAUCIONES/MANTENIMIENTO/DISTRIBUIDOR/MANUALES			

RECOMENDACIONES DE USO:		
PARÁMETROS INICIALES O VALORES DE CALIBRACIÓN:		
MANTENIMIENTO PROGRAMADO (EN MESES):		
FABRICANTE Y/O DISTRIBUIDOR DEL EQUIPO:		
Celular:	Teléfono:	Dirección:
E-mail:		Nombre de Contacto:
ING. DE SERVICIO:		CELULAR / IP
Código del Manual:	Elaboró:	
Ubicación del Manual:		

El tratamiento de la información propuesta dentro del sistema de información, para la ficha técnica, tendrá los siguientes elementos:

Figura 29. Diagrama de Flujo de la Ficha Técnica para el Sistema de Información.



5.4 HOJA DE VIDA DE EQUIPOS

Con el fin de reunir la información de un equipo en particular para elaborar un programa sistematizado de mantenimiento preventivo, se debe diseñar un medio que se adapte de la mejor manera posible a las necesidades específicas del programa y de las personas que lo manejan.

Un buen ejemplo de lo anterior, es lo que en algunas empresas se denomina “Tarjeta Maestra”, en la cual se incluye toda la información de la máquina y se consigna de una manera detallada el programa de mantenimiento preventivo. Un esquema de esta puede apreciarse en la siguiente tabla, Tabla 22.

Tabla 22. Esquema de Hoja de Vida de Activos.

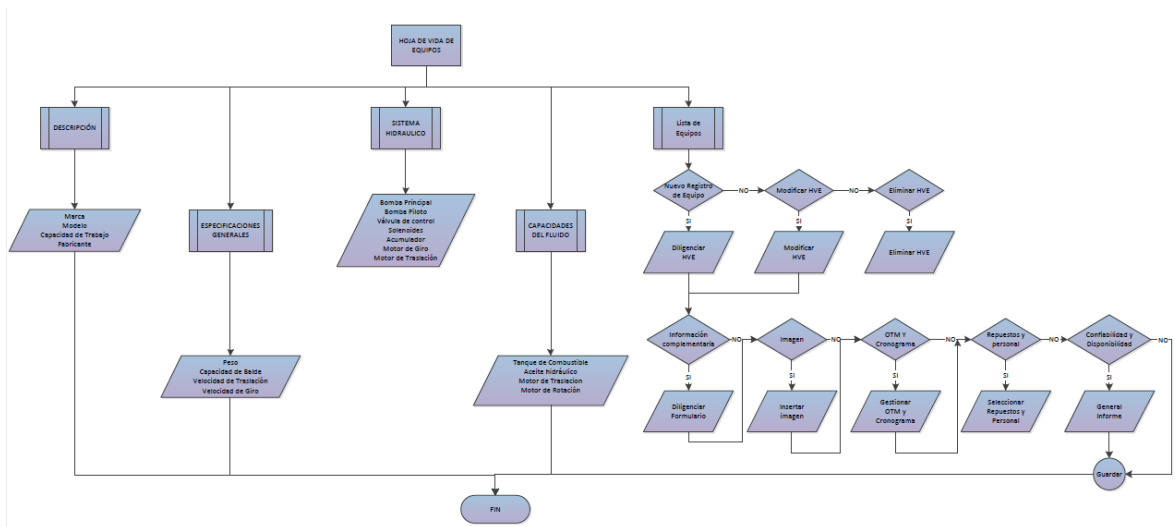
TARJETA MAESTRA		
DESCRIPCION		REMISION
MAQUINA:	No.	PEDIDO No.
MARCA:	TIPO:	FECHA:
MODELO:	No.SERIE	INSTALADA:
CAPACIDAD DE TRABAJO(hora):	VALOR \$	OTROS DATOS:
FABRICANTE:		
DIRECCION:		
CODIGO DPTO. DE COSTOS:		
ESPECIFICACIONES GENERALES		
PESO[Ton]:		
CAPACIDAD DE BALDE[m ³]:		
VELOCIDAD DE TRASLACION (Alta/Baja)[k/h]:		
VELOCIDAD DE GIRO[RPM]:		

SISTEMA HIDRÁULICO	
Bomba Principal	Tipo
	Cantidad
	Desplazamiento [cc/rev]
	Máximo flujo[L/min]
	Peso [Kg]
Bomba Piloto	Desplazamiento [cc/rev]
	Máximo flujo [L/min]
	Válvula liberadora de Presión[PSI]
Válvula de Control	Tipo
	Diámetro de los Spool mm
	Válvula liberadora de presión principal[PSI]:
Solenoides [Capacidad]	
Acumulador	Carga de nitrógeno [PSI]
	Volumen [L]
Motor de giro	Tipo
	Desplazamiento [cc/rev]
	Válvula liberadora de Presión[PSI]
	Velocidad eje [RPM]
	Torque eje [kgf.m]

	Peso [Kg]
Motor de traslación	Tipo
	Desplazamiento [cc/rev]
	Velocidad eje [RPM]
	Torque eje [kgf.m]
CAPACIDADES DE FLUIDOS	
Motor	Carter de aceite con filtro [Galones]
	Sistema de refrigeración [Galones]
Tanque de combustible [Galones]	
Aceite hidráulico	Tanque almacenamiento [Galones]
	Sistema completo [Galones]
Motor de traslación [Galones]	
Motor de giro[Galones]	

El tratamiento de la información propuesta dentro del sistema de información, para la hoja de vida tendrá los siguientes elementos:

Figura 30. Diagrama de Flujo para la Hoja de vida del sistema de Información.



5.5 ORDEN DE TRABAJO (OT)

Es el formato en el que se procede a designar labores e intervenciones de mantenimiento a cierto equipo. Puede ser originada directamente por una solicitud de servicio o ser el resultado de la programación de mantenimiento. La OT es una

ayuda básica y permite recolectar datos relevantes de la ejecución del trabajo y establecer costos de cada ejecución. La OT contiene información como: datos generales del equipo (nombre, código, ubicación, criticidad), tipo y gestión de mantenimiento, así como un consecutivo para el control y análisis de indicadores y costos, contiene también información de repuestos, del personal encargado de ejecutar el trabajo, tiempos de duración y fechas de asignación y de ejecución; las ordenes de trabajo, deben ser evaluadas previamente con el visto bueno del encargado de mantenimiento en la planta y de los jefes de turno o producción. Cuando la magnitud del trabajo es tan pequeña en costos, materiales y mano de obra, no se amerita su elaboración y ésta se registra como evento.

Estas órdenes generan las herramientas y el formato base para el control del registro de históricos por equipos.

En base a la anterior información, se sugiere un formato de orden de trabajo para el mantenimiento de la maquinaria amarilla de la alcaldía de Monterrey, Casanare.

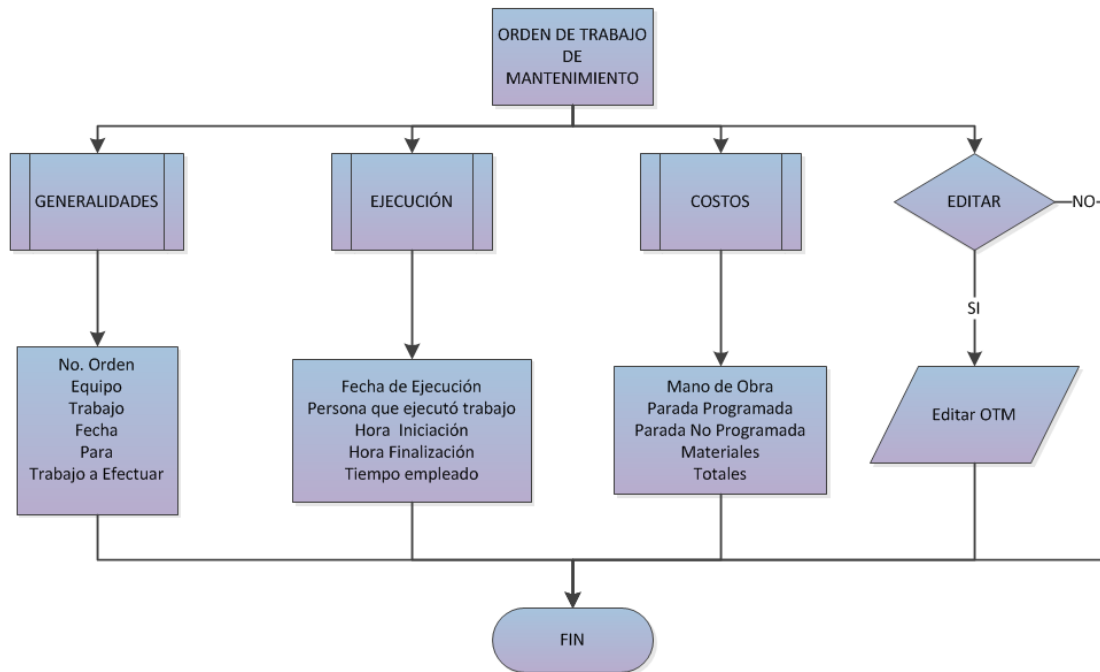
Tabla 23. Orden de Trabajo Propuesta para el Mantenimiento de la Alcaldía Monterrey, Casanare.

ORDEN DE TRABAJO	
ORDEN No:	FECHA:
EQUIPO:	No INVENTARIO:
DE:	PARA:
TRABAJO(S) A EFECTUAR:	
FECHA PARA DEVOLUCIÓN:	
EJECUCIÓN	
FECHA DE EJECUCIÓN:	
PERSONA QUE EJECUTÓ EL TRABAJO:	
HORA DE INICIACIÓN:	
HORA DE FINALIZACIÓN:	
TIEMPO EMPLEADO:	

TIEMPO DE PARADA NO PROGRAMADA:	
PIEZAS CAMBIADAS	
COSTOS	
MANO DE OBRA:	
PARADA PROGRAMADA:	
PARADA NO PROGRAMADA:	
MATERIALES:	
TOTALES:	
MECÁNICOS:	Vo.Bo, JEFE DE MACANICOS:
Vo.Bo, JEFE DE TURNO:	APROBÓ(Director de Mantenimiento):

El tratamiento de la información propuesta dentro del sistema de información, para la orden de trabajo tendrá los siguientes elementos:

Figura 31. Diagrama de Flujo de la Orden de Trabajo de Mantenimiento, para el Sistema de Información.



5.6 PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

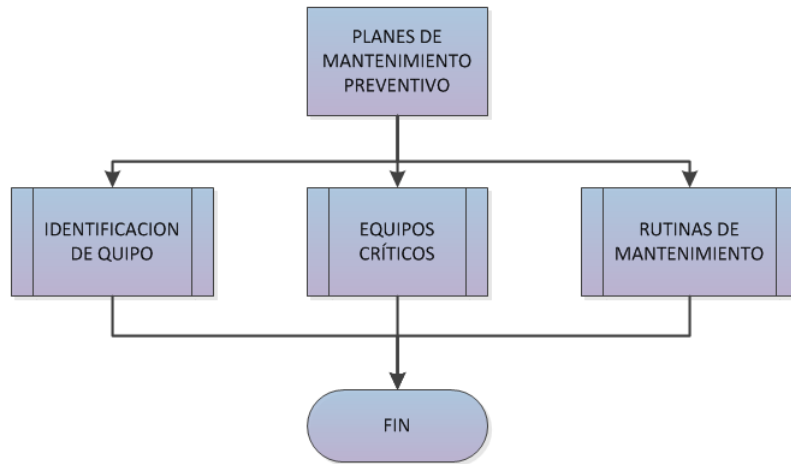
Es el conjunto de cronogramas de mantenimiento preventivo generados para los equipos críticos de la empresa para un año. Además proporciona una lista de procedimientos que se deben realizar en cada intervención preventiva de los equipos críticos, especifica las partes funcionales que deben ser intervenidas preventivamente, la información esta consignada en un formato estándar tipo Excel, como el siguiente:

Tabla 24. Formato Modelo Plan de Mantenimiento.

PLAN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS				FECHA DE EMISION 10 DE OCTUBRE DE 2016
				Version 1
				Documento Controlado
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO	FECHA PROGRAMADA MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FECHA DE EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES

El tratamiento de la información propuesta dentro del sistema de información, para el plan de mantenimiento, tendrá los siguientes elementos:

Figura 32. Diagrama de Flujo de Plan de Mantenimiento para el Sistema de Información.



5.7 INVENTARIO DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS

Es necesario realizar un registro completo de los equipos que se encuentran actualmente en la planta principal de la empresa con el fin de establecer la cantidad, identificarlos para su posterior codificación y seguimiento dentro del plan de mantenimiento preventivo.

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.

5.7.1 Clasificación En Reparables Y Consumibles

Es probable que esta sea la clasificación más importante para la gestión de materiales para mantenimiento. Los materiales reparables son aquellos que no pierden sus propiedades intrínsecas con el primer uso ya que pueden ser reparados

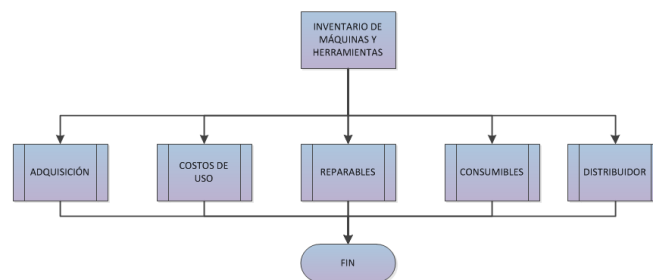
y llevados condiciones iniciales, este tipo de artículo conserva su valor, se considera activo fijo y está sujeto a devaluación, se puede decir que la empresa podría venderlo en cualquier momento.

Los consumibles por otro lado pierden su valor con el primer uso por lo tanto no existen para la empresa y por lo general cuando el costo es bajo aunque tenga características de reparables se consideran consumibles¹¹.

En general podríamos decir que los reparables están formados de consumibles.

El tratamiento de la información propuesta dentro del sistema de información, para las rutinas de mantenimiento, tendrá los siguientes elementos:

Figura 33. Diagrama de Flujo de Inventarios de Máquinas y equipos, para el sistema de Información.



¹¹ DIAZ, Ángel. Gestión de inventarios en mantenimiento. Caracas.1991. p 60.

6. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE INFORMACION

Para la implementación del plan de mantenimiento y de forma paralela cumplir con el objetivo general del presente proyecto "...mejorar la organización y disponibilidad de la Maquinaria..." se debe establecer un sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado que cumpla con los requerimientos específicos de la empresa y con las sugerencias de los autores del proyecto.

Al establecer el sistema el sistema de información se debe tener la certeza de que cumpla los siguientes parámetros:

- **Funcionalidad:** Importante que el Software funcione y cumpla con el objetivo de la implementación.
- **Estética (Apariencia):** La primera impresión cuenta al momento de calificar un software además ayuda a la funcionalidad y/o manejo del mismo.
- **Fácil de Operar:** No basta tan solo que sea funcional o estéticamente atractivo, es indispensable que NO presente complejidad al momento de operar por administradores y/o técnicos u operarios de la empresa.
- **Credibilidad:** Del rendimiento del software depende el hecho de que se establezca un vínculo estrecho entre Universidad y empresa, cumpliendo los requerimientos de la empresa, o por el contrario, de No funcionar se presente un abandono total del uso del Software.
- **Licencia:** Es importante que los costos y permisos de usos accesibles al presupuesto de la empresa.

Lo anterior, son razones suficientes por las cuales se prefiere seleccionar en lugar de diseñar un sistema de información de Gestión de Mantenimiento Computarizado, para implementar en la alcaldía de Monterrey.

6.1 SELECCIÓN DEL SOFTWARE PARA LA ALCALDIA DE MONTERREY, CASANARE¹².

La buena selección del CMMS es la clave del éxito para potencializar el desarrollo de un departamento de mantenimiento. El CMMS con el que cuenta la empresa puede significar el fracaso o la victoria contra los problemas en la administración. Sabiendo de antemano que tomar esta decisión es como estar en la cuerda floja, es necesario establecer los criterios fundamentales para la selección del software. Es muy importante conocer todas las variables que puedan afectar el buen funcionamiento del aplicativo, si la cuerda falla puede significar la muerte del artista.

Así como en la cuerda floja existen unas variables como son la altura, la tensión de la cuerda, el material, el diámetro de la soga, la velocidad del viento, la iluminación, el peso de la persona, entre otras, a la hora de pasar por la cuerda floja escogiendo el software de mantenimiento de la compañía, también existen variables que determinarán si el malabarista logra su objetivo o no. La selección del software no es el fin de la acrobacia, es solo el comienzo, significa la decisión de montarse a caminar por la cuerda.

Entre las variables que se comentaron anteriormente algunas son controlables y otras no, tal cual como ocurre con la selección del software para mantenimiento, existen variables controlables e incontrolables, pero estas se relacionan entre sí dando la posibilidad de darle manejo a las circunstancias y de esta forma tener la oportunidad de poder apreciar el espectáculo. Algunas variables solo afectaran el comienzo del proceso, pero hay otras que impactaran a lo largo del camino.

¹² CEPEDA, Beatriz y CARRILLO, Edgardo. Estudio para la Selección de un Sistema de Información Computarizado para la Administración de Mantenimiento en la Corporación Country Club de Barranquilla. Bucaramanga 2010.p.56.

En la selección del sistema de información para mantenimiento hay tres fuentes de las que nacen las variables a controlar. La primera es el cliente (Departamento de Mantenimiento), la segunda es el producto (CMMS) y la tercera es el proveedor (Vendedor del Software), siendo en ese estricto orden las prioridades de las variables. Continuando con la analogía de la cuerda floja el cliente sería el acróbata, pues es quien se va a someter a pasar al otro lado de la soga, la cuerda es el producto y el proveedor es quien monta el escenario. En esta analogía entra un cuarto agente importante, es el espectador, siendo para el departamento de mantenimiento el cliente interno quien evaluará si el espectáculo fue bueno o no, si lleno sus expectativas o simplemente debe buscar otra función. Es el cliente interno de Mantenimiento quien al final de cuentas recibirá el producto final y por eso no se puede dejar de lado en este proceso, son los espectadores la razón de ser de todo ese arduo trabajo, que entre acróbatas, infraestructura y staff han montado para suplir las necesidades del mercado.

6.1.1 Análisis QFD para la Selección del Software

Para el cumplimiento del objetivo “EQUIPAR- SOFTWARE DE MANTENIMIENTO...”, primero se debe considerar la debida selección del Software. Para la selección del producto, se puede utilizar la herramienta denominada "QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)" (Despliegue de la función calidad), la cual es un instrumento para implementar la planificación y control de producción de valor/calidad, es decir, para generar capacidad de satisfacción en un producto o servicio.

El Anexo A, muestra los resultados de la matriz de calidad para, seleccionar los criterios del sistema de información, teniendo en cuenta los requisitos o requerimientos de la empresa, Alcaldía de Monterrey, Casanare y la sugerencia o

enfoque de la necesidades de la empresa, por parte de los autores del proyecto, para un correcto funcionamiento e implementación del sistema de información.

La Matriz de Calidad arroja un puntaje donde se evidencias los criterios a seleccionar y tomar como propios del sistema de información. La tabla 79 muestra, ocho criterios que han sido seleccionados teniendo en cuenta la opinión de empresa y autores del proyecto.

Tabla 25.Criterios Seleccionados para el Sistema de Información.

Criterios	Peso	%
1.Indicadores de Mantenimiento	864	15,6
2.Modulo Hoja de Vida de Equipos	820	14,8
3.Modulo Planes de Mantenimiento Preventivo	790	14,2
4.Modulo Orden de Trabajo	758	13,7
5.Módulo Fichas Técnicas de Equipos	696	12,5
6.Modulo Cronograma de Mantenimiento	564	10,2
7.Módulo de Inventario de Máquinas y Herramientas	531	9,6
8.Módulo de Perfil-Empleados	530	9,5
	Σ 5553	100

La evaluación de cada una de las opiniones de ambas partes (Empresa vs Autores), se hizo de acuerdo a la relación mostrada en la tabla 80.

Tabla 26.Relación Para evaluación de Criterios.

Relaciones	
Alto	9
Medio	3
Bajo	1
Nada	0

6.1.2 Planteamiento de Alternativas

Con el fin de dar cumplimiento a uno de los objetivos del presente proyecto” Equipar un Sistema de información...” y teniendo presente los criterios anteriormente seleccionados para el sistema de información y de las múltiples opciones que existen a la hora de adquirir un sistema de información para mantenimiento preventivo de maquinaria amarilla, ahora se presentan tres alternativas que compiten fuertemente para calificar como el Sistema de Información para la Alcaldía Monterrey, Casanare.

6.1.2.1 Primera Alternativa: CMMS MP9¹³

El MP es un CMMS, de sus siglas en inglés Computerized Maintenance Management System. El objetivo principal del MP es ayudarle a administrar la gestión de mantenimiento de una manera eficiente, manteniendo toda la información de su departamento de mantenimiento documentada y organizada.

Los beneficios que ofrece este CMMS, MP9 son:

- **Reducción de paros imprevistos.** El desperfecto de una pieza de un equipo por falta de mantenimiento puede ocasionar fallas que paralicen la producción por horas o incluso días, generando fuertes pérdidas. El cambio de mantenimiento de emergencia a mantenimiento preventivo permite prever las fallas antes de que ocurran, realizando simples rutinas de inspección, ajuste, lubricación o cambio de piezas menores eliminando hasta un 75% paros imprevistos.
- **Incremento de la vida útil de los equipos.** La constancia en el mantenimiento preventivo de los equipos se refleja en un importante incremento en la vida útil de los mismos.

¹³ MP software. Software Profesional para el Control y Administración del mantenimiento. [En Línea]. Citado 20 octubre de 2016. Disponible en: http://www.mpsoftware.com.mx/software_mantenimiento/mp_cmms.html

- **Prevención de reparaciones costosas.** Por lo general, la mayoría de las fallas mayores inician con el desgaste de un componente menor que al fallar desencadena un problema de magnitud mucho mayor. Al dirigir eficiente y puntualmente las tareas de mantenimiento preventivo se logra reducir hasta un 50% los costos de mantenimiento.
- **Prevención de accidentes.** Un ambiente de trabajo en donde el mantenimiento se limita a reparar fallas, propicia el trabajo bajo presión, lo cual repercute en la calidad del trabajo y se traduce en mayores exposiciones al riesgo de daños en los equipos y personas.
- **Confiabilidad y uniformidad de la calidad.** El mantenimiento de los activos en óptimas condiciones de funcionamiento permite garantizar continuidad en los procesos productivos y uniformidad en la calidad de productos y servicios

6.1.2.2 Segunda Alternativa: SAIM¹⁴

El objetivo de SAIM/CMMS es gestionar de forma eficiente el mantenimiento de la maquinaria optimizando la utilización de los recursos disponibles (equipos y herramientas, recursos humanos, materiales) con el menor coste posible. Los procesos integrados del sistema proporcionan a los responsables de mantenimiento un control exhaustivo sobre todas las instalaciones y equipamiento, desde su adquisición hasta el fin de su vida útil.

6.1.2.3 Tercera Alternativa: SAMM¹⁵

SAMM permite programar, valorizar y llevar el control, registro y seguimiento de los servicios técnicos realizados a los equipos, así como la hoja de vida de éstos,

¹⁴ Lucas Felipe Serrano, Manual de usuario SAIM, Primera edición v2.0.3, Bucaramanga, Septiembre 2015.

¹⁵ IDEA. Sistema de Gestión de Mantenimiento Moderno [En Línea]. Citado 02 Noviembre del 2016. Disponible en: <http://www.idaesoluciones.com/pages/ventajas.aspx>

incluyendo sus variables operacionales. Algunos de los objetivos específicos de SAMM, que son diferenciadores positivos y una ventaja para el control del proceso de mantenimiento, son:

- Mantener rutinas de inspección y servicio perfectamente controladas, y hojas de vida actualizadas de cada equipo entregado.
- Efectuar seguimiento de las variables operacionales de los equipos vendidos y mantener sus estándares de rendimiento.
- Brindar mayor respaldo técnico, con un control más eficiente y visible de los servicios de mantenimiento comprometidos y sus resultados.
- Dar trazabilidad y control a los programas de mantenimiento, ofreciendo junto con las hojas de vida una garantía real de soporte técnico.
- Mejorar y optimizar las provisiones necesarias en mano de obra, equipamiento e inventario de repuestos necesarios para mantenimiento.
- Obtener una variedad de indicadores de gestión, incluyendo en especial la disponibilidad de los equipos.

6.1.3 Evaluación de Alternativas

La Evaluación de Alternativas consiste en relacionar las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas con los criterios ya establecidos para el sistema de información de la Alcaldía de Monterrey, Casanare. A cada alternativa se le da una calificación de acuerdo al tipo de relación que tenga con cada criterio, tal como muestra la tabla 79.

La tabla 30, muestra el proceso de calificación, ponderación y resultado final, es decir, muestra el software a equipar para el Plan de Mantenimiento Preventivo para la Alcaldía de Monterrey, Casanare.

Tabla 27. Evaluación de Alternativas, Para seleccionar un Software.

Criterios	Peso	%	MP9		SAIM		SAMI	
1. Modulo Indicadores de Mantenimiento	864	15,6	9	140,0	9	140,0	3	46,7
2. Modulo Hoja de Vida de Equipos	820	14,8	3	44,3	9	132,9	9	132,9
3. Modulo Planes de Mantenimiento Preventivo	790	14,2	9	128,0	9	128,0	9	128,0
4. Modulo Orden de Trabajo	758	13,7	3	41,0	9	122,9	9	122,9
5. Módulo Fichas Técnicas de Equipos	696	12,5	3	37,6	9	112,8	9	112,8
6. Modulo Cronograma de Mantenimiento	564	10,2	3	30,5	9	91,4	3	30,5
7. Módulo de Inventario de Máquinas y Herramientas	531	9,6	9	86,1	9	86,1	3	28,7
8. Módulo de Perfil-Empleados	530	9,5	0	0,0	9	85,9	0	0
Σ	5553	100,0	507		900		602	

De ésta manera, la opción que encaja con mayor precisión en los requerimientos de la empresa y además cumple con las sugerencias que hemos estipulado para dar el desarrollo de este proyecto, será Software De Administración En Ingeniería De Mantenimiento (**SAIM**).

6.2 SOFTWARE PARA LA ALCALDÍA DE MONTERREY, CASANARE.

Entre los objetivos planteados del presente proyecto se establece la selección e implementación de un software para la gestión del mantenimiento de la Alcaldía Monterrey, Casanare, el cual se escogió de acuerdo a los siguientes factores:

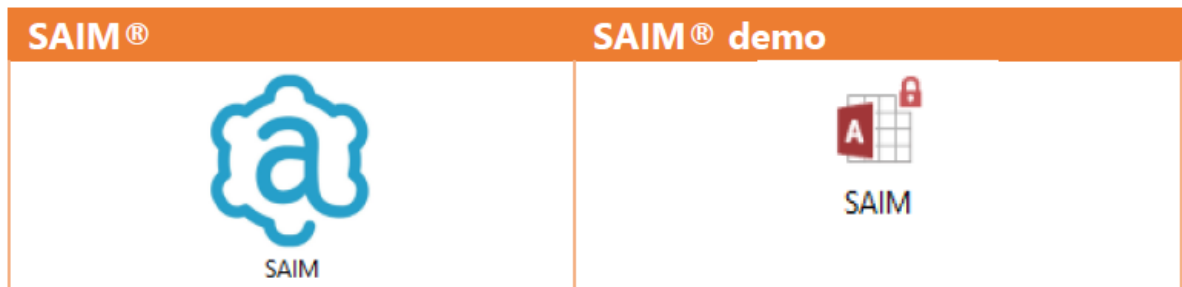
- Costo
- Facilidad en el manejo
- Compatibilidad
- Acompañamiento

De acuerdo a lo anterior se seleccionó SAIM un software diseñado por la empresa APPING SAS, el cual abarcaba en perfectas condiciones lo que Industrias Teherán buscaba, convirtiéndose en una herramienta muy útil para la gestión y administración del mantenimiento. SAIM es un software de almacenamiento y

procesamientos de información que maneja una interacción de ambientes, es decir recibe entradas (datos) y produce salidas.

6.2.1 Entrada al Sistema SAIM16. Luego de instalar el software se ingresa dando un clic en el logo SAIM (Figura 34).

Figura 34. Logo del sistema de Información SAIM



FUENTE: Manual de usuario SAIM, Primera edición v3.2.0

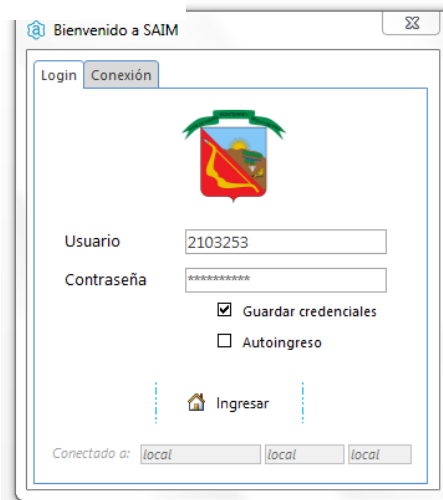
6.2.2 Pantalla de Usuario-Administrador. Cuando ingresamos al sistema, La figura 35, muestra la ventana del software, compuesta por lo siguiente:

- Usuario: Campo numérico de identificación del usuario, puede ser un código personalizado o la cedula de ciudadanía.
- Contraseña: Por defecto es el mismo usuario, el usuario debe cambiarla en su primero ingreso a SAIM.
- Guardar credenciales: Al seleccionar esta opción SAIM almacenará la ubicación actual como segura y guardara los valores escritos en usuario y contraseña.

¹⁶ Lucas Felipe Serrano, Manual de usuario SAIM, Primera edición v3.2.0, Bucaramanga, Septiembre de 2016.

- Auto ingreso: Al abrir SAIM, el sistema ingresará automáticamente a la aplicación al tener los credenciales guardados.
- Logo de la empresa.

Figura 35. Login SAIM



FUENTE: Sistema SAIM, Alcaldía Monterrey Casanare.

6.2.3 Pantalla Principal de Navegación en SAIM. En esta ventana se observan los cuatro módulos principales que conforman el sistema Figura 36 que son:

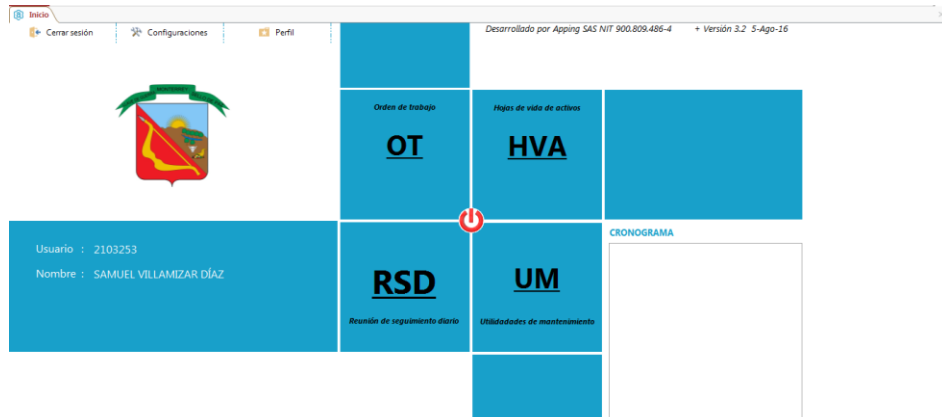
- OTM: Módulo para las ordenes de trabajo de mantenimiento.
- HVE: Módulo para hojas de vida, PDT, cronograma e indicadores.
- RSD: Módulo para el seguimiento de las reuniones diarias de apertura y cierre.
- UM: Módulo con diferentes funcionalidad complementarias del software.

Pero también contienen herramientas del sistema las cuales son:

- Cerrar sesión: Cierra SAIM y permite ingresar con un usuario diferente.
- Configuraciones: Formulario para creación y edición de usuarios y otras funciones, solo accesible por administradores de SAIM.

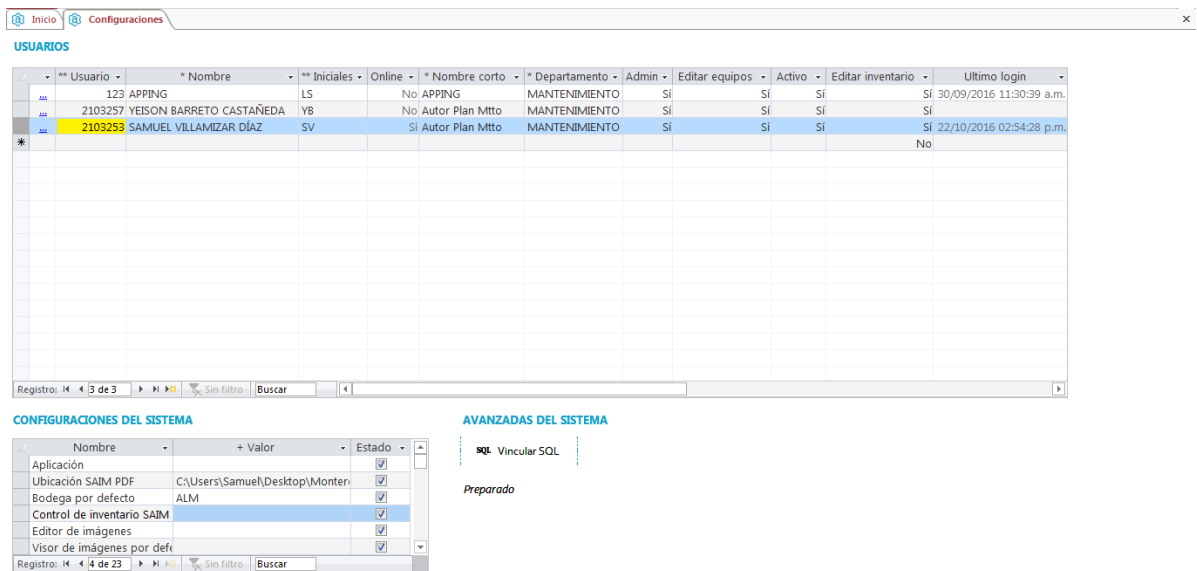
- Perfil: Permite editar el perfil del usuario actual.
- Cronograma: Muestra rápidamente las actividades pendientes por realizar.

Figura 36. Pantalla de Navegación Principal SAIM



FUENTE: Sistema SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

Figura 37. Configuraciones del Software SAIM.



FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

6.2.4 Configuraciones. En esta ventana, ver figura 37, se crean y editan usuarios, asignando permisos y modificando perfiles, además se puede configurar aspectos avanzados del sistema, como visor PDF por defecto, estado de la aplicación (cerrado o abierta) etc.

6.2.5 Perfil SAIM. Permite cambiar el nombre completo y corto de usuario, la ubicación personal la cual almacena cualquier OTM en la ruta especificada, adjuntar una imagen de firma para la impresión de documentos (ver figura 38).

Figura 38. Perfil del Usuario.

R	Nombre corto
*	YB YEISON BARRETO

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

En la parte derecha se pueden especificar los usuarios a los cuales se les delega permisos, es decir usuarios que tienen permitido editar registros que fueron creados por otro, esto aplica en OTM y HVE. Figura 38.

6.2.6 OT. Esta sección corresponde a la denominada “Orden de Trabajo” y sus especificaciones se describen a continuación:

6.2.6.1 Lista de OT. Este formulario muestra la lista de órdenes de trabajo de mantenimiento con colores según su estado para fácil identificación:

- Blanco: finalizada o anulada.
- Amarillo: Pendiente por finalizar.
- Rojo: Pendiente por finalizar por parte del usuario.

Figura 39. Lista de OT.

Consecutivo	Fecha	Autor	Esp	Activo (TAG)	+ Nombre de activo	+ Título	Condición	Críticidad inv
OT-12-16	16-nov-16	SV	UNI	VC-LBR-01	Vibrocompactadora	Mantenimiento hallazgos iniciales-Vibrocompact. Usado	Usado	0.00
OT-11-16	17-nov-16	LS	UNI	RE-JDC-01	RETROEXCAVADORA	Mantenimiento hallazgos iniciales-Retroexcavador Usado	Usado	0.00
OT-10-16	16-nov-16	SV	MEC	MN-JDC-01	Motoniveladora	Mantenimiento hallazgos iniciales-Motonivelador Usado	Usado	0.00
OT-9-16	14-nov-16	LS	UNI	VQ-FGL-01	VOLQUETA FREIGHTLINER 1	Mantenimiento hallazgos iniciales-Volqueta	Usado	0.00

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare

El usuario puede expandir cada OT para verla en detalle al dar clic en la primera columna “...”. Mostrando lo siguiente Figura 39.

- **Nuevo registro:** Crear una OT
- **Documentos:** Permite consultar todas las OT generadas en formato PDF almacenadas en una ruta compartida.
- **Imprimir rango:** Imprimir un conjunto de OT rápidamente, por rango de fecha, rango de número o por agrupación.
- **Pendientes XLS:** Exporte a Excel el listado de OT pendientes por finalizar en su departamento.

- **Filtro rápido:** Muestra únicamente el listado de OT que fueron creadas por el usuario.
- **PDT / APL:** Puede seleccionar varias OT para agregar un PDT o APL seleccionado, ahorrando un tiempo al momento de crear las actividades para cada OT.

6.2.6.2 Detalle de OT. Este formulario muestra el detalle de la orden de trabajo de mantenimiento (Figura 40), donde se describen el paso a paso de actividades, título general, duración cronológica, avance general del proyecto, centro de costo, tipo de mantenimiento, etc.

- **Nuevo registro:** Crear una OT.
- **Eliminar:** Elimina la OT actual siempre que sea del mismo usuario, no altere los consecutivos y sea del año vigente.
- **Ayuda:** Muestra una tabla con conversiones de hora estándar a hora militar y horas a minutos.
- **Duplicar:** El usuario puede duplicar OT anteriores y así ahorrar trabajo al crear un OTM de una actividad similar.
- **Continuar:** El listado de actividades permite señalar si cada paso a paso fue terminado o no, al oprimir este botón se creará un nuevo OT con las actividades que no fueron terminadas.
- **PDT / APL:** Permite insertar un PDT y un APL anteriormente almacenado.

Figura 40. Detalle OT.

OT Orden de trabajo

Estado: Anulada Finalizada Pendiente

DATOS DE IDENTIFICACIÓN (Campos obligatorios)

Consecutivo: OT-10-16
 Fecha de creación: 16-nov-16
 Autor: S.Villamizar
 Departamento: MANTENIMIENTO
 + Activo (TAG): MN-JDC-01
 + Nombre de activo: Motoniveladora
 Condición del equipo: Usado
 Tipo de mantenimiento: CORRECTIVO
 Especialidad: MECÁNICA

RESUMEN DE ACTIVIDADES

Actividad	R	Tiempo (min)	Terminado
Cambio de Aceites y Filtro General	SV	60	<input checked="" type="checkbox"/>
Cambiar Baterías	SV	80	<input checked="" type="checkbox"/>
Cambiar Bomba eléctrica de combustible	SV	80	<input checked="" type="checkbox"/>
Cambiar empaques de Cilindros de dirección	SV	400	<input checked="" type="checkbox"/>
*	SV	0	<input checked="" type="checkbox"/>

Intervalo de tiempo: + Fecha inicio: 16-nov-16 Hora inicio: 07:00 + Fecha fin: 16-nov-16 Hora fin: 17:55

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare

- **OTRAS PESTAÑAS DEL DETALLE DE OT**
- ✓ **Personal involucrado:** El usuario rápidamente puede incluir los participantes al digitar las iniciales de cada uno, SAIM completa el campo de nombre corto y largo (Figura 41).

Figura 42. Repuestos Utilizados.

Diagnóstico y actividades realizadas		Personal involucrado		Repuestos utilizados		Complementarios	
+ Código	+ Descripción corta	C	Cant	Bodega	Valor unitario	Valor parcial	
MN01	Bomba Electrica de Combustible	1	1	ALM	500.000,00	500.000,00	
MN02	Bateria de Alimentacion	1	2	ALM	175.000,00	350.000,00	
MN03	Empaques de Cilindros de direccion	1	2	ALM	100.000,00	200.000,00	
HH	HORAS HOMBRE	1	20	ALM	12.500,00	250.000,00	
Total		4	25			1.300.000,00	

Record: 1 of 4 | No Filter | Search

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare

Complementarios: La OT necesita estar aprobada por el encargado, supervisor y coordinador para ser imprimible, tiene varias opciones de impresión, además permite agregar comentarios generales con adjuntos del cualquier tipo de formato (Figura 43).

Figura 43.Complementarios OT

Diagnóstico y actividades realizadas Personal involucrado Repuestos utilizados Complementarios

APROBACIONES

* Encargado Técnico Jefe

* Supervisor Alcaldía

* Coordinador S.Villamizar

IMPRESIÓN

Pantalla

Crear PDF

Imprimir

Imprimir y crear PDF

PARA PDF

Enviar a ubicación personal

Abrir al imprimir

Impresa

OBSERVACIONES Y ADJUNTOS

+ Observación	
Se sigue Plan de Mantenimiento Preventivo	att
*	

Ruta del archivo C:\Users\Samuel\Desktop\Monterey\Reportes\16

Record: 14 No Filter Search

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare

6.2.7 HVA. Esta sección corresponde a la denominada Hoja de Vida de Activos y sus especificaciones se describen a continuación:

6.2.7.1 Lista de HVA. Este formulario muestra la lista de equipos (Figura 44) donde se puede editar rápidamente aspectos como:

- Ubicación
- Departamento
- Familia
- Sistema
- Grupo de análisis
- Grupo PDT
- Requiere verificación

Figura 44. Lista de Maquinaria en la Alcaldía, Monterrey, Casanare.

Activo (TAG)	Barcode	Nombre de activo	Ubicación	Dpto	Especialidad	Familia	Sistema	Grupo de análisis	Grupo PDT
VQ-KDK-01	OIB-470	VOLQUETA KODIAK			MANTENIMIENTO UNICA	UNICA	UNICO	OPERATIVOS	
MN-JDC-01	600	Motoniveladora			MANTENIMIENTO UNICA				
VC-LBR-01	X2	Vibrocompactadora			MANTENIMIENTO UNICA	UNICA	UNICO		
RE-JDC-01	E4045HT054	RETROEXCAVADORA			MANTENIMIENTO UNICA	UNICA	UNICO	OPERATIVOS	
VQ-FGL-01	ODS-541	VOLQUETA FREIGHTLINER 1			MANTENIMIENTO UNICA	UNICA	UNICO	OPERATIVOS	
VQ-FGL-02	ODS-540	VOLQUETA FREIGHTLINER			MANTENIMIENTO UNICA	UNICA			

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

El usuario puede expandir cada equipo para ver en detalle al dar clic en la primera columna "...", como muestra la figura 59.

- Nuevo registro: Crear un equipo.
- RGA: Reportes de grupos de análisis (indicadores de confiabilidad y disponibilidad).
- PDT: Crear y editar planes de trabajo.
- CDA: Cronograma de actividades de mantenimiento

6.2.7.2 Detalle de HVA. En esta ventana (Figura 45) se completa toda la información de cada equipo, además se pueden agregar campos adicionales y adjuntos.

6.2.7.3 Otras pestañas del detalle de HVA. Se pueden almacenar varias imágenes del activo, se pueden editar las fotos directamente de SAIM a través de cualquier editor de imágenes para señalar fallas o puntos de atención (Figura 46).

Figura 45. Detalle Hoja de Vida de Activos.

Inicio | Lista de activos | **Hoja de vida de activo**

Nuevo registro | Eliminar | Informe hoja de vida

HVA

 Hoja de vida de activo

DATOS DE IDENTIFICACIÓN (Campos obligatorios)

Activo (TAG) MN-JDC-01
 + Nombre completo Motoniveladora

Usuario ALCALDIA DE MONTERREY

Fecha creación 30/09/2016 11:48:43 a.m.

Marca JOHN DEERE

Modelo John Deere Power Tech

Serie 600
 + Area/Ubicación

Autor S.Villamizar

Departamento MANTENIMIENTO

Agrupación Única

Especialidad UNICA

Familia UNICA

Sistema UNICO

Grupo de análisis OPERATIVOS

Grupo PDT MOTONIVELADORA

+ Uso/Servicio

Información complementaria | **Imágenes** | OT y cronograma | Repuestos y personal | Bitácora y variables

DATOS TÉCNICOS

Cédula/Barcode 600

Motor 670G

Potencia/Capacidad 195 HP

Alimentación ACPM

Velocidad/RPM 2100 RPM

Peso 15 TON

Alt x Ancho x Profun 3180x2600x9900

DATOS DE ORIGEN Y OUTSOURCING

Proveedor

Pais de origen

+ Fecha de compra

OTROS

Req. calibración Rver (Verificación)

Equipo patron Activo

Rver: Indica si requiere verificación rutinaria (muestras de aceite, inspecciones visuales etc.)

CAMPOS ADICIONALES

Campo	Valor
Posición 1- Palanca de Cambios	4,0 km/h
Posición 2- Palanca de Cambios	5,6 km/h
Posición 3- Palanca de Cambios	7,7 km/h
Posición 4- Palanca de Cambios	10,9 km/h
Posición 5- Palanca de Cambios	16,5 km/h
Posición 6- Palanca de Cambios	23,2 km/h
Posición 7- Palanca de Cambios	32,3 km/h
Posición 8- Palanca de Cambios	45,5 km/h

Record: 1 of 8

OBSERVACIONES Y ADJUNTOS

+ Observaciones

Ficha Técnica Motoniveladora 670G [att](#)

Record: 1 of 1


FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

Figura 46. Imágenes del Equipo.

Información complementaria | **Imágenes** | OT y cronograma | Repuestos y personal | Bitácora y variables

IMÁGENES

*+ Nombre Motoniveladora 670G



Record: 1 of 1

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

SAIM muestra todas las OT y actividades de cronograma asociadas al equipo para rápidas y fáciles consultas (Figura 48).

Repuestos y Personal: En esta pestaña se puede consultar los repuestos y personal usado en cada intervención reportada a través de una OT, permite hacer filtros para analizar por ejemplo, el valor de los repuestos usados en un rango de fechas o la cantidad de veces que cierta pieza ha sido reemplazada, así como el total de horas hombre (Figura 53).

6.2.8 Reporte de Grupos de análisis RGA. Este módulo permite generar reportes de repuestos, horas hombre, confiabilidad y disponibilidad en un rango determinado de fechas y para un grupo específico de equipos (Figura 54).

6.2.9 Grupos de Plan de Trabajo PDT. Se pueden crear infinidad de planes de trabajo para un grupo de equipos, cada PDT (Figura 47) puede tener periodicidad, especialidad y APL (Lista de partes) diferente. Desde esta misma ventana se puede crear actividades en el cronograma rápidamente con un asistente muy práctico.

Figura 48.OT y Cronograma.

Información complementaria | Imágenes | OT y cronograma | Repuestos y personal | Bitácora y variables

ORDENES DE TRABAJO OTM pendiente

Consecutivo	Fecha	Título	Esp
OTM-10-16 1	16-nov-16	Mantenimiento hallazgos iniciales-Motoniveladora	MEC

Record: 1 of 1

CRONOGRAMA

Esp	Título	Fecha estimada	Fecha ejecución	Días
0				0

Record: No Filter

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

Figura 47.Repuestos y Personal.

Información complementaria | Imágenes | OT y cronograma | Repuestos y personal | Bitácora y variables

REPUESTOS

Fecha	Código	+ Descripción corta	C	Cant	Bodega	Unid	Valor parcial	CC/AFE
16-nov-16	MN01	Bomba Electrica de Com	1	1	ALM	-	500.000,00	
16-nov-16	MN02	Bateria de Alimentancior	1	2	ALM	-	350.000,00	
16-nov-16	MN03	Empaques de Cilindros d	1	2	ALM	-	200.000,00	
16-nov-16	HH	HORAS HOMBRE	1	20	ALM	HR	250.000,00	
Total			4	25			1.300.000,00	

Record: 1 of 4

PERSONAL

Fecha	Nombre corto	Cargo	Tiempo (MM)	CC/AFE
16-nov-16	S.Villamizar	Autor Plan de Mantenimiento Preventivo	655	
16-nov-16	Técnico Jefe	Actividades de Mantenimiento	655	
16-nov-16	Aux Mecánico	Actividades de Mantenimiento	655	
3			1.965	

Record: 1 of 3

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

6.2.10 Cronograma de Actividades CDA. El cronograma de actividades (Figura 51) muestra por defecto el calendario del mes actual y permite explorar otros meses y otros años, permite identificar fácilmente todas las intervenciones de equipos pendientes o finalizados, además tiene 2 modos de vista, agrupado muestra el total de actividades por equipo y desagrupado muestra la especialidad de cada equipo.

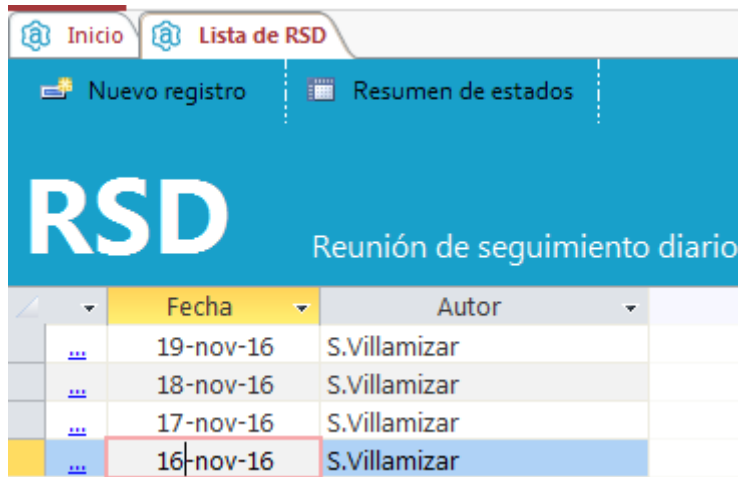
Figura 51. Cronograma de Actividades



FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

6.2.11 Reunión de Seguimiento Diario RSD. El módulo RSD (Figura 52) contiene las reuniones de seguimiento diaria de apertura (mañana) y cierre (noche) que se hace al interior de un equipo de trabajo, con el fin de registrar las actividades planeadas y ejecutadas cada día, así como anomalías en equipos y otros datos de interés de la compañía.

Figura 52.Reunión de Seguimiento Diario.



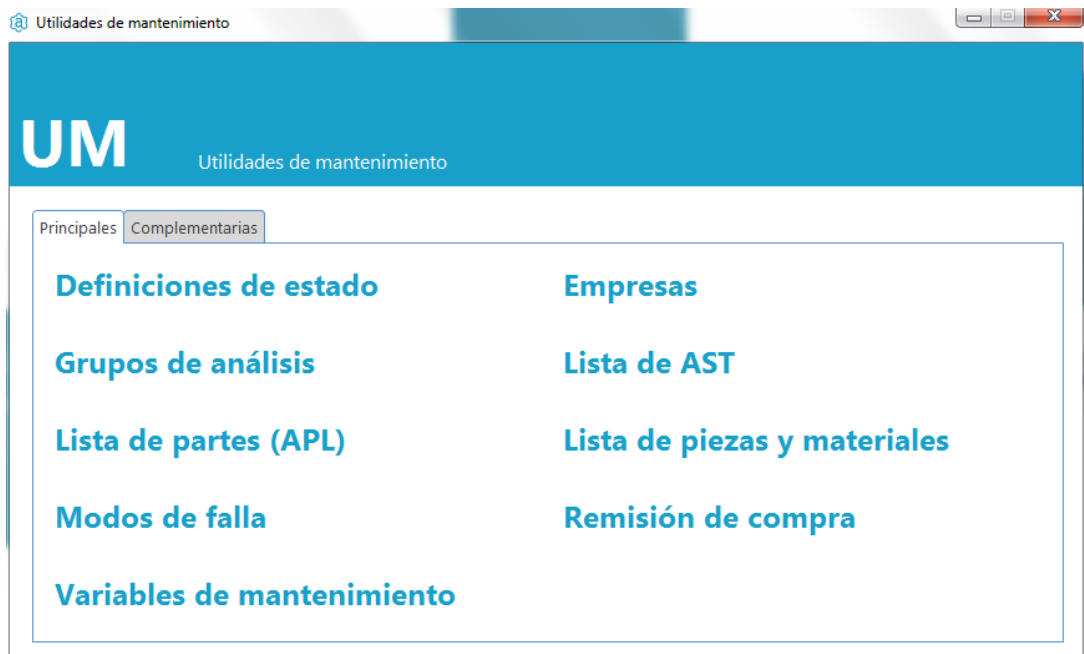
The screenshot shows a web application interface for 'Lista de RSD'. At the top, there are navigation tabs for 'Inicio' and 'Lista de RSD'. Below the tabs, there are two buttons: 'Nuevo registro' and 'Resumen de estados'. The main header area features the large text 'RSD' and the subtitle 'Reunión de seguimiento diario'. Below this is a table with the following data:

	Fecha	Autor
...	19-nov-16	S.Villamizar
...	18-nov-16	S.Villamizar
...	17-nov-16	S.Villamizar
...	16-nov-16	S.Villamizar

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

6.2.12 Utilidades de mantenimiento (UM). El cuarto y último módulo contiene 6 formularios que complementan las funciones de la aplicación explicados a continuación (Figura 53):

Figura 53.Utilidades del Mantenimiento.



FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

- Empresas: Crear y asociar terceros a HVA permite identificar rápidamente la empresa atenta a realizar una intervención avanzada sobre el equipo (Figura 54).

Figura 54. Empresa Alcaldía Monterrey-Casanare.

INFORMACIÓN		Edición
Razón social	ALCALDIA DE MONTEREY	
Nombre comercial	ALCALDIA DE MONTEREY	
NIT	891857824-3	
Código interno	85.162	
Dirección	MONTEREY CASANARE	
Observaciones	MONTEREY CASANARE	
Contacto		
Teléfonos	6249890	
Teléfono 2	6249890	
Email	secretariageneral@monterrey-casanare.gov.cc	
Activo	<input type="checkbox"/>	

Record: 1 of 2 | No Filter | Search

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare

- Lista de AST: (Análisis de seguridad en el Trabajo): El departamento de HSE exige un análisis de seguridad en el trabajo antes de cada intervención con el fin de identificar fuentes de peligro para el trabajador, el usuario puede almacenar plantillas de AST para futuras impresiones rápidas.
- Lista de piezas y Materiales: Muestra el listado completo de piezas en el inventario(Figura 55), al expandir se observa la información completa de cantidad mínimas y máximas, SOH total (cantidad total disponible), costo estimado, SAP (costo promedio ponderado) y las existencias en cada bodega agrupadas por condición (Figura 55).

Figura 55. Lista de Piezas y Materiales.

LDP Listado de piezas y materiales			
Código	+ Descripción		Unid
002	- Aceite SAE 15W - 50		Galon
003	Filtro motor volqueta		unidad
004	-Lantas direccionales		unidad
HH	HORAS HOMBRE		HR
MN01	Bomba Electrica de Combustible		-
MN02	Bateria de Alimentacion		-
MN03	Empaques de Cilindros de direccion		-
RE001	Cruceta del eje Cardanico		-
RE002	Dientes del Balde o Cucharon		-
RE003	Correa del Alternador		-
V05	-Filtro aire acondicionado volqueta (puede ponerle especificaciones adicionales) tamaño de filtro, material, etc, lo bueno es q todo es editab		unidad
VC001	Aceite 25W-40		Galon

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare

Figura 56. Detalle-Lista de Piezas y Materiales.

Detalle de ítem

INFORMACIÓN

Código: VC001 Crit: 0,00

+ Descripción: Aceite 25W-40

+ Descripción corta: Aceite 25W-40

SOH Total: 0,00 Unidad: Galon

Máx costo estimado: 0,00 Min SOH: 5,00

Máx Costo real: 0,00 Máx SOH: 20,00

Existencias | Movimientos

EXISTENCIAS + Insertar bodega

Bodega	C	SOH	Máx SOH	Min SOH	Costo real	Costo total	
ALM	1	0,00	20,00	5,00	0,00	0,00	eliminar
	1	0,00				0,00	

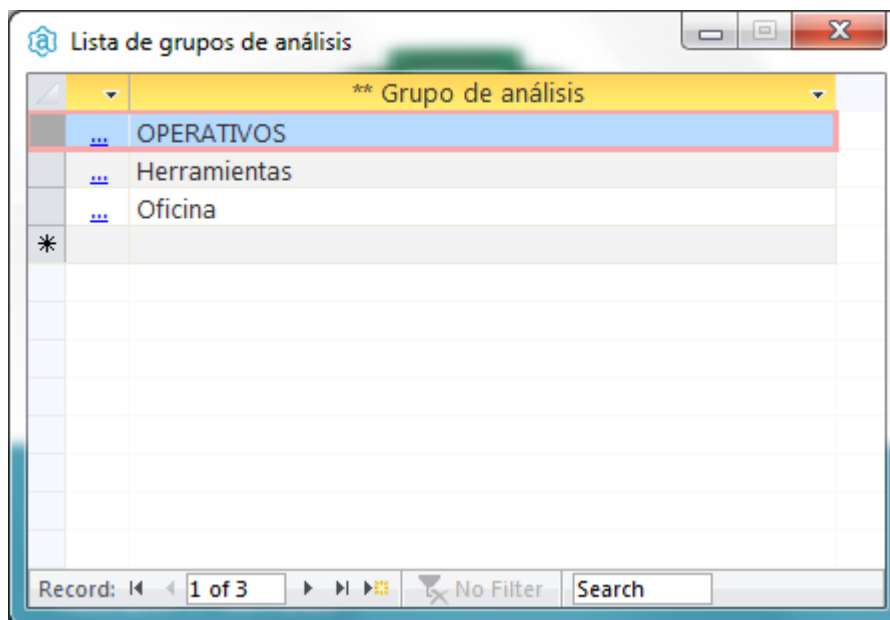
Record: 1 of 1 | No Filter | Search

FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

- Grupo de análisis: En esta ventana se pueden crear los grupos por lo que se van a analizar las máquinas en el mantenimiento, Figura 57.

Este formulario almacena APL para cada intervención, equipo o proyecto que se requiera, totaliza el costo y cruza la cantidad requerida con las existencias de inventario mostrando con colores los ítems que tiene stock suficiente (verde), que quedan en cero o por debajo del mínimo (amarillo) o los que no existe la cantidad suficiente (rojo).

Figura 57. Lista de Grupo de Análisis.



FUENTE: Software SAIM, Alcaldía Monterrey, Casanare.

7. ANÁLISIS Y RESULTADOS

7.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación del plan de mantenimiento para la Maquinaria del municipio de Monterrey Casanare, es necesario conocer los costos que estos generan, se deben conocer el valor de los gastos y el tiempo en el cual se recupera la inversión.

La alcaldía de Monterrey tiene activos importantes para el desarrollo de proyectos de desarrollo urbano. Se estudia su viabilidad y desarrollo con indicadores de decisión, las cuales son herramientas financieras que permiten decidir sobre el adelanto o rechazo de un proyecto de inversión como¹⁷:

- Valor presente neto (VPN), o valor actual neto (VAN)

Es la diferencia de los ingresos descontados al momento cero con los egresos descontados al momento cero.

$$VPN = VP_{\text{Ingresos}} - VP_{\text{Egresos}}$$

$VPN \geq 0$ los ingresos son mayores que los egresos, tasa de interés generada por el proyecto es mayor que la tasa de interés de oportunidad del inversionista, proyecto se adelanta.

$VPN \leq 0$ los ingresos son menores que los egresos, tasa de interés generada en el proyecto es menor que la tasa de interés de oportunidad del inversionista, NO se realiza el proyecto,

$VPN=0$ ingresos son iguales a los egresos, tasa de interés generada en el proyecto es igual a la tasa de interese de oportunidad del proyecto, es indiferente a realizar o no el proyecto.

¹⁷ DOMINGUEZ, Juan. Matemática financiera [En línea].Citado 20 enero 2016. Disponible en: <http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:67156/componente67154.pdf >

Se debe determinar la información técnica y económica del proyecto, ingresos y egresos. Después se realiza el análisis económico – financiero del mismo. Para poder realizar la modelización económica financiera es necesario tener perfectamente determinado tres parámetros:

- Horizonte temporal, es el periodo o tiempo que transcurre desde que tiene lugar el desembolso inicial hasta que se produce el último ingreso o pago.
- El desembolso inicial (-A), revisando que no quede ningún concepto sin incluir, no solo el coste de los equipos fijos sino también los gastos asociados.
- Los flujos netos de caja positivos o negativos generados por el proyecto en cada periodo de tiempo (Qt), siendo objetivos y más bien conservadores en las ventas y costes. Hay que tener siempre presente que a medida que nos alejamos del momento 0 (el de estimación), las estimaciones sobre los flujos netos de caja son más aleatorias.

$$P = A \left[1 - \frac{1}{(1 + i)^n} \right] / i$$

$$F = P(1 + i)^n$$

i = tasa de interés de oportunidad

n= tiempo o plazo

A= anualidad

P= valor presente

F= valor futuro

Los criterios más utilizados suelen englobarse en dos grandes grupos denominados métodos estáticos y métodos dinámicos.

- Los métodos estáticos, también conocidos como métodos aproximados, son aquellos que no toman en consideración la distribución temporal de los flujos monetarios y consiguientemente lleva a cabo una comparación de magnitudes monetarias no homogeneizadas.
- Los métodos dinámicos, si tienen en cuenta el momento del tiempo en que los flujos monetarios se van generando. Compara cantidades homogenizadas.

7.2 PLAZO DE RECUPERACIÓN

El plazo de recuperación es el modelo estático más utilizado. Se trata de un modelo que se centra en el periodo de tiempo que media hasta la recuperación de la inversión inicial. El método conocido como plazo de recuperación de la inversión (también conocido como “pay-back” de la inversión) es el modelo de valoración de inversiones estático más utilizado. El plazo de Recuperación se define como el tiempo que tarda en recuperarse (amortizarse) el desembolso inicial de cualquier proyecto de inversión.

La principal deficiencia del plazo de recuperación es que, al ser un método estático, no considera la distribución temporal de los flujos monetarios, por lo que compara magnitudes monetarias no homogéneas. Esto es especialmente problemático en situaciones de alta inflación y elevados tipos de interés. El plazo de recuperación es un método de valoración de inversiones muy fácil de calcular y que resulta especialmente interesante en proyectos de inversión de alto riesgo para ver si se recupera rápidamente o no el capital inicial invertido.

7.3 TASA INTERÉS-RETORNO.

La TIR se define como aquél tipo de actualización o descuento que hace igual a cero el VAN de una inversión. Se puede decir que la TIR de una inversión es el umbral de rentabilidad de esa inversión.

El criterio de decisión consistirá 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.

Ventajas de la TIR: Se considera el factor tiempo para su cálculo, por lo que suma cantidades homogéneas.

Proporciona rentabilidades relativas (proporciona una tasa no un número absoluto), por lo que permite comparar proyectos en términos relativos.

Análisis de costos de inversión. Para saber la inversión y los beneficios que genera la aplicación del mantenimiento es necesario hallar los ítems expuestos anteriormente, se desarrollara por medio de Excel, llevando a conocer el tiempo de recuperación de la inversión y beneficios que trae.

Para conocer el valor VPN se debe tener el valor de la inversión del proyecto, en este caso se ve reflejado en la Tabla 82. Con un interés de 6% efectivo anual y Si la tasa de rentabilidad (TIR) es mayor que el interés el proyecto es viable, se debe tener en cuenta que se analizara en un periodo de un año.

Para el cálculo de la TIR se utiliza la siguiente formula.

$$-A + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0$$

Siendo:

r = la tasa de retorno o TIR que en este caso es la incógnita.

A = desembolso inicial.

Q_1, Q_2, \dots, Q_n = flujos netos de caja de cada período.

Tabla 28. Inversión implementada en el plan de mantenimiento

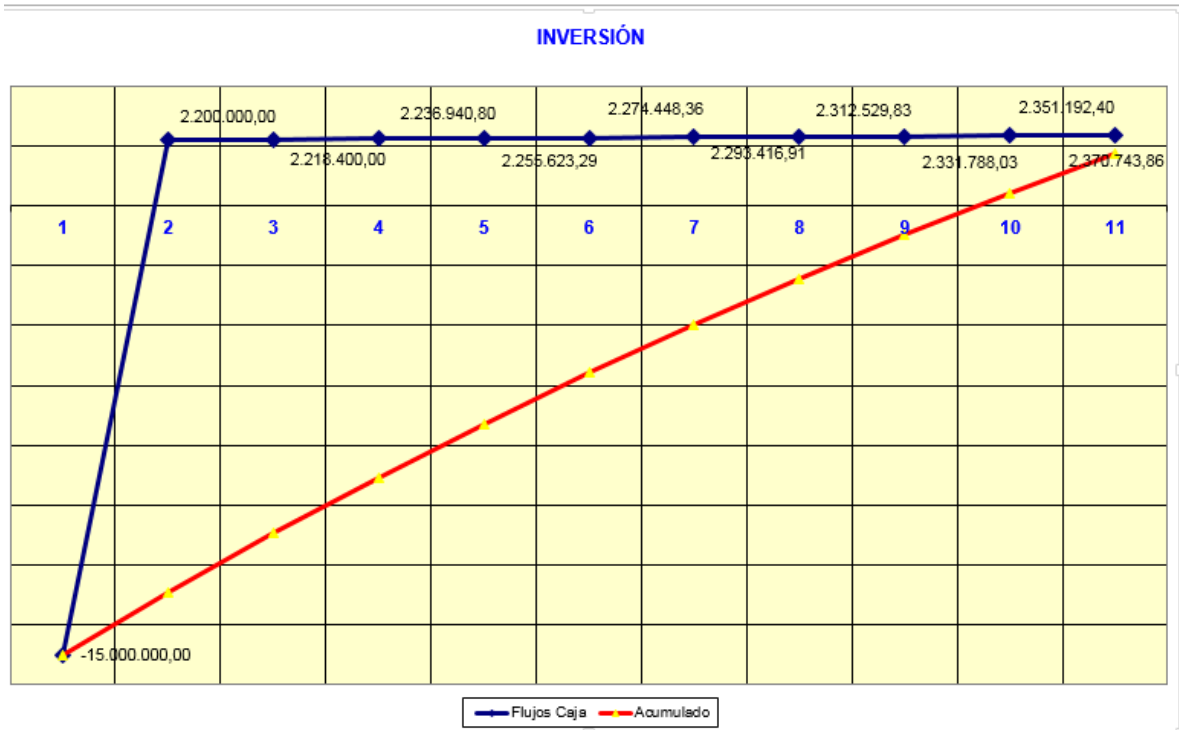
ITEMS	COSTO NETO
Sistema de información	\$2.000.000
Mano de obra	\$5.000.000
Administración	\$4.000.000
Servicios	\$2.000.000
Otros	\$2.000.000
Total	\$15.000.000

Se evalúa la implementación del plan de mantenimiento para la maquinaria del municipio de Monterrey Casanare, mediante el valor presente neto. La inversión inicial es de \$15.000.000, con egresos de 1.800.000 representados en gastos de operación en el mantenimiento preventivo, e ingresos de 4.000.000 mensuales representados en ahorros y disminución de costos al prestar el servicio procedemos hacer el cálculo.

Tabla 29.Resultados y Proceso VAN, TIR, PAYBACK

DATOS DE LA INVERSIÓN						
Capital :	15.000.000,00		Tasa :		6,00%	
Ingresos:	4.000.000,00		Inflación cobros:		1,00%	
Egresos:	1.800.000,00		Inflación pagos:		1,20%	
			meses :		11	
Tabla anual						
Meses	Inversión	Cobros	Pagos	Flujos Caja	Valor Actual	Acumulado
0	-15.000.000,00			-15.000.000,00	-15.000.000,00	-15.000.000,00
1		4.000.000,00	1.800.000,00	2.200.000,00	2.075.471,70	-12.924.528,30
2		4.040.000,00	1.821.600,00	2.218.400,00	1.974.368,10	-10.950.160,20
3		4.080.400,00	1.843.459,20	2.236.940,80	1.878.178,63	-9.071.981,57
4		4.121.204,00	1.865.580,71	2.255.623,29	1.786.664,91	-7.285.316,65
5		4.162.416,04	1.887.967,68	2.274.448,36	1.699.600,13	-5.585.716,53
6		4.204.040,20	1.910.623,29	2.293.416,91	1.616.768,42	-3.968.948,10
7		4.246.080,60	1.933.550,77	2.312.529,83	1.537.964,42	-2.430.983,69
8		4.288.541,41	1.956.753,38	2.331.788,03	1.462.992,66	-967.991,03
9		4.331.426,82	1.980.234,42	2.351.192,40	1.391.667,17	423.676,14
10		4.374.741,09	2.003.997,23	2.370.743,86	1.323.810,99	1.747.487,13
Análisis de la inversión						
		V.A.N.		1.747.487,13	Valor actual neto	
		T.I.R.		8,36%	Tasa interna rentabilidad	
Otros indicadores:	}	V.A.		16.747.487,13	Valor actual	
		I.R.		111,65%	Índice de rentabilidad	
		PAYBACK		9	Plazo de recuperación	
		R.C.		2,20	Rendimiento contable	

Figura 58. Gráfica PayBack



Según lo analizado en el flujo de caja el valor actual neto VAN >0, la inversión es favorable obteniendo un VAN=\$1.747.487 en lo proyectado.

Según la tasa interna de rentabilidad da como resultado un valor mayor TIR=8,36% comparado con el interés $i = 6\%$ ANUAL.

El tiempo de recuperación de la inversión establecido por el payback es de 9 meses corridos a partir de la inversión inicial en el mes cero.

Por lo tanto el proyecto es viable.

8. CONCLUSIONES

- El presente proyecto cumple con su objetivo general de desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para alcaldía de Monterrey Casanare, donde se llevó a cabo un diagnóstico de la situación actual de la maquinaria, se realizó la debida codificación de los activos de la Alcaldía, se desarrolló el análisis de Criticidad a los Sistemas de la maquinaria y se establecieron las fallas críticas, se realizaron las actividades preventivas y se desarrolló la implementación en un sistema de Información el cual queda a disposición de la Alcaldía de Monterrey, Casanare.
- Se Realizó un diagnóstico del estado actual de la Maquinaria y se identificaron averías en las diferentes máquinas que permitían el funcionamiento de las mismas, pero afectaban la parte estética y otras que amenazaban la parte funcional de los diferentes sistemas.
- Mediante auditorías a jefe de taller, técnicos y operarios de alguna manera involucrados con la maquinaria Amarilla, se identificaron las fallas recurrentes en cada sistema y haciendo uso del diagrama de Pareto se determinó el 20% de las fallas a las que se les debe prestar especial atención.
- Se diseñó la documentación necesaria, fichas técnicas, hojas de vida, orden de trabajo, historial de la máquina, indicadores, rutinas de mantenimiento, inventarios, para llevar un debido control del proceso de mantenimiento en la Alcaldía de Monterrey Casanare.
- Se llevó a cabo un análisis de criticidad para los sistemas de la maquinaria amarilla y los vehículos de transporte especial, en cual se pudo identificar sus

fallas más críticas, tomando como referencia a todas las maquinas como fundamentales para los proyectos de la alcaldía de Monterrey Casanare.

- Se realizó, bajo la Norma ISO 14224, la debida codificación de la Maquinaria de la alcaldía, como también de las fallas de la misma, con el fin de aportar a la organización de los activos.
- Se seleccionó un software llamado SAIM para gestión de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de la empresa y las recomendaciones de autores del proyecto, y se equipó con la información de la Alcaldía de Monterrey, el cual se encargara de controlar la documentación de los mantenimientos en los equipos, esto se desarrolla mediante los módulos siguientes: fichas técnicas, inventario, historial de los equipos, indicadores de gestión.
- La inversión en el plan de mantenimiento es viable en términos que genera una recuperación del capital a corto plazo 7 meses, una tasa interna de rentabilidad de 9.99% mensual y valor actual neto \$8.265.750.
- Se garantizó la seguridad de la información manejada mediante una asignación de usuario y clave en el sistema de información; donde el ingreso está limitado solo y exclusivamente a las personas asignadas para esta tarea; evitando el saboteo y posibles daños que repercutan en la parte económica de la empresa.

BIBLIOGRAFIA

ALBA, Diego. BAEZ, Diego. Plan de mantenimiento para la maquinaria pesada, maquinaria agrícola y vehículos de transporte de la alcaldía del municipio de Belén Boyacá. Trabajo de Grado para optar el título de ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de ingeniería mecánica, 2013.

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

BORRAS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento. Material Docente. Colombia, Bucaramanga: Ediciones UIS, 2013.

DE LA OSSA G., Carlos; GÓMEZ G., Julián. Desarrollo de un programa para el cálculo de la confiabilidad operacional de activos basado en distribuciones estadísticas Weibull. Tesis de grado para obtener el título de ingeniero mecánico. Bucaramanga, 2013. Universidad industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica.

FUENTES, David A. Sistemas de Información en Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013.

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento, Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A., 2003. P. 7-17

GONZALES FERNÁNDEZ, Francisco Javier. Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión. Madrid, 2004. P. 20-170

GONZÁLEZ, Carlos Ramón. Ingeniería de mantenimiento. Bucaramanga 2009. Publicaciones universidad industrial de Santander. Escuela de ingeniería mecánica.
MONCADA DELGADO, Davian Augusto, et al. Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas. Trabajo de grado ingeniero mecánico. 122

MUÑOZ MARCIALES, Oscar. Diseño e implementación de una herramienta software que apoye la ejecución de procedimientos para la verificación de la integridad estructural del campo escuela colorado. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero de sistemas. Bucaramanga, 2014. Universidad Industrial de Santander. Escuela ingeniería de sistemas. P. 30.

MUÑOZ, Belén; Mantenimiento industrial; Universidad Carlos III de Madrid; Área de Ingeniería Mecánica; Cap. II. Pp. 3

OSORIO T, Oscar, MARTINEZ F, Cesar A. Plan de mantenimiento preventivo para la planta principal de la empresa productos alimenticios la victoria. Bucaramanga, 2013. Tesis de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

PLATA, Vianey. Diagnóstico de maquinaria pesada, Equipo menor y vehículos de transporte para el desarrollo para el desarrollo de un plan de mantenimiento en la constructora vc Ltda. Trabajo de grado. Uis. 2009. 215p.