



**Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Metodología 5qs para
los Equipos y Maquinaria de la Planta de Trituración Esgamo S.A.S**

Juan Pablo González Lozano

Jonathan Andrade Muñoz

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2021

**Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Metodología 5qs para
los Equipos y Maquinaria de la Planta de Trituración Esgamo S.A.S**

Juan Pablo González Lozano

Jonathan Andrade Muñoz

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director (a):

Ing. Esp. Sandy Mosquera Muñoz

Línea de Investigación:

Productividad.

Grupo de Investigación:

Ciencias Naturales, Exactas y Aplicadas.

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ibagué, 02 de noviembre de 2021

Contenido

| | Pág. |
|--|------|
| Introducción | 19 |
| 1. Objetivos..... | 20 |
| 1.1 Objetivo General | 20 |
| 1.2 Objetivos Específicos..... | 20 |
| 2. Justificación..... | 21 |
| 2.1 Planteamiento del Problema | 22 |
| 3. Marco Teórico..... | 23 |
| 3.1 Antecedentes | 23 |
| 3.2 Marco Conceptual..... | 25 |
| 3.2.1 Ingeniería de mantenimiento..... | 25 |
| 3.2.2 Historia del mantenimiento | 26 |
| 3.2.3 Objetivos del mantenimiento..... | 26 |
| 3.2.4 Funciones del mantenimiento | 27 |
| 3.2.5 ¿Por qué gestionar un plan de mantenimiento? | 28 |
| 3.3 Metodología de Mantenimiento “5QS” | 28 |
| 3.3.1 Fase uno – fase de diagnóstico..... | 30 |
| 3.3.2 Fase dos – fase de estrategias y diseño..... | 30 |
| 3.3.3 Fase tres – fase de implementación..... | 30 |
| 3.3.4 Fase cuatro – fase de medición | 31 |
| 3.3.5 Fase cinco – fase de mejoramiento..... | 31 |
| 3.4 Clasificación y Tipos de Mantenimiento | 31 |
| 3.4.1 Mantenimiento correctivo..... | 32 |
| 3.4.2 Mantenimiento correctivo no planificado | 32 |
| 3.4.3 Mantenimiento correctivo planificado | 33 |
| 3.4.4 Mantenimiento preventivo..... | 33 |
| 3.4.5 Mantenimiento predictivo..... | 34 |
| 3.4.6 Mantenimiento programado..... | 34 |
| 3.4.7 Mantenimiento productivo total (TPM)..... | 34 |
| 3.5 Indicadores de Gestión de Mantenimiento | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5.1 Disponibilidad | 35 |
| 3.5.2 Confiabilidad..... | 36 |
| 3.5.3 Mantenibilidad..... | 36 |
| 3.5.4 Indicadores de gestión | 37 |
| 3.5.5 Indicadores de planeación | 38 |
| 3.5.6 Indicadores de fiabilidad y mantenimiento..... | 38 |
| 3.6 Marco Referencial | 38 |
| 3.6.1 Descripción de la empresa | 38 |
| 3.6.2 Reseña histórica | 39 |
| 3.6.3 Ubicación de la empresa | 39 |
| 3.6.4 Misión | 40 |
| 3.6.5 Visión | 40 |
| 3.6.6 Política de calidad..... | 40 |
| 3.7 Productos..... | 40 |
| 3.7.1 Triturado de 1/2..... | 41 |
| 3.7.2 Triturado de 3/4..... | 41 |
| 3.7.3 Mixto de 1/2..... | 41 |
| 3.7.4 Mixto de 3/8..... | 41 |
| 3.7.5 Arena lavada | 42 |
| 3.8 Descripción de los Equipos | 42 |
| 3.8.1 Trituradora trio | 42 |
| 3.8.2 Trituradora Parker | 43 |
| 3.8.3 Lavadora | 44 |
| 3.8.4 Planta generadora Cummins..... | 46 |
| 3.8.5 Planta generadora Caterpillar | 47 |
| 3.8.6 Retroexcavadora (324D) | 48 |
| 3.8.7 Cargador frontal de llantas (930H)..... | 49 |
| 3.8.8 Cargador frontal de llantas (950F) | 50 |
| 3.8.9 Volquetas de doble troque (International) | 51 |
| 3.8.10 Volquetas de doble troque (Kodiak) | 52 |
| 4. Desarrollo del Proyecto | 53 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.1 | Metodología de Desarrollo..... | 53 |
| 4.1.1 | Fase 1: | 53 |
| 4.1.2 | Fase 2: | 53 |
| 4.1.3 | Fase 3: | 53 |
| 4.1.4 | Fase 4: | 54 |
| 4.1.5 | Fase 5: | 54 |
| 4.2 | Descripción del Proceso | 54 |
| 4.3 | Diagrama de Flujo del Proceso | 56 |
| 4.4 | Codificación de Equipos | 56 |
| 4.5 | Análisis de Criticidad y Jerarquización | 58 |
| 4.5.1 | Método de análisis de criticidad cualitativo | 59 |
| 4.5.2 | Preguntas para la clasificación final | 59 |
| 4.5.3 | Matriz usada para el análisis de los equipos críticos..... | 60 |
| 4.6 | Estrategias de Mantenimiento..... | 61 |
| 4.6.1 | Sistematizar la información..... | 61 |
| 4.6.2 | Mantenimiento preventivo por sistema L.E.M. | 62 |
| 4.6.3 | Capacitaciones del personal..... | 62 |
| 4.6.4 | Tecnologías de diagnóstico..... | 63 |
| 4.7 | Desarrollo de Estrategias..... | 64 |
| 4.7.1 | Sistematizar la información..... | 64 |
| 4.7.2 | Mantenimiento preventivo por sistema L.E.M. | 66 |
| 4.7.3 | Capacitación del personal..... | 72 |
| 4.7.4 | Tecnologías de diagnóstico..... | 75 |
| 4.7.5 | Indicadores de mantenimiento | 77 |
| 4.7.6 | Evaluación y ajustes de la propuesta del plan de mantenimiento..... | 82 |
| 4.8 | Gestión de Prevención de Riesgos Laborales..... | 84 |
| 4.8.1 | Actividades de la gestión de prevención | 85 |
| 4.8.2 | Elementos de protección personal (EPP) | 85 |
| 4.9 | Gestión de Protección del Medio Ambiente | 87 |
| 4.9.1 | Protección ambiental..... | 87 |
| 4.9.2 | Factores importantes..... | 87 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| Conclusiones | 88 |
| Recomendaciones | 90 |
| Bibliografía | 92 |

Lista de Figuras

| | Pág. |
|--|-----------|
| Figura 1. Evaluación integral del plan de mantenimiento mediante “5QS”..... | 29 |
| Figura 2. Indicadores de gestión “5QS”. | 37 |
| Figura 3. Indicadores de planeación | 38 |
| Figura 4. Indicadores de fiabilidad y mantenimiento..... | 38 |
| Figura 5. Ubicación de la Empresa | 39 |
| Figura 6. Trituradora Trio..... | 43 |
| Figura 7. Trituradora Parker | 44 |
| Figura 8. Lavadora | 45 |
| Figura 9. Planta Generadora Cummins..... | 46 |
| Figura 10. Planta Generadora Caterpillar | 47 |
| Figura 11 Retroexcavadora (324D) | 48 |
| Figura 12. Cargador frontal de llantas (930H) | 49 |
| Figura 13. Cargador Frontal de llantas (950F) | 50 |
| Figura 14. Volqueta de doble troque (International) | 51 |
| Figura 15. Volqueta de doble troque (Kodiak) | 52 |
| Figura 16. Diagrama de flujo del proceso..... | 56 |
| Figura 17 Clasificación de equipos críticos | 64 |
| Figura 18. Cámara Termográfica | 75 |
| Figura 19 Elementos de Protección Personal | 86 |

Lista de tablas

| | Pág. |
|---|-----------|
| Tabla 1. Identificación de maquinaria y equipos..... | 58 |
| Tabla 2. Codificación sub-equipos..... | 58 |
| Tabla 3. Actividades de Lubricación..... | 69 |
| Tabla 4. Actividades Eléctricas..... | 70 |
| Tabla 5. Actividades mecánicas | 71 |
| Tabla 6. Personal de producción | 73 |
| Tabla 7. Personal de mantenimiento | 74 |
| Tabla 8. Tabla de tecnología de diagnóstico..... | 76 |
| Tabla 9. Disponibilidad | 78 |
| Tabla 10. Confiabilidad | 79 |
| Tabla 11. Mantenibilidad | 80 |
| Tabla 12. Ejemplo de mantenimiento y rango de beneficios | 84 |

Lista de Anexos

| | Pág. |
|---|------------|
| Anexo 1. Preguntas para la criticidad..... | 94 |
| Anexo 2. Orden de trabajo..... | 95 |
| Anexo 3. Hoja de vida..... | 96 |
| Anexo 4. Fichas técnicas..... | 97 |
| Anexo 5. Preoperacional..... | 102 |
| Anexo 6. Costos de mantenimiento..... | 102 |
| Anexo 7. Solicitud de Repuestos..... | 104 |
| Anexo 8. Documento de excel..... | 105 |
| Anexo 9. Inspección General de la Trituradora Trio..... | 108 |
| Anexo 10. Inspección General de la Lavadora..... | 110 |
| Anexo 11. Inspección General de la Retroexcavadora (324D)..... | 112 |
| Anexo 12. Inspeccion General del Cargador Frontal (950F)..... | 114 |
| Anexo 13. Inspección General de la Volqueta International..... | 116 |
| Anexo 14. Actividades de L.E.M – Trituradora Trio..... | 118 |
| Anexo 15. Actividades de L.E.M – Lavadora..... | 120 |
| Anexo 16. Actividades de L.E.M – Retroexcavadora (324D)..... | 122 |
| Anexo 17. Actividades de L.E.M – Cargador Frontal (950F)..... | 123 |
| Anexo 18. Actividades de L.E.M – Volqueta international..... | 124 |
| Anexo 19. Carta de autorización..... | 126 |

(Dedicatoria)

Primero a DIOS sobre todas las cosas, a mis padres Merly Lozano y Alexander González por ser mi mayor motivación, a mi padrastro Edwar Meneses por su apoyo incondicional, a mi abuela Miriam Lozano por tenerme siempre en sus oraciones y querer lo mejor para mí y dar infinitas gracias a todas las personas que hicieron parte de este gran proceso.

Juan Pablo González Lozano

(Dedicatoria)

A DIOS

Por permitirme estar aquí, por su ayuda, por ser mi guía y protector en todo momento.

A MIS ABUELOS

Bertha Isabel Colorado y José Andrés Muñoz su amor y esfuerzo son para mí invaluable, juntos me han educado y me han proporcionado todo y cada cosa que he necesitado, sus enseñanzas me han llevado por el buen camino.

A mi madre

Alba Ligia Muñoz por haberme dado la vida y apoyarme en cada una de mis decisiones y querer lo mejor para mí.

Sus apoyos fueron fundamentales para la culminación de la tesis

Jonathan Andrade Muñoz

Agradecimientos

Manifiesto mi más sincero agradecimiento a mi alma mater como lo es la UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE IBAGUÉ y al excelente grupo de docentes que hacen parte del plantel que siempre me brindaron su amabilidad en el aula y por su compromiso al transmitir su conocimiento a lo largo de mi estadía por la universidad y contribuir positivamente con mi formación profesional, mediante su colaboración y apoyo fue posible la elaboración de la presente tesis y por consiguiente la culminación de mi carrera ingeniería mecánica.

De antemano quiero expresar mi agradecimiento de manera especial a mi directora de tesis como lo es la Ingeniera especialista Sandy Mozquera Muñoz y a mi profesor e Ingeniero especialista Juan Carlos Rico Bermudes por su paciencia, confianza y apoyo incondicional en el transcurso por la facultad para culminar satisfactoriamente mi carrera.

A la empresa ESGAMO S.A.S por haberme permitido realizar el trabajo de grado.

Al jefe de mantenimiento y amigo el Ingeniero Luher Jehins Olaya Moreno, por haberme brindado su apoyo incondicional en este proyecto.

Juan Pablo González Lozano

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a la Universidad Antonio Nariño mi Alma Mater por acogerme y desarrollarme como profesional, a cada uno de los docentes que me brindaron sus conocimientos.

También, agradezco a la directora de tesis la ingeniera Sandy Mosquera y de igual manera al ingeniero Juan Carlos Rico por su apoyo y paciencia

De antemano agradezco a la Empresa ESGAMO S.A.S por permitirme realizar el trabajo de grado

Jonathan Andrade Muñoz

Glosario

Descompostura: Anomalía presentada por el equipo o máquina quedando como resultado final la pérdida de servicio de la antes mencionada.

Desperfecto: Se presenta un funcionamiento inusual, fuera de lo establecido que por consiguiente se pasaría a una labor de mantenimiento.

Disponibilidad: La disponibilidad es el aspecto más importante en temas de equipos y maquinaria en el área de producción, el cual determina el tiempo útil para la empresa con relación al mantenimiento.

Especificación del trabajo: Documento el cual describe el procedimiento o paso a paso del trabajo a realizar, incorpora herramientas, recursos y tiempo de ejecución.

Existencia de repuestos: disponibilidad de repuestos para la ejecución en procesos de mantenimiento.

Mantenibilidad: Capacidad de la maquinaria para sostener su buen funcionamiento, manteniendo sus parámetros originales.

Falla: Disminución de su capacidad normal para desempeñar a cabalidad sus labores establecidas.

Historial del mantenimiento: Documentación realizada en procesos de mantenimiento con el fin de tener información importante para programar e implementar alguna labor de mantenimiento.

Inspección: Labor realizada con la principal función de detectar algún defecto en la máquina, implementando actividades de calibración, medición e inspección.

Interrupción forzada: Falla inminente sin previo aviso.

Mantenimiento de emergencia: Falla en la máquina de manera inesperada que implica una labor de mantenimiento de manera inmediata para minimizar el tiempo de parada y posibles accidentes.

Mantenimiento en operaciones: Actividad de mantenimiento realizada en la máquina o equipo en marcha.

Mantenimiento en paro: Actividad de mantenimiento realizada solo con la máquina o equipo en parada.

Mantenimiento planeado: Actividad de mantenimiento previamente planeada y organizada para dar cumplimiento al trabajo a realizar.

Monitoreo de las condiciones: Implementación de jornadas de inspección en las máquinas y equipos para obtener información relevante de las cuales requieran mantenimiento.

Orden de trabajo: Documento diseñado para asignar las labores a trabajar en un área o máquina en específico, de este modo realizar una actividad de mantenimiento, consta de personal, herramienta y tiempo de culminación.

Plan de mantenimiento: Es un formato el cual cuenta con varios aspectos a diligenciar, los cuales son, el listado de actividades de mantenimiento, posibles piezas a usar y la frecuencia en la que se ejecuten.

Renovación: Es la labor realizada para mejorar los procedimientos y restablecer el buen funcionamiento de la máquina.

Reparación: Labor realizada para restablecer el buen funcionamiento de una maquina o equipo que cumpla a cabalidad el proceso por el cual fue diseñada.

Reparación general: Actividad de mantenimiento realizada a una máquina o equipo en todos sus principales componentes y/o mecanismos para sostener su confiabilidad en el proceso en el cual este trabajando.

Requisición del trabajo: Es el documento usado para solicitar o programar una actividad de mantenimiento.

Restablecimiento: Labor efectuada en un equipo o máquina determinada con el fin de restablecer su buen funcionamiento.

Retroalimentación: Es un indicador importante en temas de mantenimiento, mediante este proceso se puede concluir si las actividades de mantenimiento tuvieron como resultado un fracaso o un total éxito.

Resumen

La creación de este plan de mantenimiento preventivo para la empresa ESGAMO S.A.S, se realizó para identificar y prevenir posibles fallas, de esta manera reducir el número de paradas y los tiempos de las mismas, aplicando una técnica de mantenimiento preventivo llamado sistema L.E.M (Lubricación, eléctrico y mecánica), dicha técnica fue previamente estudiada y acordada junto con el equipo de mantenimiento, operadores, auxiliares para preservar el buen estado y funcionamiento de las máquinas y equipos.

Por otro lado, se evidencia la carencia de un plan de mantenimiento preventivo bien estructurado, por lo cual solo se apoyaban en mantenimientos correctivos, de este modo se realiza una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología 5qs, dividida en 5 fases, la primera es la obtención del diagnóstico de los equipos, en la segunda se proponen estrategias de mantenimiento, la tercera define el desarrollo de las estrategias, el diseño de formatos en gestión de información y el documento de Excel, la cuarta se basa en la medición con base a indicadores de mantenimiento, y por último en la quinta se define la supervisión de los procesos de mantenimiento por medio de la creación de un comité para controlar el desarrollo del plan de mantenimiento y por ende realizar de esta forma ajustes en corto, mediano y largo plazo.

Palabras Clave: Mantenimiento preventivo, lubricación, eléctrico, mecánica, diagnostico, estrategias, gestión.

Abstract

The creation of this preventive maintenance plan for the company ESGAMO SAS, was carried out to identify and prevent possible failures, thus reducing the number of stops and their times, applying a preventive maintenance technique called the LEM system (Lubrication, electrical and mechanical), this technique was previously studied and agreed together with the maintenance team, operators, assistants to preserve the good condition and operation of the machines and equipment.

On the other hand, the lack of a well-structured preventive maintenance plan is evident, for which they only relied on corrective maintenance, in this way a proposal for a preventive maintenance plan based on the 5qs methodology is made, divided into 5 phases , the first is to obtain the diagnosis of the equipment, in the second maintenance strategies are proposed, the third defines the development of the strategies, the design of information management formats and the Excel document, the fourth is based on the measurement based on maintenance indicators, and finally, in the fifth, the supervision of maintenance processes is defined through the creation of a committee to control the development of the maintenance plan and thus make short adjustments, medium and long term.

Key Words: Preventive maintenance, lubrication, electrical, mechanical, diagnosis, strategies, management.

Introducción

ESGAMO S.A.S, es una empresa que cuenta con más de 30 años de experiencia en los procesos de explotación y trituración de materiales pétreos.

La empresa ESGAMO S.A.S no se preocupó por implementar un plan de mantenimiento preventivo, esto, por falta de definir objetivos estratégicos necesarios o falta de conocer y dar importancia al tema, siempre se centraron en los mantenimientos correctivos. Y de esta forma el costo del mantenimiento es elevado. La demanda a lo largo del tiempo va en aumento de forma gradual, pero la empresa no logra dar cumplimiento a sus metas fijadas al inicio del año y una de esas metas es garantizar la entrega de materiales, esto por las constantes paradas inesperadas y la cantidad de tiempos muertos, por lo tanto, la empresa para mejorar sus procesos tiene como necesidad el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo.

Nuestra investigación esta orientada a diseñar y proponer un de plan de mantenimiento preventivo presentado a la planta de trituración ESGAMO S.A.S, la implementación se efectuará por parte de la empresa, logrando mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos claves y así reducir los costos y mejorar el servicio al cliente.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología “5QS” para los equipos y maquinaria críticos de la planta de trituración ESGAMO S.A.S.

1.2 Objetivos Específicos

1. Analizar el estado de las máquinas y equipos críticos de la planta por medio del análisis de criticidad y jerarquización y así obtener un diagnóstico.
2. Sugerir estrategias de mantenimiento preventivo con base en la sistematización de la información y el sistema L.E.M.
3. Diseñar estándares, procedimientos y formatos para la gestión de mantenimiento.
4. Asignar y proponer el mantenimiento preventivo a las máquinas y equipos críticos mediante el apoyo de una base de datos en Excel
5. Efectuar una propuesta para la evaluación de los indicadores de gestión para el proceso de mantenimiento
6. Proponer un comité de mantenimiento periódico para revisar y evaluar los resultados con el fin de establecer posibles ajustes.

2. Justificación

La gran parte del sector industrial, como lo son las compañías y/o fábricas cuentan con una prioridad, la cual es obtener un balance óptimo en rendimiento y producción. Al implementar buenas prácticas de mantenimiento podemos brindarle seguridad y confiabilidad a la empresa, contribuyendo a su economía y bienestar. Al efectuar de manera congruente las estrategias en mantenimiento se logra percibir de manera positiva el mejoramiento y agilidad en los procesos operacionales de la planta, generando así un costo muy por debajo de lo estipulado años anteriores en temas de mantenimiento, siendo esto muy beneficioso para la empresa. La empresa en su trayectoria no ha tomado la iniciativa para el avance y actualización en temas de mantenimiento, quedando estancados en mantenimientos correctivos, ocasionando paradas y pérdidas de gran magnitud, lo que buscamos principalmente en la planta es apoderarnos del mantenimiento preventivo.

Un aspecto de suprema importancia para las empresas es velar o salvaguardar la vida útil de todos sus equipos y maquinaria, esto conlleva el estar muy pendiente de cada una de las máquinas y equipos, mediante el mantenimiento preventivo podemos estar un paso más adelante en dichos procesos, bajando costos, siendo efectivos en la producción y lo más importante, conservar la excelencia en la calidad del producto final (en este caso arenas y triturados).

2.1 Planteamiento del Problema

El crecimiento de toda empresa depende del funcionamiento de sus equipos y del personal que labora en ella para poder elaborar materiales de alta calidad y competitivos en el mercado. Dentro de la empresa ESGAMO S.A.S tiene como actividad giro, rubro principal producción de triturados, arenas y mixtos, se desea reducir problemas en los equipos y maquinaria por falta de ejecutar mantenimientos a tiempo, ya que se han detectado fallas en lo dicho anteriormente que afectan directamente la eficiencia de la planta debido a las paradas inesperadas lo que ocasiona que la empresa pierda tiempo de producción esto por supuesto ocasiona que dicha empresa sea menos eficaz y rentable.

Es por esto que se necesita diseñar un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de mantenimiento “5QS” ya que esta metodología es la ideal para la industria minera. Brindando buenos resultados en su aplicación de manera cíclica con posibles ajustes en su proceso.

El diseño de un plan de mantenimiento preventivo beneficiara a la empresa en aumentar la vida útil de los equipos y la maquinaria, disminuir los paros innecesarios y evitar fallas que afectan directamente la productividad. Además de minimizar el número de posibles accidentes laborales que afecten la integridad de los operadores de la planta ESGAMO S.A.S, por otra parte, se busca mejorar los estándares de calidad en todos y cada uno de los productos finales que ofrece la planta al público.

3. Marco Teórico

3.1 Antecedentes

La Revista de la invención técnica, menciona la metodología “5QS”, Esta metodología se usa para el diseño e implementación de planes de mantenimiento que consta de 5 fases importantes, cada una de ellas cumple un papel esencial para la culminación de la investigación. Estas son, diagnostico, diseño, implementación, medición, mejoramiento. Desarrollando a cabalidad estas fases se puede concluir satisfactoriamente con el plan de mantenimiento. [1]

Sistemas de mantenimiento. Planeación y control, este libro trata de la entrega de conocimiento en temas de mantenimiento, enfocado en implementar actividades de manera óptima, mejorando positivamente los procesos industriales. De la mano de la perspectiva ingenieril, estadística e investigación. [2]

Organización y gestión integral de mantenimiento, este libro trata de la aplicación de técnicas de mantenimiento en pro de mejorar procesos en la industria, lo que conlleva la mejora del departamento de mantenimiento, además de transmitir el conocimiento para el diseño de un plan de mantenimiento y el análisis de sus equipos para buscar su mejoramiento. [3]

Mantenimiento. Planeación, ejecución y control, este libro trata fundamentalmente en la implementación de cuatro niveles que son de suma importancia. De este modo poder ejecutar, planear, coordinar y controlar de forma efectiva actividades y labores de mantenimiento que incentiven el mejoramiento en la producción. [4]

Gestión Del Mantenimiento, este libro trata de aspectos esenciales en temas de mantenimiento, como lo son los objetivos, las estrategias y las responsabilidades. De esta forma se puede diseñar un plan de mantenimiento acorde a la necesidad de la empresa o activo, con esto se evidencia la implementación y las buenas prácticas en la gestión y organización del mantenimiento. [5]

En este proyecto de grado se plantea el diseño de un plan de mantenimiento preventivo implementando la metodología de manteniendo RCM, en busca de preservar y alargar la vida útil de los equipos con los que cuenta la empresa Agro orgánicos S.A.S. De este modo ir disminuyendo paulatinamente el uso de mantenimientos correctivos que solo ocasionan pérdidas económicas y afectación en las máquinas. [6]

En este proyecto de investigación se plantea una propuesta de implementar un programa integral de mantenimiento para el sector agroindustrial, el enfoque principal del proyecto es mejorar los estándares de calidad, operación confiable y costos en intervención, también reducir el tiempo improductivo de los equipos, obteniendo así indicadores que reflejen los resultados de la investigación. [7]

En este proyecto de grado realizaron una propuesta de implementar un plan de mantenimiento para el parque automotor de la empresa L&L, como objetivo principal es fomentar el mantenimiento preventivo, de esta forma bajar los índices de aplicación en mantenimientos correctivos. Mediante esto se daría cumplimiento al objetivo el cual es alargar la vida útil de los vehículos y proteger los mecanismos de los antes mencionados. [8]

En este proyecto se analiza y se propone un plan de mantenimiento preventivo para la empresa latercer s.a.c, con el fin de mejorar esos vacíos en temas de mantenimiento,

dejando a un lado la implementación de mantenimientos correctivos, al realizar dicha tarea en cada máquina para la fabricación de ladrillos, se pudo notar que gracias al mantenimiento preventivo se aumentó la elaboración de ladrillos un 12% en toda la línea de producción. [9]

En este proyecto se habla de implementar un plan de mantenimiento a la maquinaria pesada y equipos en la zona vial No. 14, la cual es usada para la construcción de carreteras. El fin del plan de mantenimiento es preservar en gran parte la vida útil de todos los equipos y máquinas, resaltando que al ejecutar mantenimientos preventivos se estarían bajando costos y previniendo fallas prematuras. [10]

En este proyecto se plantea implementar un plan de mantenimiento preventivo a la empresa Moraly, principalmente a las máquinas para la fabricación de calcetines, se quiere mejorar los niveles de producción y además capacitar el personal en buenas prácticas de mantenimiento preventivo para ser más efectivos y eficaces. [11]

3.2 Marco Conceptual

3.2.1 Ingeniería de mantenimiento

El mantenimiento es una de las ciencias más importantes que se estudia dentro del campo de la ingeniería mecánica, electromecánica e industrial, entre otras. Es por esto que a lo largo de la historia los ingenieros han trabajado fuertemente en diseñar diferentes técnicas para realizar una buena gestión de mantenimiento, esto con el fin de lograr optimizar los diferentes equipos, procesos e incluso los presupuestos.

La ingeniería de mantenimiento tiene como objetivo general controlar favorablemente todos los indicadores de mantenimiento: (Confiabilidad, disponibilidad y

mantenibilidad). Esto por supuesto que con lleva a tener un alto rendimiento en los equipos y que a su vez se obtendrá una mejora significativa en el rendimiento de la producción de las empresas, lo que hace que finalmente las empresas sean más rentables. [12]

3.2.2 Historia del mantenimiento

El nacimiento del mantenimiento tiene como inicio en el preámbulo de la revolución industrial, este acontecimiento surgió en gran Bretaña, para ser más precisos fue en la segunda mitad del siglo XVIII, al pasar los años se expandió en mayor proporción por América Anglosajona y Europa occidental. Para dar final a este suceso en las décadas de 1820 y 1840. En la gran parte de la zona industrial, los operadores jugaban un papel muy importante en temas de mantenimiento, ya que ellos eran los protagonistas en estas actividades diarias, momentáneamente que fue en aumento la adquisición de nueva maquinaria, por ende, era mucho más sofisticada, manifestándose así la gran necesidad de crear un grupo o departamento que supliera dicha necesidad y se pudieran desarrollar temas de mantenimiento a cabalidad en tiempo real y oportuno.

Para mejorar el mantenimiento en gran parte aparece un nuevo término llamado fiabilidad, este desarrollo se efectuó durante la segunda guerra mundial (1936-1945). Se puede definir este proceso como el buen y efectivo funcionamiento de la máquina sometida a una jornada laboral en una actividad previamente determinada. [3]

3.2.3 Objetivos del mantenimiento

De acuerdo con [13] los principales objetivos que se esperan en el mantenimiento son:

- Reducir notablemente las fallas, buscando la solución lo más pronto si llegasen a presentar

- Minimizar el porcentaje de daño en posibles fallas difíciles de remediar
- Evitar las paradas innecesarias en los equipos.
- Minimizar el número de accidentes.
- Incentivar la seguridad laboral.
- Controlar y programar las actividades
- Preservar los equipos.

3.2.4 Funciones del mantenimiento

De acuerdo con [14] Al hablar de temas de mantenimiento, podemos nombrar y resaltar sus funciones básicas como lo es preservar los altos índices de producción de todas y cada una de las máquinas y equipos, cumpliendo a cabalidad todas las actividades y operaciones diarias que realicen en las debidas empresas o fábricas. Para que este proceso salga satisfactorio hay una serie de lineamientos que hay que tener en cuenta. Como lo son, el tipo de rubro, su tamaño, reglamentos internos y por último el chequeo de los niveles de producción.

En temas de mantenimiento la asignación de actividades y la aplicación del plan de mantenimiento es una decisión exclusiva por la empresa. Entre ellas tenemos:

- Que la maquinaria en su totalidad esté disponible y operativa.
- Realizar el seguimiento del buen funcionamiento de cada máquina y analizar su disponibilidad.
- Crear el cronograma de actividades del área de mantenimiento, esto con el fin de minimizar daños inesperados.
- Al pasar el tiempo, se debe rediseñar los formatos de los procesos realizados en cada máquina y equipo.

- Es demasiado importante dar cumplimiento a las tareas pautadas en la planta para cada una de las máquinas.

3.2.5 ¿Por qué gestionar un plan de mantenimiento?

Gestionar un plan de mantenimiento es fundamental para todo tipo de empresa, con esto se busca aumentar la vida útil de los equipos o máquinas, para esto en [6] se definen objetivos, políticas y se deben conocer oportunidades de mejora.

- Debido a la competencia que existe hoy día esto obliga a rebajar costes. También es necesario mejorar el empleo de la mano de obra y el consumo de materiales.
- Se debe analizar la cantidad de técnicas que últimamente se originan, ya que toda empresa debe realizar estudios para saber si estas técnicas conllevan al mejoramiento de los resultados. También para analizar cómo se podrían desarrollar porque han surgido gran multitud de técnicas que es necesario analizar, en el caso de que lleguen a ser de aplicación.
- En los departamentos de mantenimiento es necesariamente tener estrategias, aplicar directrices, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección.
- La calidad, la seguridad y las interrelaciones con el medioambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria importancia en la gestión industrial.

3.3 Metodología de Mantenimiento “5QS”

La metodología denominada “5QS” consta de una propuesta para el diseño e implementación de un programa integral de mantenimiento, en el sector de producción agroindustrial y minera en Colombia.

La estructura de la metodología “5QS” tiene como prioridad los aspectos relacionados con la organización, la administración, las técnicas de planificación y ejecución del mantenimiento, todo el personal encargado del mantenimiento de la planta como lo son, ingenieros, directivos, operarios, tienen como propósito enfocarse en garantizar la confiabilidad y rentabilidad de los equipos y máquinas, disminuir los costos al momento de la intervención y tiempo improductivo, como también aumentar los niveles de productividad y calidad de la producción. Todo esto se debe tener presente en el momento de gestionar el plan de mantenimiento, finalmente los indicadores se deben proporcionar ya que estos son claves para el logro de la gestión de mantenimiento. [7] La metodología “5QS” se representa de la siguiente forma.

Figura 1. Evaluación integral del plan de mantenimiento mediante “5QS”.



Nota. Fuente: García Monsalve, (2006).

Esta metodología “5QS” se construye con base en las respuestas dadas a los interrogantes planteados en cada una de las cinco fases que las constituyen

- 1) fase de diagnóstico, 2) fase de diseño, 3) fase de implementación, 4) fase de medición y 5) fase de mejoras.
- También se proponen las siguientes actividades complementarias como requisitos para su ejecución.

Mencionando las fases, de acuerdo con [7] estas son:

3.3.1 Fase uno – fase de diagnóstico

En esta fase se debe de hacer un estudio y evaluación inicial de los recursos potenciales de la empresa como lo son: equipos, maquinaria, almacenes, inversiones, repuestos, y personal, también evaluar las políticas, objetivos, alcances, visión, misión, para mostrar la realidad de la empresa y también destinar la organización para el mantenimiento de sus activos fijos.

3.3.2 Fase dos – fase de estrategias y diseño

Al haber realizado el diagnóstico para tener conocimiento en los recursos potenciales de la empresa se procede al diseño, este mismo permite diseñar o seleccionar un plan apropiado para la gestión de mantenimiento, herramientas de gestión técnica y administrativas como los son las estrategias de mantenimiento. Con esto se puede mostrar coherencia con las políticas y visión de la empresa, para la ejecución correcta en la actividad de mantenimiento.

3.3.3 Fase tres – fase de implementación

En esta fase se inicia con la búsqueda de toda la información técnica disponible para los equipos, máquinas, instalaciones, personal, repuestos, reparaciones, entre otras.

También se elabora todos los documentos de trabajo como ordenes de trabajo, fichas técnicas, pre operacionales, procedimientos, solicitud de repuestos, costos de mantenimiento, otros reportes de mantenimiento, historiales, informes periódicos de gestión, programación, entre otros.

3.3.4 Fase cuatro – fase de medición

En esta fase se procede a definir los indicadores de gestión, tales como. Disponibilidad, Confiabilidad y mantenibilidad para su posterior medición por parte de la empresa. El cálculo de estos indicadores es clave para comprender el desempeño de un equipo o una planta productiva.

3.3.5 Fase cinco – fase de mejoramiento

En esta fase se hace una evaluación global a las herramientas gerenciales que tiene la organización, la cual se apoya en los indicadores de gestión y conlleva a hacer ajustes globales al proyecto, esto permite mejorar de forma continua el proceso de mantenimiento. En las industrias sus procesos de mejoramiento son las auditorías internas o externas de mantenimiento.

3.4 Clasificación y Tipos de Mantenimiento

En la actualidad los temas de mantenimiento están cada vez más avanzados para el mejoramiento de los procesos industriales, para brindar una mayor cantidad de soluciones a los inconvenientes y posibles problemas que se presentan dentro de la empresa. La principal tarea de los tipos de mantenimiento es el enfoque en reducir las fallas inesperadas y preservar la vida útil de las máquinas y equipos, algunos tipos en especial se enfocan en

ejecutar las debidas reparaciones que se presentan en las máquinas y equipos en el momento de la falla. [14]

Los tipos de mantenimiento son:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento correctivo no planificado
- Mantenimiento correctivo planificado
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento programado
- Mantenimiento productivo total (TPM)

3.4.1 Mantenimiento correctivo

Este es el tipo de mantenimiento realizado en las máquinas o equipos al presentarse la falla para buscar una solución oportuna, esta labor se implementa cuando una línea importante dentro de una empresa o alguna máquina en general interrumpe una actividad importante y por ende hay que parar dicho proceso. Como se dice con anterioridad el mantenimiento correctivo da solución a fallas inesperadas, esto ocasiona un costo extra en el equipo de trabajo y posibles piezas de recambio para el área de mantenimiento ya que esto no es planificado. [14]

3.4.2 Mantenimiento correctivo no planificado

Para esta labor de mantenimiento ya debe estar en efecto la falla en particular, se debe actuar rápido para reducir la afectación en la línea de producción, en la aparición de accidentes laborales o posibles daños más grandes. [14]

3.4.3 Mantenimiento correctivo planificado

Este tipo de mantenimiento está relacionado con analizar las fallas y averías presentadas con anterioridad en las máquinas para tener la capacidad de proveer nuevas posibles fallas o daños en la máquina por los mismos sucesos. Teniendo en cuenta esto, el trabajo hay que ejecutarlo en el menor tiempo posible ya que dicha actividad ya se planificó con anterioridad. Para la realización de esta labor se debe programar la parada de la máquina, no obstante, se debe evaluar la máquina en todos sus mecanismos y componentes para determinar posibles fallas y así tener un mayor aprovechamiento en la parada de la máquina. [14]

3.4.4 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que se implementa de forma periódica para preservar el buen funcionamiento de los componentes de la máquina y por supuesto alarga la vida útil de la misma, analizando sus fallas pasadas y realizando su debido estudio. Inicialmente este proceso debe arrancar con un programa de planificación, con su objetivo principal de minimizar la cantidad de averías o posibles fallas que afecten directamente a la línea de producción ocasionando pérdidas económicas.

Al realizar buenas prácticas de mantenimiento preventivo se necesita de un excelente equipo de trabajo dentro de la empresa, esto es esencial para tener éxito en el proceso, se debe implementar una buena técnica en el momento de enseñar la necesidad de implementar dicho proceso a la gerencia, esta decisión es de vital importancia para la autorización y por consiguiente el desarrollo de las actividades pertinentes. Es requerido un amplio conocimiento en los temas internos de la organización, como lo son, sus técnicas, políticas, reglamentos internos, metodología, el proceso de aplicación y por último su

sistema de gestión, para el desarrollo del objetivo principal del plan de mantenimiento el cual busca minimizar los tiempos de parada por fallas inesperadas y reducir el costo de mantenimiento para la entrega de productos de calidad. En el momento que esté conformado el grupo de trabajo para el programa de mantenimiento se plantea las actividades a trabajar, al implementar el proceso se debe hacer de forma periódica, ya que al ir desarrollando el proceso se van evidenciando posibles correcciones que se puede mejorar. [14]

3.4.5 Mantenimiento predictivo

En este tipo de mantenimiento se trabaja principalmente en la detección de las averías o fallas de las máquinas o equipos antes de que puedan suceder, de este modo poder ejecutar actividades de mantenimiento sin detener la línea de producción. Gracias al seguimiento e inspección de forma programada se puede cumplir con este proceso. [14]

3.4.6 Mantenimiento programado

Este tipo de mantenimiento tiene mucha similitud con los mantenimientos preventivos y predictivos, tomando puntos importantes de cada uno y así poder realizar una actividad de mantenimiento programada con antelación. [14]

3.4.7 Mantenimiento productivo total (TPM)

La metodología TPM es de mucha ayuda para el sector industrial, ya que al implementar esta técnica se puede llegar a tener todo el conjunto de máquinas y equipos en las mejores condiciones para ser efectivos en la línea de producción, al hablar de TPM se entiende que es el ejercicio de usar diversas técnicas de administración que con lleva a

mejorar la productividad en la empresa, con el propósito principal de aportar beneficios a la empresa y que puedan cumplir sus objetivos ya estipulados. [14]

3.5 Indicadores de Gestión de Mantenimiento

Cuando se inicia cualquier tipo de actividad es de suma importancia definir una serie de indicadores que permita evaluar el desempeño de las operaciones que cuantifiquen la eficacia y eficiencia de dichas actividades. También permite evaluar la evolución a lo largo del tiempo y tener claro los objetivos hacia la mejora. [15]

Dentro de los indicadores de gestión de mantenimiento encontramos.

- Disponibilidad
- Confiabilidad
- Mantenibilidad

3.5.1 Disponibilidad

Se define como la capacidad que tiene una máquina o equipo para que funcione en óptimas condiciones en el instante que sea requerido en un periodo de tiempo determinado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo total de operación}}{\text{Tiempo total de operación} + \text{tiempo total de parada}}$$

La disponibilidad por fallas se define de forma más práctica a través de los tiempos medios entre fallos, la sumatoria del tiempo de paradas imprevistas e incidentes de la maquinaria. [15]

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo medio entre fallos}}{\text{tiempo medio entre fallos} + \text{tiempo medio de reparación}}$$

3.5.2 Confiabilidad

“Es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para el cual fue diseñado, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operaciones dadas.

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

Tiempo promedio entre falla: Mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio” [16]

$$TPEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

Ecuación 2: Confiabilidad

Donde:

TPEF = Tiempo promedio entre fallas (Confiabilidad)

HROP = Horas de reparación

NTFALLAS = Número de fallas detectadas

3.5.3 Mantenibilidad

“Es la probabilidad que en un tiempo determinado un equipo en situación de fallo, proceda a la reparación utilizando unos recursos determinados, la media de tiempos de reparación (TPPR) caracteriza la mantenibilidad del equipo.

Tiempo promedio para reparación: Relación entre el tiempo total de intervención correctiva y el número total de fallas detectadas, en el periodo observado. La relación existente entre el tiempo promedio entre fallas debe estar asociada con el cálculo del tiempo promedio para la reparación.”. [16]

$$TPPR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$$

Ecuación 3: Mantenibilidad

Donde:

TPPR = Tiempo promedio para reparación

TTF = Tiempo total de fallas

NTFALLAS = Número de fallas detectadas

3.5.4 Indicadores de gestión

Reflejan la situación de los trabajos de mantenimiento en determinado período de tiempo, como, por ejemplo:

Figura 2. *Indicadores de gestión “5QS”.*

$$\text{Horas de Mantenimiento} = \frac{\text{horas hombre de mantenimiento planeado}}{\text{horas hombre totales de mantenimiento}} * 100$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = \frac{\text{costo total de mantenimiento planeado}}{\text{costo total de mantenimiento}} * 100$$

Nota. Fuente: García Monsalve, (2006).

3.5.5 Indicadores de planeación

Son herramientas para la planeación y para la evaluación de los programas realizados, como, por ejemplo:

Figura 3. *Indicadores de planeación*

$$\text{Trabajos terminados} = \frac{\text{trabajos terminados}}{\text{trabajos programados}} * 100$$

$$\text{Índice de rendimiento} = \frac{\text{horas hombre prevista}}{\text{horas hombre reales}} * 100$$

Nota. Fuente: García Monsalve, (2006).

3.5.6 Indicadores de fiabilidad y mantenimiento

Figura 4. *Indicadores de fiabilidad y mantenimiento*

$$\text{Frecuencia de fallos} = \frac{\text{número total de paradas por}}{\text{tiempo de carga}}$$

$$\text{Tiempo medio entre fallos (mtbf)} = \frac{\text{tiempo total de operación}}{\text{número de paradas}}$$

$$\text{Tiempo medio para la reparación (mtrr)} = \frac{\text{tiempo total de parada}}{\text{número de paradas}}$$

Nota. Fuente: García Monsalve, (2006).

3.6 Marco Referencial

3.6.1 Descripción de la empresa

- Reseña histórica
- Ubicación de la empresa
- Misión
- Visión
- Política de calidad

3.6.2 Reseña histórica

ESGAMO S.A.S, nace en Bucaramanga en abril de 1990, siendo así una multinacional que cuenta con sedes en diversos puntos cardinales a lo largo del territorio nacional, como lo es en Bucaramanga, Bogotá, Cambao y Alvarado, de este modo se presenta una respuesta a la necesidad de los ingenieros, arquitectos y constructores de encontrar alternativas rentables y eficientes que mejoren la calidad y el resultado final en sus obras.

Es una empresa ubicada en el Km 2 vía Alvarado – Mariquita, en la ciudad de Alvarado, dedicada a la extracción, transformación, selección y comercialización de materiales pétreos de la más alta calidad para la construcción de vías y obras civiles.

3.6.3 Ubicación de la empresa

Km 2 vía Alvarado – mariquita – 4.587725678476784, -74.943694610991.

Figura 5. Ubicación de la Empresa



Nota: Fuente: Google maps

3.6.4 Misión

Contribuir a las obras civiles y producir los materiales que requieren los clientes en la industria de la construcción, de manera oportuna, eficaz y segura.

3.6.5 Visión

ESGAMO S.A.S. en el año 2025 será una empresa líder en el ámbito nacional, con una mayor solidez, buscando siempre satisfacer las necesidades de nuestros clientes, investigando y desarrollando alternativas de negocios a través del trabajo interdisciplinario y empleando la tecnología adecuada. Nuestro éxito será el resultado de la utilización de equipo propio y adecuado para cada actividad, personal idóneo comprometido con el mejoramiento continuo, materia prima óptima, procesos efectivos y seguros.

3.6.6 Política de calidad

Ofrecer materiales de excelente calidad, implementando y manteniendo reglas que aseguren la calidad de los productos, brindando confianza y respaldo a todos y cada uno de sus clientes. De este modo se aumenta el nivel de efectividad de la empresa y por ende mejorar notablemente los procesos industriales en la línea de producción.

3.7 Productos

ESGAMO S.A.S cuenta con un diverso portafolio de productos pétreos con excelentes estándares de calidad.

Los cuales son:

- Triturado de 1/2
- Triturado de 3/4
- Mixto de 1/2

- Mixto de 3/8
- Arena lavada

3.7.1 Triturado de 1/2

Esta clase de material es el resultado del proceso de trituración, en la que se tritura las rocas sobredimensionadas hasta lograr hacer pasar las rocas por una malla certificada, con un hueco pasa $\frac{3}{4}$ retiene $\frac{3}{8}$. Seguidamente, después de un proceso de lavado se garantiza que la medida de dicho triturado es completamente exacta en este caso triturado de $\frac{1}{2}$.

3.7.2 Triturado de 3/4

Esta clase de material es el resultado del proceso de trituración, en la que se tritura las rocas sobredimensionadas hasta lograr hacer pasar las rocas por una malla certificada, con un hueco pasa 1" retiene $\frac{3}{4}$, este proceso garantiza que la medida de dicho triturado es completamente exacta en este caso triturado de $\frac{3}{4}$.

3.7.3 Mixto de 1/2

Esta clase de material es el resultado del proceso de trituración, en la que se tritura las rocas sobredimensionadas hasta lograr hacer pasar por una malla certificada, con un hueco pasa $\frac{3}{4}$ retiene $\frac{3}{8}$, este proceso garantiza que la medida de dicho triturado es completamente exacta en este caso mixto de $\frac{1}{2}$.

3.7.4 Mixto de 3/8

Esta clase de material es el resultado del proceso de trituración, en la que se tritura las rocas sobredimensionadas hasta lograr hacer pasar por una malla certificada, con un

hueco pasa 1/2, este proceso garantiza que la medida de dicho triturado es completamente exacta en este caso triturado mixto 3/8.

3.7.5 Arena lavada

Esta clase de material es el resultado del proceso de trituración, en la que se tritura las rocas sobredimensionadas hasta lograr hacer pasar por una malla certificada, con un hueco pasa $\frac{3}{4}$ retiene 3/8. Seguidamente, después de un proceso de lavado se separa el triturado y la arena teniendo como resultado final la arena lavada.

3.8 Descripción de los Equipos

3.8.1 Trituradora trio

Sector de triturado de materiales pétreos es un ensamble de dispositivos tanto mecánicos como eléctricos que trabajan en conjunto con el fin de sacar diferentes productos como lo son: triturado mixto de $\frac{1}{2}$ ", triturado mixto de $\frac{3}{8}$ ", triturado de $\frac{3}{4}$. Esta trituradora es de origen americano y el consumo eléctrico es de 250 A y tiene una capacidad de producción de 160 M³ al día.

Consiste en acopiar crudo en una tolva por medio de un cargador frontal de llantas. El material es impulsado a la primaria (muela fija, muela móvil) de la trio por medio de un vibro, La primaria es la encargada de fraccionar las rocas sobredimensionadas, seguido a esto se desplaza gracias a las bandas transportadoras las cuales están impulsadas por un sistema electromecánico los cuales son un motor eléctrico o motor reductor y un sistema mecánico de piñones, cadenas o poleas y correas según sea el caso, el material sigue su rumbo por medio de la banda principal hasta llegar a la zaranda clasificadora la cual es la

encargada de clasificar el triturado, la clasificación se da por medio de mallas de 1”(retorno), 3/4” (triturado $\frac{3}{4}$) , 3/8” (triturado $\frac{1}{2}$) y arena de trituración pasa 3/8. Finalmente, el material es desalojado por las bandas transportadoras.

Figura 6. Trituradora Trio



Nota: Fuente Autoría Propia

3.8.2 Trituradora Parker

Sector de triturado de materiales pétreos es un ensamble de dispositivos tanto mecánicos como eléctricos que trabajan en conjunto con el fin de sacar diferentes productos como lo son: Base triturada, sub base triturada y piedra filtro. Esta trituradora es de origen alemán y el consumo eléctrico es de 150 A y tiene una capacidad de producción de 250 M³ al día.

Consiste en acopiar crudo en una tolva por medio de un cargador frontal de llantas. El material es impulsado a la primaria (muela fija, muela móvil) de la parker por medio de rodillos, los rodillos son los encargados de fraccionar las rocas sobredimensionadas,

seguido a esto se desplaza gracias a las bandas transportadoras las cuales están impulsadas por un sistema electromecánico los cuales son un motor eléctrico o motor reductor y un sistema mecánico de piñones, cadenas o poleas y correas según sea el caso, el material sigue su rumbo por medio de la banda principal hasta llegar a la zaranda clasificadora la cual es la encargada de clasificar el triturado, la clasificación se da por medio de mallas de 2"-1/2 (base), 1"-1/2(sub base), y 3/4" (piedra filtro). Finalmente, el material es desalojado por las bandas transportadoras.

Figura 7. Trituradora Parker



Nota: Fuente Autoría Propia

3.8.3 Lavadora

Sector de lavado de materiales pétreos es un ensamble de dispositivos tanto mecánicos como eléctricos que trabajan en conjunto con el fin de separar la arena del triturado, antes de la separación se lava previamente el triturado mixto de 1/2" o 3/8" para

obtener el triturado con excelente calidad. Esta lavadora es de origen Artesanal y el consumo eléctrico es de 65 A y tiene una capacidad de producción de 120 M³ al día.

Consiste en almacenar el triturado mixto en una tolva con una capacidad de 2.5 M³ por medio de un cargador frontal de llantas. Seguido a esto se desplaza gracias a las bandas transportadoras las cuales están impulsadas por un sistema electromecánico los cuales son un motor eléctrico o motor reductor y un sistema mecánico de piñones, cadenas o poleas y correas según sea el caso, el material sigue su rumbo hasta llegar a la zaranda clasificadora la cual es la encargada de clasificar el triturado y la arena, la clasificación se da por medio de mallas de ¼” por donde se desplaza el material y un sistema de lavado de forma pulverizada, el cual es accionado por las motobombas que envían el fluido que se encuentran en los tanques. Finalmente, el material es desalojado por las bandas transportadoras.

Figura 8. Lavadora



Nota: Fuente Autoría Propia

3.8.4 Planta generadora Cummins

Este equipo es una planta generadora de energía eléctrica de la marca cummins de origen estadounidense, dicha planta cuenta con un motor de combustión interna Diesel capaz de entregar 605 HP, la planta tiene acoplado al motor de combustión un generador de energía de la misma marca, con la capacidad de generar una potencia de 400 kW, de este modo ya conociendo sus componentes y entregas de potencia podemos decir que es de suma importancia para la planta porque es la encargada de suministrar la energía requerida para un importante equipo el cual es, la trituradora trio.

Figura 9. *Planta Generadora Cummins*



Nota: Fuente Autoría Propia

3.8.5 Planta generadora Caterpillar

Este equipo es una planta generadora de energía eléctrica marca Caterpillar de origen estadounidense, dicha planta cuenta con un motor de combustión interna Diesel de la serie 3406, capaz de entregar 412 HP, la planta tiene acoplado al motor un generador de energía de la misma marca, con la capacidad de generar una potencia de 275 kW, de este modo ya conociendo sus componentes y entregas de potencia podemos decir que es de suma importancia para la planta porque es la encargada de suministrar la energía requerida para dos importantes equipos los cuales son, la trituradora parker y lavadora.

Figura 10. *Planta Generadora Caterpillar*



Nota: Fuente Autoría Propia

3.8.6 Retroexcavadora (324D)

Esta máquina es una retroexcavadora montada sobre orugas de la marca Caterpillar de la serie 324D. Cuenta con un motor de combustión interna Diesel de la serie C7 de la marca Caterpillar de origen estadounidense capaz de entregar 190 HP, dicha máquina cuenta con un balde que tiene una capacidad de 1.8 metros cúbicos, sus secciones del brazo tienen un alcance de 6Mts.

Sin duda es una de las máquinas más importantes para la planta en la línea de producción en el área de maquinaria pesada, ya que cumple una labor exhaustiva en la explotación y recolección de la materia prima para el proceso de trituración, en este caso esta materia prima es llamada “crudo”, es la mezcla entre arenas y diferentes tipos de piedra con diversos tamaños.

Figura 11 Retroexcavadora (324D)



Nota: Fuente Autoría Propia

3.8.7 Cargador frontal de llantas (930H)

Esta máquina es un cargador frontal de llantas de la marca Caterpillar de la serie 930H. Cuenta con un motor de combustión interna Diesel de la serie C6.6 de la marca Caterpillar de origen estadounidense capaz de entregar 190 HP, dicha máquina cuenta con un balde que tiene una capacidad de 2 M³.

Los cargadores frontales de llantas cumplen una actividad de suprema importancia para toda la planta, dichas máquinas desarrollan diversas labores en sus actividades diarias, las cuales son. Alimentar las tolvas de las trituradoras trio y parker, también la tolva de la lavadora la cual transforma el mixto de media para dar entrega al producto final que es triturado de media y arena lavada. La otra actividad importante es el cargue de las volquetas sencillas, volquetas de doble troque y tracto mulas con el producto final de su preferencia.

Figura 12. *Cargador frontal de llantas (930H)*



Nota: Fuente Autoría Propia

3.8.8 Cargador frontal de llantas (950F)

Esta máquina es un cargador frontal de llantas de la marca Caterpillar de la serie 950F. Cuenta con un motor de combustión interna Diesel de la serie 3116 de la marca Caterpillar de origen estadounidense capaz de entregar 230 HP, dicha máquina cuenta con un balde que tiene una capacidad de 3 metros cúbicos.

Los cargadores frontales de llantas cumplen una actividad de suprema importancia para toda la planta, dichas máquinas desarrollan diversas labores en sus actividades diarias, las cuales son. Alimentar las tolvas de las trituradoras trio y parker, también la tolva de la lavadora la cual transforma el mixto de media para dar entrega al producto final que es triturado de media y arena lavada. La otra actividad importante es el cargue de las volquetas sencillas, volquetas de doble troque y tracto mulas con el producto final de su preferencia.

Figura 13. Cargador Frontal de llantas (950F)



Nota: Fuente Autoría Propia

3.8.9 Volquetas de doble troque (*International*)

Estos vehículos son volquetas de doble troque trasero de la marca International de la serie workstar. Cuenta con un motor de combustión interna Diesel de la serie ISM de la marca Cummins de origen estadounidense capaz de entregar 336 HP, dicho vehículo cuenta con un volco el cual tiene una capacidad de 15 M³.

Estos vehículos para carga pesada cumplen un papel importante en la planta, los cuales tienen diversas actividades como el transporte del crudo desde el título minero hasta la parte alta de la planta descargando en el punto de acopio de dicha materia prima. Por otro lado, realizan entregas del producto final en todo el departamento del Tolima según sea el material de la preferencia del cliente. Para la actividad de explotación cada volqueta puede llegar a trasladar en el día hasta 400 M³ de materia prima, (crudo).

Figura 14. Volqueta de doble troque (*International*)



Nota: Fuente Autoría Propia

3.8.10 Volquetas de doble troque (Kodiak)

Estos vehículos son volquetas de doble troque trasero de la marca Chevrolet de la serie Kodiak. Cuenta con un motor de combustión interna Diesel de la serie 3126 de la marca Caterpillar de origen estadounidense capaz de entregar 250 HP, dicho vehículo cuenta con un volco el cual tiene una capacidad de 14 M³.

Estos vehículos para carga pesada cumplen un papel importante en la planta, los cuales tienen diversas actividades como el transporte del crudo desde el título minero hasta la parte alta de la planta descargando en el punto de acopio de dicha materia prima.

Por otro lado, realizan entregas del producto final en todo el departamento del Tolima según sea el material de la preferencia del cliente. Para la actividad de explotación cada volqueta puede llegar a trasladar en el día hasta 400 M³ de materia prima, (crudo).

Figura 15. Volqueta de doble troque (Kodiak)



Nota: Fuente Autoría Propia

4. Desarrollo del Proyecto

4.1 Metodología de Desarrollo

La metodología para la elaboración del proyecto se desarrolla en 5 fases en base a la metodología de las “5QS”. [7]

4.1.1 Fase 1:

En esta fase se debe de hacer un estudio y evaluación inicial de los recursos potenciales de la empresa como lo son: equipos, maquinaria, almacenes, inversiones, repuestos, y personal, también evaluar las políticas, objetivos, alcances, visión, misión, para mostrar la realidad de la empresa y también destinar la organización para el mantenimiento de sus activos fijos.

4.1.2 Fase 2:

Al haber realizado el diagnóstico para tener conocimiento en los recursos potenciales de la empresa se procede al diseño, este mismo permite diseñar o seleccionar un plan apropiado para la gestión de mantenimiento, herramientas de gestión técnica y administrativas como lo son las estrategias de mantenimiento. Con esto se puede mostrar coherencia con las políticas y visión de la empresa, para la ejecución correcta en la actividad de mantenimiento.

4.1.3 Fase 3:

En esta fase se inicia con la búsqueda de toda la información técnica disponible para los equipos, máquinas, instalaciones, personal, repuestos, reparaciones, entre otras.

También se elabora todos los documentos de trabajo como ordenes de trabajo, fichas técnicas, pre operacionales, procedimientos, solicitud de repuestos, costos de mantenimiento, otros reportes de mantenimiento, historiales, informes periódicos de gestión, programación, entre otros.

4.1.4 Fase 4:

En esta fase se procede a definir los indicadores de gestión, tales como. Disponibilidad, Confiabilidad y mantenibilidad para su posterior medición por parte de la empresa. El cálculo de estos indicadores es clave para comprender el desempeño de un equipo o una planta productiva.

4.1.5 Fase 5:

En esta fase se hace una evaluación global a las herramientas gerenciales que tiene la organización, la cual se apoya en los indicadores de gestión y conlleva a hacer ajustes globales al proyecto, esto permite mejorar de forma continua el proceso de mantenimiento. En las industrias sus procesos de mejoramiento son las auditorías internas o externas de mantenimiento.

Fase 1

4.2 Descripción del Proceso

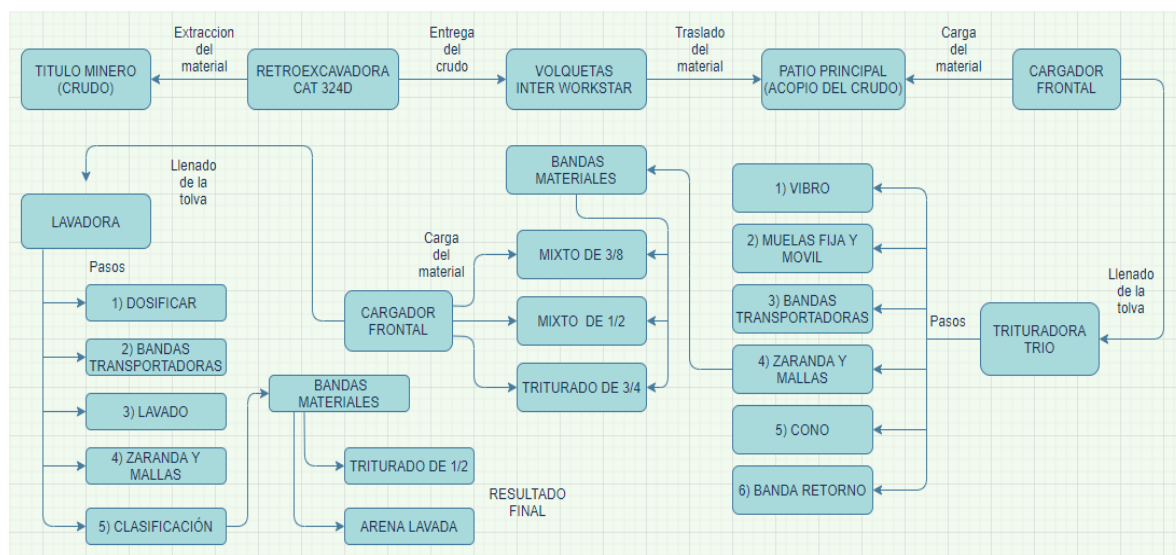
El proceso inicia en el titulo minero, en ese punto específico la retroexcavadora extrae el crudo, el material antes mencionado es una mezcla de arena y piedras de diferentes tamaños siendo así la materia prima la cual es trasladada por volquetas de doble

troque desde el título minero hasta el patio principal de la planta donde se encuentra el punto de acopio de dicha materia prima, después el cargador frontal de llantas selecciona y carga el material que se encuentre lo más seco posible, esta selección se deja a partir de la experiencia del operador, el cargador procede a llenar la tolva de la trituradora trio. Después la maquina hace el debido paso a paso el cual es trasladar el material que se encuentra en la tolva por medio de un vibro hacia la abertura donde se encuentran las muelas fija y móvil que tienen como finalidad moler las piedras en una primera parte y entregarlas a una banda transportadora la cual descarga el material en una zaranda que contiene varios tipos de mallas que tienen medidas específicas para realizar el debido filtro para cada tipo de material, ese proceso se repite para aquellas piedras que no cumplen con las medidas requeridas, por esta razón caen a otra banda transportadora que dirige el material a otro mecanismo llamado cono, el cual se encarga de darle un segundo proceso de molido a las piedras para buscar el tamaño ideal, cuando se logra ese proceso el material es trasladado por una última banda transportadora que entrega el material a la banda principal para después ser ingresado a la zaranda y pasar por las mallas dando por terminado el proceso de selección. Después se separan en tres tipos de material, los cuales son. Mixto de $\frac{3}{8}$, mixto de $\frac{1}{2}$ y triturado de $\frac{3}{4}$. En el caso del mixto de $\frac{3}{8}$ y el triturado de $\frac{3}{4}$ se entrega a la respectiva volqueta por medio del trabajo del cargador frontal, tal cual como salen de la trituradora, pero con el mixto de $\frac{1}{2}$ existe un segundo proceso. El cargador frontal carga el material el cual es mixto de $\frac{1}{2}$ y se dirige a la lavadora para posteriormente descargarlo en su tolva, el material cae a una banda transportadora horizontal, la cantidad de material la dosifica el operador encargado, después el material cae a otra banda transportadora la cual es inclinada que sube el material a una zaranda que también contiene mallas con una

medida específica para su respectiva clasificación. En este proceso el material es lavado con agua a presión por medio de aspersores que le dan un previo terminado al material. Por último, se separan dos tipos de materiales los cuales son, triturado de ½ y arena lavada. Previamente trasladados por bandas transportadoras inclinadas entregando el producto final listo para ser cargado y entregado por el cargador frontal a la volqueta correspondiente que elija el material de su preferencia.

4.3 Diagrama de Flujo del Proceso

Figura 16. Diagrama de flujo del proceso



Nota: Fuente Autoría Propia

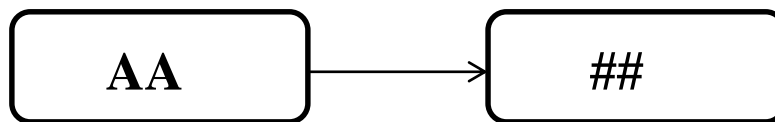
4.4 Codificación de Equipos

Un aspecto demasiado importante a la hora de trabajar en un plan de mantenimiento que debe tener en cuenta en esta oportunidad la empresa ESGAMO S.A.S. Es sin duda la implementación de códigos para todas y cada una de las máquinas y equipos, este código debe ser único. Se debe implementar en toda la planta, pero sobre todo en la línea de

producción, de este modo se puede obtener la información necesaria en el momento de hacer el debido seguimiento y ubicación a algún equipo en específico.

Ya realizado el debido inventario de todos los equipos de la planta es primordial la asignación de un código para cada uno de ellos, es muy necesario para la empresa obtener información de las máquinas por medio de registros históricos, de este modo se podrá llevar un mejor control y planeación en ellas, esto se logra implementando la teoría de codificación de equipos encontrada en [3]

Para realizar la actividad de codificación se propone usar una nomenclatura corta y clara, de este modo será más simple la identificación de las máquinas y equipos de la planta de trituración ESGAMO S.A.S. Esto será de gran utilidad para el proceso de diligenciar los debidos formatos por parte de los operadores y demás empleados de la planta.



Dónde:

AA = equipo o maquina (2 letras).

= número de máquina correlativo (2 números)

La siguiente tabla muestra la identificación de la maquinaria y equipos con su respectivo código.

Tabla 1. Identificación de maquinaria y equipos

| EQUIPO | CÓDIGO |
|-----------------|---------------|
| Trituradoras | TD |
| Lavadora | LV |
| Plantas | PT |
| Retroexcavadora | RE |
| Cargadores | CD |
| Volquetas | VT |

En esta tabla se presentan los equipos debidamente codificados con sus subalternos.

Tabla 2. Codificación sub-equipos.

| EQUIPO | CÓDIGO |
|---------------------------|---------------|
| Trituradora Trio | TD1 |
| Trituradora Parker | TD2 |
| Lavadora | LV1 |
| Planta Cummins | PT1 |
| Planta Caterpillar | PT2 |
| Retroexcavadora 324D | RE1 |
| Cargador frontal Cat 930H | CD1 |
| Cargador frontal Cat 950F | CD2 |
| Volqueta International | VT1 |
| Volqueta Kodiak | VT2 |

Nota: Fuente Autoría Propia

4.5 Análisis de Criticidad y Jerarquización

Según [18] la actividad principal en el análisis de criticidad y jerarquización es realizar la previa identificación de las máquinas y equipos en los cuales se debe centrar la atención por sus fallas constantes. De este modo llegar a proponer un plan de mantenimiento más eficaz y preciso, en busca de minimizar los sobrecostos de mantenimiento y priorizar las máquinas que verdaderamente generan grandes pérdidas económicas por paradas en la línea de producción por sus posibles fallas.

Para dar cumplimiento a este análisis se debe aplicar el principal objetivo el cual se basa en implementar un método de estudio que agilice la plena búsqueda e identificación de

las posibles máquinas y equipos con mayores índices de criticidad para la planta, este proceso se puede llevar a cabo en cualquiera de las máquinas y equipos de la planta aplicando criterios estandarizados.

Según los métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos de los autores Carlos Parra y Adolfo Crespo basándonos en el capítulo 5 presentamos algunos criterios empleados en los procesos de jerarquización.

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo).
- Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción.
- Efecto en la calidad del producto.
- Efecto en la seguridad, ambiente e higiene.
- Costos de paradas y del mantenimiento.
- Frecuencia de fallas / confiabilidad.
- Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad).
- Flexibilidad / accesibilidad para inspección & mantenimiento.
- Requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento.
- Disponibilidad de repuestos.

4.5.1 Método de análisis de criticidad cualitativo

Lo determinado por [19] la jerarquización es un recurso puramente cualitativo que determina la jerarquización de los equipos mediante la clasificación en tres categorías:

- Categoría A: Equipos con criticidad alta.
- Categoría B: Equipos con criticidad media.
- Categoría C: Equipos con criticidad baja.

4.5.2 Preguntas para la clasificación final

Es de vital importancia para la empresa ESGAMO S.A.S saber el verdadero estado de sus máquinas y equipos. Por esta razón se llevó a cabo una encuesta con una serie de preguntas generales a los operadores y ayudantes de la maquinaria de la planta. Estas

preguntas tienen que ver con varios aspectos los cuales cumplen un papel importante para la preservación de los mismos. La encuesta con las preguntas se encuentra en el anexo 1

Gracias a los resultados obtenidos por la encuesta antes mencionada se puede analizar la jerarquización de los equipos y por consiguiente su criticidad. Se debe resaltar que esta actividad se llevó a cabo por la razón de que la empresa ESGAMO S.A.S no cuenta con ningún tipo de información relevante en temas de mantenimiento.

Los aspectos son:

- Medio ambiente
- Seguridad
- Calidad
- Tiempo de trabajo
- Entrega
- Fiabilidad
- Mantenibilidad

4.5.3 Matriz usada para el análisis de los equipos críticos

| Elemento \ Factor | Ambiente | Seguridad | Calidad | Trabajo | Entrega | Fiabilidad | Mantenibilidad | RESULTADO PONDERADO DE CRITICIDAD |
|------------------------|----------|-----------|---------|---------|---------|------------|----------------|-----------------------------------|
| Trituradora Trio | C | C | A | C | B | A | A | MUY CRITICO |
| Trituradora Parker | C | C | B | C | C | B | C | POCO CRITICO |
| Lavadora | C | C | A | C | A | B | B | CRITICO |
| Planta Cummins | C | C | B | C | C | C | B | POCO CRITICO |
| Planta Caterpillar | C | C | B | C | C | C | B | POCO CRITICO |
| Retroexcavadora 324D | C | C | B | C | A | A | A | MUY CRITICO |
| Cargador Cat 930H | C | C | C | C | C | A | B | POCO CRITICO |
| Cargador Cat 950F | C | C | B | C | A | A | A | MUY CRITICO |
| Volqueta International | C | C | B | C | B | B | B | CRITICO |
| Volqueta Kodiak | C | C | C | C | C | B | A | POCO CRITICO |

Fase 2

4.6 Estrategias de Mantenimiento

Los elevados niveles en la competitividad de las industrias en la actualidad cada vez aumentan de manera progresiva debido a la gran demanda de consumo de hoy día, de tal manera exigen la implementación de estrategias de mantenimiento para aumentar la eficacia de la producción.

Las estrategias de mantenimiento que se proponen para la empresa ESGAMO S.A.S, están seleccionadas de acuerdo a sus necesidades para lograr un impacto positivo, primero para la producción y segundo para la parte administrativa y operadores, se logrará que los operadores y personal de la parte de mantenimiento cuenten con mejores equipos de mantenimiento así de esta manera llegar a prevenir una disminución en la producción debido a paradas de las máquinas y equipos. Las estrategias que se proponen son las siguientes.

4.6.1 Sistematizar la información

La sistematización de la información cumple un papel transcendental en la organización de los datos e información la cual contemple la empresa, ya que con esta técnica se busca obtener mayor control sobre los sucesos o actividades realizadas a cada una de las máquinas y equipos creando así un historial mediante el cual se puede analizar y determinar actividades o labores en pro del mejoramiento de los procesos.

La ventaja que obtendrá la empresa ESGAMO S.A.S será aumentar la eficacia y agilidad en la solución de posibles fallas que se presenten en un instante determinado, con la sistematización de la información se puede analizar y observar diferentes aspectos en

cada una de las máquinas y equipos. De este modo saber cuáles son los aspectos más críticos y así programar de manera controlada cada uno de los mantenimientos.

4.6.2 Mantenimiento preventivo por sistema L.E.M.

El ingeniero inglés John Castles debido a sus investigaciones plantea que para un aumento en el éxito del mantenimiento preventivo en cualquiera de sus sistemas debe cumplir con las siguientes condiciones; sencillo de organizar, entender y administrar.

Este mantenimiento cuenta con tres grupos diferentes de actividades L.E.M; lubricación, eléctrica y mecánica, la importancia de estas actividades es vasto para la empresa ESGAMO S.A.S en la parte de producción, para así mismo prevenir imprevistos como son fallos en las máquinas y equipos, paros improductivos, disminución de costos de mantenimiento y deficiencia en la entrega del producto. [17]

4.6.3 Capacitaciones del personal

Para que exista un buen porcentaje de efectividad en los procesos de mantenimiento en una empresa sin duda alguna se debe pensar en un factor importante el cual es la capacitación al personal en el área que se requiera, en este caso el enfoque es para los operadores y el grupo de mantenimiento de la planta de trituración ESGAMO S.A.S,

De este modo se incrementaría los niveles de eficacia y desempeño en las labores diarias, siendo más efectivos a la hora de dar un diagnóstico de una posible falla a un equipo en particular y por con siguiente su respectiva labor de mantenimiento. Estas capacitaciones deben estar enfocadas en: 1) Renovación del conocimiento en el tema de máquinas y herramientas; 2) Actualización de las buenas prácticas de trabajo seguro; 3) Preparación técnica en riesgos laborales y primeros auxilios; 4) Mejoramiento en los

procesos de producción; 5) Constante capacitación en diversos tipos y formas de mantenimiento. [13]

4.6.4 Tecnologías de diagnóstico

Según [2] el mantenimiento predictivo es un conjunto de técnicas para aplicar medidas y análisis variables para tener la capacidad de examinar una deficiencia con más de una tecnología, con el apoyo de estas herramientas se logrará hacer recomendaciones de reparación más exactas.

Se propone para la empresa ESGAMO S.A.S realizar el mantenimiento predictivo de la maquinaria y equipos, el profesional encargado debe estar plenamente preparado y calificado para realizar acciones y técnicas adecuadas a cada uno de las máquinas y equipos en los tiempos establecidos, estas acciones aportan ventajas como aumentar la vida útil de los equipos, disminución de costos, seguridad para los operadores y eficiencia en la producción.

Nota. Debido al aprendizaje adquirido en la universidad como estudiantes de la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué y también como tecnólogos en mecatrónica automotriz y mecánica industrial del Sena podemos concluir con base a la experiencia laboral con la que contamos en los campos de lubricación y mecánica se estima que estas estrategias de mantenimiento propuestas para la empresa ESGAMO S.A.S son las adecuadas.

4.7 Desarrollo de Estrategias

En el siguiente paso se dará a conocer el desarrollo de cada una de las estrategias de mantenimiento descritas anteriormente para cada uno de los equipos críticos y muy críticos de la planta de trituración ESGAMO S.A.S, seleccionados anteriormente según su criticidad, analizando las necesidades básicas para el buen funcionamiento del plan de mantenimiento preventivo.

Figura 17 Clasificación de equipos críticos



Nota: Fuente: Autoría Propia

Fase 3

4.7.1 Sistematizar la información

Formatos. Para el diseño y la posterior elaboración de los debidos formatos se tomó el ejemplo de [3] al analizar el contenido del libro antes mencionado se puede apreciar los diferentes formatos que a menudo se usan en la industria para controlar de una manera eficaz los mantenimientos, estos formatos se toman como referencia para el diseño y elaboración de los formatos que se desean usar en la planta de trituración.

Orden de Trabajo. Este formato ya previamente diseñado es otorgado por la empresa a aquella persona encargada para la ejecución de la actividad del mantenimiento,

en él debe ir una descripción de la actividad de mantenimiento a realizar de una manera muy general.

En el formato de orden de trabajo se plantean varias actividades a diligenciar según sea el caso. Como puede ser, el tipo de mantenimiento a realizar, los materiales, la herramienta, el tiempo determinado para la culminación de la actividad de mantenimiento, datos relevantes de quien solicita el trabajo y alguna otra observación fuera de los estándares. El formato se puede observar en el anexo 2.

Hoja de vida de equipos. Este formato es de gran importancia y este debe existir para cada máquina, en este formato se puede conocer el historial de las fallas y actividades que se han realizado en cada equipo, al tener previa información de dichas actividades se pueden realizar ajustes o realizar mejoramientos en los procesos para reducir actividades de mantenimiento por la misma causa. El formato se puede observar en el anexo 3.

Ficha técnica. Este formato facilita la obtención de información para cada máquina o equipo en general para la planta de trituración ESGAMO S.A.S, el diseño de este formato tiene como finalidad recopilar la información más detallada en varios aspectos tales como los técnicos, mecánicos y operativos. El formato se puede observar en el anexo 4.

Pre operacional. Este formato es de gran importancia ya que con él se puede llegar a identificar las posibles fallas en la inspección diaria realizada por el operador encargado, en este formato se plantean interrogantes en el estado de las piezas y mecanismos de las máquinas y equipos. El formato se puede observar en el anexo 5.

Solicitud de repuestos. Lo que se busca con el diseño de este formato es llevar el pleno control del préstamo y entrega de la herramienta, también posibles repuestos a usar para actividades de mantenimiento por el personal capacitado que lo requiera, en el formato

debe ir. El equipo al cual se le realizará el mantenimiento, la fecha, el tipo, la cantidad y la posterior firma de quien recibe la herramienta y/o repuestos. El formato se puede observar en el anexo 6.

Costos de Mantenimiento. Con este formato se busca facilitar la forma en que se registran los costos de mantenimiento para cada máquina y equipo, teniendo en cuenta el costo de la mano de obra y los repuestos. El formato se puede observar en el anexo 7.

Documento detallado de Excel. Este documento se elaboró para la recolección de datos e información de forma más detallada para las máquinas y equipos de la empresa ESGAMO S.A.S, en este documento se describe: 1) Índice; 2) un cronograma para el año 2022 de forma mensual, semanal y diaria con una serie de actividades en temas de lubricación, eléctrica y mecánica; 3) una configuración por medio de colores para cada actividad de mantenimiento según sea el caso; 4) procedimientos en los aspectos de lubricación, eléctrica y mecánica 5) los formatos a usar para la recolección de datos e información de cada máquina o equipo, tales formatos como. Orden de trabajo, fichas técnicas, pre operacional, costos de mantenimiento y solicitud de repuestos; 6) los formatos a usar para la medición de datos e información por medio de indicadores de gestión de cada máquina o equipo, tales como: Mantenibilidad, confiabilidad, disponibilidad, gestión, planeación y fiabilidad. Se puede ampliar la información en el Anexo 8.

4.7.2 Mantenimiento preventivo por sistema L.E.M.

Lo que se propone a continuación es realizar el debido plan de mantenimiento a los equipos críticos y muy críticos de la planta de trituración ESGAMO S.A.S. en esta actividad se propone el mantenimiento preventivo a las máquinas y equipos en 3 aspectos,

los cuales son, lubricación, mecánica y eléctrica. Lo siguiente es especificar los equipos según la información obtenida acerca de su criticidad.

Para iniciar con la actividad se propone una inspección de forma general para cada uno de los componentes o mecanismos más importantes de cada máquina o equipo, en el modo que se avance en la inspección se le asignara un mantenimiento más específico en los aspectos de lubricación, eléctrica y mecánica. Estas inspecciones generales para cada máquina y equipo critico se pueden observar con más detalle en los anexos.

Trituradora Trío: Al analizar la matriz de criticidad podemos observar que esta máquina es muy crítica, por consiguiente, es indispensable nombrar sus piezas y componentes, las inspecciones se pueden observar en el anexo 9. los componentes de la trituradora son:

- Motores trifásicos
- Moto reductores
- Bandas transportadoras
- Panel de control
- Chumaceras
- Estructura
- Zaranda

Lavadora: Las inspecciones se pueden observar en el anexo 10. Los componentes de la lavadora son:

- Motores trifásicos
- Moto reductores
- Bandas transportadoras
- Panel de control
- Chumaceras
- Estructura
- Zaranda

Retroexcavadora 324D: Se continúa con el mismo proceso para cada una de las máquinas y equipos, las inspecciones se pueden observar en el anexo 11.

los componentes de la retroexcavadora son:

- Motor
- Servo transmisión
- Sistema hidráulico
- Equipo de levante
- Balde
- Orugas
- Baterías
- Sensores

Cargador 950F: Las inspecciones se pueden observar en el anexo 12. Los componentes del cargador frontal 950F son:

- Motor
- Servo transmisión
- Sistema hidráulico
- Equipo de levante
- Balde
- Llantas
- Baterías
- Sensores

Volqueta internacional: Las inspecciones se pueden observar en el anexo 13. Los componentes de la lavadora son:

- Motor
- Transmisión
- Sistema hidráulico
- Pasadores
- Volco
- Llantas
- Baterías
- Sensores

Como siguiente punto se asigna una serie de actividades para los equipos críticos y muy críticos de la planta de trituración ESGAMO S.A.S, teniendo como referencia central el libro organización y gestión integral de mantenimiento de García Garrido, (2003) autor, y también la tesis de grado “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa agro ángel” escrita por Ángel y Olaya, (2014) estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira, y criterio de los autores.

Actividades de lubricación: Es uno de los mantenimientos más relevantes para la maquinaria y equipos, si no se hace de manera correcta o con frecuencia puede causar paros innecesarios en el área de la producción. Se recomienda a la empresa adquirir las herramientas y equipos adecuados tales como (Inyectores manuales, aceiteras manuales, manguera para aire de alta presión, compresor industrial y un inyector neumático), para así mismo llevar a cabo una correcta lubricación.

Tabla 3. Actividades de Lubricación

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|-------------------------------------|---------------|-------------------|
| Cambio de aceite | L01 | Semestral |
| Revisión de nivel de aceite | L02 | Diario |
| Revisión Fugas de aceite | L03 | Diario |
| Lubricación del motor | L07 | Trimestral |
| Engrase y lubricación moto reductor | L08 | Trimestral |
| Engrase de muela móvil | L09 | Semanal |
| Engrase de muela fija | L10 | Semanal |
| Engrase de volantes | L11 | Semanal |
| Engrase de chumaceras | L12 | Cada 2 días |
| Engrase eje de zarandas | L13 | Semanal |
| Lubricación de rodillos | L14 | Mensual |
| Lubricación de cadenas | L15 | Semanal |
| Lubricación de poleas | L16 | Mensual |
| Engrase de crucetas | L17 | Semanal |
| Engrase de splinder | L18 | Semanal |
| Engrase de pasadores | L19 | Semanal |
| Engrase de terminales de dirección | L20 | Semanal |
| Engrase de candados y ejes | L21 | Semanal |
| Engrase de punta de cardan | L22 | Semanal |
| Engrase de caja de dirección | L23 | Mensual |

| | | |
|-------------------------|-----|-------------|
| Engrase de muelles | L24 | Semanal |
| Engrase equipo | L25 | Cada 2 días |
| Engrase ruedas tensoras | L26 | Cada mes |
| Lubricación mando final | L27 | Semanal |

Nota: Autoría Propia

Actividades eléctricas: Es un mantenimiento muy importante ya que una falla eléctrica puede ocasionar riesgos laborales y paros no deseados en la producción. Se recomienda a la empresa adquirir las herramientas y equipos adecuados tales como. (Multímetro, pinza amperimétrica y herramientas manuales necesarias para un correcto mantenimiento). El personal encargado debe contar con los implementos de seguridad al momento de ejecutar la actividad de mantenimiento.

Tabla 4. Actividades Eléctricas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|------------------|
| Revisión, ajuste y/ó cambio de conexiones eléctricas | E01 | Diario/Semestral |
| Revisión de voltaje y amperaje | E02 | Semanal |
| Revisión tableros de control | E03 | Diario |
| Revisión motores eléctricos | E04 | Mensual |
| Revisión moto reductores | E05 | Mensual |
| Revisión del estado de los cables y general | E06 | Mensual |
| Limpieza, secado del inducido. | E07 | Semestral |
| Revisión eléctrica y control de la tacométrica. | E08 | Trimestral |
| Controlar flujo de alimentación | E09 | Semanal |
| Revisión de bornes de batería | E10 | Semanal |

Nota: Autoría Propia

Actividades mecánicas: Este mantenimiento es de suma importancia para la maquinaria y equipos, si no se hace de con una frecuencia favorable puede causar paros innecesarios en el área de producción. Se recomienda a la empresa adquirir las herramientas y equipos adecuados tales como (Herramientas de mano, extractor manual, extractor hidráulico, prensa hidráulica), para así mismo llevar a cabo una correcta actividad de mecánica.

Tabla 5. Actividades mecánicas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|---------------|-------------------|
| Ajustes y alineación de partes móviles | M01 | Semestral |
| Revisión y verificación de engranes | M02 | Mensual |
| Cambio de engranes | M03 | Anual |
| Revisión del nivel del refrigerante | M04 | Semanal |
| Inspección de bandas, correas y poleas | M05 | Mensual |
| Cambio de bandas, correas y poleas | M06 | Anual |
| Limpieza rejillas del motor | M07 | Mensual |
| Inspección visual de posibles daños y/o verificación del Estado de la máquina. | M08 | Diario |
| Revisión, verificación de rodamientos y chumaceras. | M09 | Mensual |
| Cambio de rodamientos y chumaceras. | M10 | Anual |
| Revisión general de máquinas | M11 | Mensual |
| Ajuste general de máquinas | M12 | Semestral |
| Revisión de la cadena | M13 | Mensual |
| Tensión de la cadena | M14 | Semestral |
| Cambio de cadena | M15 | Anual |
| Revisión tuberías y mangueras del sistema hidráulico | M16 | Mensual |
| Revisión filtro de aceite | M17 | Mensual |
| Cambio filtro de aceite | M18 | Semestral |
| Mantenimiento general (Ajustes y/o cambio de piezas de ser necesario) | M19 | Semestral |
| Revisión, verificación de estructura | M20 | Semestral |
| Cambio de estructura | M21 | Cada 24 meses |
| Revisión, verificación de zarandas | M22 | Mensual |
| Cambio de zarandas | M23 | Anual |
| Revisión, verificación y/o cambio de mallas | M24 | Mensual |
| Cambio de mallas | M25 | Anual |
| Revisión, verificación de ejes | M26 | Mensual |
| Cambio de ejes | M27 | Anual |
| Revisión, verificación visual de tornillos, pernos y tuercas. | M28 | Semanal |
| Cambio de tornillos, pernos y tuercas. | M29 | Semestral |
| Revisión de pasadores de piezas móviles | M30 | Mensual |
| Revisión del sistema de enfriamiento | M31 | Mensual |
| Tensión de la banda y poleas | M32 | Semestral |
| Alineación poleas, correas y motor | M33 | Semestral |
| Mantenimiento ductos de paso de material | M34 | Semestral |
| Verificar presión de aire en las llantas | M35 | Semanal |
| Verificar el estado de las llantas | M36 | Mensual |
| Verificar estado de crucetas | M37 | Mensual |
| Verificar estado del volco | M38 | Semanal |
| Verificar estado del balde | M39 | Semanal |

Para el siguiente paso se describen las actividades más frecuentes para cada tipo de máquina o equipo, se debe resaltar que estas máquinas y equipos son los más críticos en la empresa ESGAMO S.A.S.

Estas actividades se pueden observar en los anexos para cada una de las máquinas y equipos críticos.

- Trituradora trio. Anexo 14
- Retroexcavadora. Anexo 15
- Cargador frontal 950F. Anexo 16
- Lavadora. Anexo 17
- Volqueta international. Anexo 18

4.7.3 Capacitación del personal

La capacitación del personal de la planta va de la mano con el mejoramiento de los procesos en todas las áreas de las cuales se compone una empresa, al poseer talento humano con una capacitación alta se puede asegurar una agilidad en el momento de reaccionar a una posible falla o parada inesperada.

Para este caso el enfoque es para las áreas primordiales de la empresa ESGAMO S.A.S, los cuales son. Los operadores de las máquinas y equipos de producción, como también para el grupo de mantenimiento.

Con el fin de mejorar la capacidad de aprendizaje en temas de mantenimiento se propone una serie de capacitaciones en temas de lubricación y mecánica general, como también la buena acción de mantenimiento preventivo.

Tabla 6. Personal de producción

| No. | TEMA CENTRAL | SUB TEMAS | HORAS | QUIEN PARTICIPA | INSTRUCTOR O INSTITUCIÓN PROPUESTA |
|-----|---|---|-------|--|------------------------------------|
| 1 | Introducción al mantenimiento | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Historia ➤ Tipos de mantenimiento ➤ Importancia ➤ Ventajas y desventajas | 10 | Todas las personas vinculadas al área de producción. | Universidad |
| 2 | Documentación | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Manejo de la documentación del mantenimiento. | 10 | Todas las personas vinculadas al área de Mantenimiento y producción. | Universidad |
| 3 | Fundamentos e importancia de la lubricación | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conceptos básicos de lubricantes y lubricación. ➤ Frecuencia de lubricación. | 20 | Todas las personas vinculadas al área de producción. | Universidad SENA. |

Nota: Autoría Propia

Tabla 7. Personal de mantenimiento

| No. | TEMA CENTRAL | SUB TEMAS | HORAS | QUIEN PARTICIPA | INSTRUCTOR O INSTITUCIÓN PROPUESTA |
|-----|---|--|-------|--|---|
| 1 | Introducción al mantenimiento | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Historia ➤ Tipos de mantenimiento ➤ Importancia ➤ Ventajas y desventajas | 15 | Todas las personas vinculadas al área de Mantenimiento | Universidad |
| 2 | Documentación y responsabilidades | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Manejo de la documentación del mantenimiento. ➤ Asignación de responsabilidades | 15 | Todas las personas vinculadas al área de Mantenimiento | Universidad |
| 3 | Fundamentos e importancia de la lubricación | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conceptos básicos de lubricantes y lubricación. ➤ Objetivo. ➤ Equipos a ser lubricados. ➤ Frecuencia de lubricación. ➤ Selección de lubricantes. | 20 | Todas las personas vinculadas al área de Mantenimiento | Universidad SENA. Proveedores de lubricantes. |
| 4 | Técnicas para la inspección, montaje y alineación en sistemas mecánicos | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Rodamientos. ➤ Ejes. ➤ Elementos transmisión. | 20 | Todas las personas vinculadas al área de Mantenimiento | SENA Representantes de rodamientos y elementos de transmisión. |

Nota: Autoría Propia

4.7.4 Tecnologías de diagnóstico

Para el desarrollo de esta estrategia se debe tener buenas bases y el previo conocimiento en mantenimiento preventivo, ya que esta estrategia está enfocada en mantenimiento predictivo de modo que es mucho más avanzada y por consiguiente se debe tener un mejor análisis en los procesos o actividades donde se quiera implementar.

Se recomienda a la empresa ESGAMO S.A.S brindar capacitaciones a los encargados del mantenimiento de la planta en tecnologías de diagnóstico para adquirir un mayor conocimiento en nuevas técnicas de análisis como lo son (Termografía). Así mismo se recomienda la adquisición de esta herramienta de diagnóstico la cual puede ser.

Un analizador de termografía, cámara termográfica (Fluke tis20)

Figura 18. Cámara Termográfica



Nota: El precio de la cámara termográfica es de \$4'300.000. Fuente: proveedores colombianos de cámaras termográficas fluke.

Analizando la cámara termográfica, la cual es una herramienta de diagnóstico se puede concluir que es la más adecuada para el uso en la planta ESGAMO S.A.S, ya que la capacitación del procedimiento para usarla y realizar buenas medidas no es tan compleja y su costo no es tan elevado en función de su beneficio. El costo de la capacitación es de \$3'400.000.

Para la parte del análisis espectrométrico y el análisis de vibraciones se sugiere a la empresa realizar el mantenimiento subcontratado con una entidad privada que preste dicho servicio, ya que este proceso se realiza en un laboratorio sofisticado.

Tabla 8. Tabla de tecnología de diagnóstico

| Equipo | Equipos | Mantenimiento predictivo | Frecuencia recomendada a realizar |
|---------------------------|----------------|---|--|
| Trituradora trio | Fluke Tis20+ | Medir y analizar el sistema eléctrico y el análisis termográfico para revisar sus puntos de calor | Trimestral |
| Retroexcavadora | Fluke 810 | Realizar un análisis de vibraciones para el motor, como también su revisión de lubricantes mediante el análisis espectrométrico | Quincenal |
| Cargador Frontal Cat 950F | Fluke 810 | Realizar el análisis principalmente de vibración para el motor, también la revisión del lubricante mediante el análisis espectrométrico | Quincenal |
| Lavadora | Fluke Tis20+ | Medir y analizar el sistema eléctrico y el análisis termográfico para revisar sus puntos de calor | Trimestral |
| Volqueta International | Fluke 810 | Realizar el análisis principalmente de vibración para el motor, también la revisión del lubricante mediante el análisis espectrométrico | Quincenal |

Nota: Autoría Propia

Fase 4

4.7.5 Indicadores de mantenimiento

Al obtener parámetros numéricos se hace mucho más sencilla la labor de identificar los aspectos críticos, una buena opción para la identificación de dichos aspectos son precisamente los indicadores de gestión ya que estos son vitales para la constante mejora de los procesos, por supuesto que esto con lleva a tener una mejor organización en las actividades a programar y facilitan la aplicación de varios tipos de técnicas de mantenimiento.

Ya que la planta de trituración ESGAMO S.A.S no cuenta con información detallada en temas de mantenimiento y se observa un mayor número de mantenimientos correctivos sobre los preventivos, teniendo en cuenta lo dicho anteriormente se realiza una propuesta a la empresa ESGAMO S.A.S a corto plazo (6 a 12 meses). Lo que se busca con dicha propuesta es lograr a que con base a la información obtenida se pueda realizar la debida aplicación de los indicadores de gestión y así poder visualizar los resultados con sus respectivas gráficas.

Una de las finalidades más importantes del plan de mantenimiento preventivo, es que la empresa ESGAMO SAS cuente con un documento desarrollado en Excel el cual llevará los indicadores de gestión de dicha planta, esto se obtiene implementando un formato con los meses del año 2022 y con sus respectivas fórmulas ya establecidas en el software Excel de este modo se pueda calcular de una forma automatizada. Las fórmulas que se aplican son con base a los indicadores de clase mundial.

Los indicadores de gestión más usados son los mostrados a continuación.

Disponibilidad. Este formato esta previamente diseñado en el documento de Excel para la sistematización de la información, el formato propuesto es el siguiente.

Tabla 9. Disponibilidad

| DISPONIBILIDAD | | | |
|---|-------------|-------------|----------|
| Se define como la capacidad que tiene una máquina o equipo para que funcione en óptimas condiciones en el instante que sea requerido en un periodo de tiempo determinado. | | | |
| $D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$ <p>D = Disponibilidad TPEF = Tiempo promedio entre fallas TPPR = Tiempo promedio para reparación</p> | | | |
| MES / DATO | TPEF | TPPR | D |
| ENERO | | | |
| FEBRERO | | | |
| MARZO | | | |
| ABRIL | | | |
| MAYO | | | |
| JUNIO | | | |
| JULIO | | | |
| AGOSTO | | | |
| SEPTIEMBRE | | | |
| OCTUBRE | | | |
| NOVIEMBRE | | | |
| DICIEMBRE | | | |

Nota: Autoría Propia

Confiabilidad. Este formato esta previamente diseñado en el documento de Excel para la sistematización de la información, el formato propuesto es el siguiente.

Tabla 10. Confiabilidad

| CONFIABILIDAD | | | |
|---|-------------|-----------------------------------|-------------|
| Es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para el cual fue diseñado, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operaciones dadas. | | | |
| $TPEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$ <p>TPEF = Tiempo promedio entre falla (Fiabilidad) HROP = Horas de operación. $\sum NTFALLAS$ = Número de fallas detectadas.</p> | | | |
| MES / DATO | HROP | \sum NTFALLAS | TPEF |
| ENERO | | | |
| FEBRERO | | | |
| MARZO | | | |
| ABRIL | | | |
| MAYO | | | |
| JUNIO | | | |
| JULIO | | | |
| AGOSTO | | | |
| SEPTIEMBRE | | | |
| OCTUBRE | | | |
| NOVIEMBRE | | | |
| DICIEMBRE | | | |

Nota: Autoría Propia

Mantenibilidad. Este formato esta previamente diseñado en el documento de Excel para la sistematización de la información, el formato propuesto es el siguiente.

Tabla 11. Mantenibilidad

| MANTENIBILIDAD | | | |
|---|------------|-----------------------------------|-------------|
| Es la probabilidad que en un tiempo determinado un equipo en situación de fallo, proceda a la reparación utilizando unos recursos determinados, la media de tiempos de reparación (TMDR) caracteriza la mantenibilidad del equipo. | | | |
| $TPPR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$ <p>TPPR = Tiempo promedio para reparaci3n (Mantenibilidad) TTF = tiempo total de fallas \sum NTFALLAS = sumatoria de cantidad de fallas detectadas</p> | | | |
| MES / DATO | TTF | \sum NTFALLAS | TPPR |
| ENERO | | | |
| FEBRERO | | | |
| MARZO | | | |
| ABRIL | | | |
| MAYO | | | |
| JUNIO | | | |
| JULIO | | | |
| AGOSTO | | | |
| SEPTIEMBRE | | | |
| OCTUBRE | | | |
| NOVIEMBRE | | | |
| DICIEMBRE | | | |

Nota: Autoría propia

Indicadores de gestión. Reflejan la situación de los trabajos de mantenimiento en determinado período de tiempo, como, por ejemplo.

$$\text{Horas de Mantenimiento} = \frac{\text{horas hombre de mantenimiento planeado}}{\text{horas hombre totales de mantenimiento}} * 100$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = \frac{\text{costo total de mantenimiento planeado}}{\text{costo total de mantenimiento}} * 100$$

Indicadores de planeación. Son herramientas para la planeación y para la evaluación de los programas realizados, como, por ejemplo.

$$\text{Trabajos terminados} = \frac{\text{trabajos terminados}}{\text{trabajos programados}} * 100$$

$$\text{Índice de rendimiento} = \frac{\text{horas hombre prevista}}{\text{horas hombre reales}} * 100$$

$$\text{Índice de cumplimiento} = \frac{\text{trabajos programados}}{\text{trabajos realizados}} * 100$$

$$\text{Índice de tiempos de paro} = \frac{\text{horas equipo de paro}}{\text{horas equipo de funcionamiento}} * 100$$

Indicadores de fiabilidad y mantenimiento. Son herramientas para la evaluación del tiempo necesario para habilitar la maquina a la reintegración de sus actividades.

$$\text{Frecuencia de fallos} = \frac{\text{número total de paradas por}}{\text{tiempo de carga}}$$

$$\text{Tiempo medio entre fallos (mtbf)} = \frac{\text{tiempo total de operación}}{\text{número de paradas}}$$

$$\text{Tiempo medio para la reparación (mtrr)} = \frac{\text{tiempo total de parada}}{\text{número de paradas}}$$

Los indicadores de gestión ilustrados anteriormente se pueden observar con más detalle en el documento de Excel con sus respectivos formatos.

Fase 5

4.7.6 Evaluación y ajustes de la propuesta del plan de mantenimiento

En la actualidad la empresa ESGAMO S.A.S no posee herramientas de evaluación y ajustes durante el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo.

Para desarrollar las actividades de mantenimiento es fundamental que el personal del área de mantenimiento comprenda a cabalidad los objetivos, estrategias y metas. Con el fin de obtener un buen seguimiento al plan de mantenimiento, para este proceso se propone a la empresa la creación de un comité de mantenimiento en el cual se representen por un grupo de cinco personas con diferentes niveles educativos en su perfil laboral como pueden ser (Un ingeniero mecánico, un tecnólogo en mecánica industrial y tres técnicos en mecánica industrial y automotriz), de esta forma se pueda dar cumplimiento con la

propuesta de actividades de mantenimiento preventivo a las maquinas y equipos de la planta, así mismo se plantea una secuencia de reuniones diarias, semanales, mensuales y anuales descritas a continuación. [18]

Reunión diaria. La finalidad de esta actividad es la continua entrega de información del rumbo que está tomando las tareas a realizar para todo el personal de la empresa tales como operadores, mecánicos, eléctricos y soldadores del área de mantenimiento. Para dar a conocer las actividades a realizar en la reunión son.

- Dialogo y taller de seguridad.
- Exposición de índices de mantenimiento.
- Estado real de los objetivos.
- Tareas pendientes del día anterior.
- Entrega de la orden de trabajo a realizar en el día.
- Sugerencias de los mecánicos, eléctricos, operadores y soldadores de mantenimiento.

Reuniones semanales. El propósito principal de esta actividad es la de comunicar a los mecánicos, eléctricos, operadores y soldadores de mantenimiento los indicadores semanales de mantenimiento, las actividades a desarrollar en la reunión son:

- Análisis de las tareas desarrolladas en la semana.
- Pendientes de las tareas a desarrollar en de la semana.
- Objetivos logrados en la semana
- Mejoramiento de los procesos

Reuniones Mensuales. El objetivo principal de esta actividad es analizar los indicadores de fiabilidad, costos y rendimiento. Las tareas a inspeccionar son:

- Exposición de indicadores de fiabilidad, rendimiento y costos del mes.
- Metas alcanzadas
- Mejoramiento de los procesos
- Sugerencias del personal de mantenimiento
- Retroalimentación al plan de mantenimiento

Reuniones anuales. La finalidad de crear el comité de mantenimiento se basa en la revisión del plan de mantenimiento preventivo periódicamente, en esta actividad se desarrollará por parte de la empresa auditorías para el mejoramiento de los procesos y la identificación de posibles fallas en la programación de las actividades y posteriormente el ajuste a las necesidades que se puedan presentar.

Costos generales. No debemos descartar que una buena gestión de mantenimiento preventivo es mucho más rentable y económico que la implementación de mantenimientos correctivos, desde la perspectiva empresarial.

Una buena gestión de mantenimiento para una empresa es sin duda un beneficio monetario considerable, ya que, al desarrollar dichas actividades al pie de la letra y al evaluar los costos al paso de un número de meses será evidente el ahorro que genera un plan de mantenimiento bien estructurado. [5]

En la siguiente tabla se puede apreciar que rango de beneficios (en forma de reducción de costes) se puede obtener a través de una correcta gestión del mantenimiento y en qué áreas se conseguirían dichos beneficios:

Tabla 12. Ejemplo de mantenimiento y rango de beneficios

| MANTENIMIENTO | RANGO |
|-----------------------------|----------|
| Producción | 7 - 10% |
| Paradas imprevistas | 25 - 30% |
| Horas / Hombre | 12 - 20% |
| Costes de mantenimiento | 7% |
| Costes de producción | 5% |
| Accidentalidad | 35 % |
| Retrabajo | 30 % |
| Inventarios | 30 % |
| Disponibilidad y fiabilidad | 15 - 20% |

Nota: Fuente [5]

4.8 Gestión de Prevención de Riesgos Laborales

Es el estudio enfocado en el mejoramiento de los niveles de seguridad y la salud de los trabajadores en el ámbito laboral, en búsqueda de este mejoramiento se plantean la

aplicación de medidas y unas actividades programadas en pro de la disminución de riesgos laborales en el desarrollo de tareas en el trabajo, para la disminución de dichos riesgos laborales cada empresa debe contar con un profesional en seguridad y salud en el trabajo que evalúe los posibles riesgos laborales en los que pueda verse afectado un trabajador y proponer reuniones para la previa identificación de los mismos.

Se debe entender que un riesgo laboral es aquel daño que puede llegar a sufrir un trabajador en horario laboral, se entiende como daño laboral la presentación a normal de posibles enfermedades, lesiones y patologías a razón del trabajo.

4.8.1 Actividades de la gestión de prevención

La empresa debe proponer una serie de actividades preventivas con el fin de reducir y controlar el mayor número de riesgos posibles, para la búsqueda de esa disminución de riesgos se deben analizar los procedimientos en la línea de producción, con esto se garantiza un aumento en la seguridad y la salud de los trabajadores.

Las actividades más comunes son.

- Ordenamiento preventivo
- Profesionales especializados en temas de prevención
- Inspección de riesgos
- Programación de tareas preventivas
- Supervisión de la salud
- Cronograma de emergencia
- Historial de emergencia

4.8.2 Elementos de protección personal (EPP)

Cuando se observa que los riesgos son inminentes se propone el uso de elementos de protección personal (EPP), con el fin de prevenir y minimizar en gran parte los posibles riesgos laborales.

Los elementos de protección personal no reducen los posibles accidentes laborales, pero si conlleva al aumento de la protección de los trabajadores y es notable la reducción del daño ocasionado en caso de un accidente.

Los elementos de protección son.

- Casco de seguridad
- Aparato auditivo
- Gafas de trabajo
- Cubre bocas industrial
- Guantes
- Chaleco de seguridad
- Calzado de seguridad

Figura 19 *Elementos de Protección Personal*



Nota: Fuente <https://cuidado-de-la-salud.arkmason.com/cuidado-de-la-salud/mascarilla-n95-NkoJeQJWdKmu>

4.9 Gestión de Protección del Medio Ambiente

4.9.1 Protección ambiental

Para evitar el deterioro del medio ambiente se deben tomar acciones que van muy de la mano con el desarrollo de buenas prácticas de mantenimiento, pero también va dirigido a las personas, equipos y máquinas, de esta forma crear un espacio consciente y considerado a favor de salvaguardar el buen estado de la naturaleza.

Para analizar puntos de vista ambientales, el mantenimiento es un aspecto demasiado importante para la preservación del mismo, ya que brinda un aumento considerable en los niveles de fiabilidad y disponibilidad en las máquinas y equipos, de este modo se puede reducir considerablemente la presencia de futuros accidentes laborales tales como explosiones, incendios y derrames de sustancias tóxicas, etc. Por consiguiente, al realizar buenas prácticas de mantenimiento preventivo una máquina o equipo tiene la capacidad de trabajar con mayor eficiencia disminuyendo sus niveles de consumo de energía.

4.9.2 Factores importantes

Los factores más comunes para la preservación del medio ambiente con base hacia el mantenimiento son:

- Capacitación de personal (Crear conciencia ambiental)
- La creación de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas con su respectivo cronograma.
- La implementación de políticas de mantenimiento correctas, donde se incluya la inspección y el historial
- Aumento del control de los riesgos ambientales en las actividades de mantenimiento

Conclusiones

- En el desarrollo de la jerarquización de equipos a través del análisis de criticidad se definieron los equipos claves del proceso productivo que sirvieron como plan piloto preventivo de la propuesta.
- Como propuesta del plan preventivo se propusieron y definieron actividades preventivas basadas en la metodología LEM y se diseñaron los formatos necesarios aplicándolos a una base de datos Excel y de esta forma facilitando la planeación y programación del plan preventivo de mantenimiento propuesto.
- Se sugiere a la empresa que a mediano y largo plazo adquirir un software de mantenimiento más robusto existente en el mercado que permita estandarizar y planear mejor las actividades del mantenimiento incluyendo preventivo, correctivo y de mejoras.
- Para la evaluación del plan de mantenimiento se propuso a la empresa ESGAMO S.A.S la utilización de los indicadores de gestión de mantenimiento preventivo, los cuales van a ser resultados de las actividades y van a usarse en el análisis de los resultados por parte del comité de mantenimiento propuesto.
- Para dar por terminado el plan de mantenimiento se propuso a la empresa la creación de un comité para la organización del área de mantenimiento la cual cuente con un número de cinco integrantes de una categorización en su perfil laboral, como pueden ser, un ingeniero mecánico, un tecnólogo en mantenimiento industrial y tres técnicos en mecánica industrial y automotriz. Con la tarea principal de proporcionar ajustes en

el transcurso del proceso por medio de reuniones diarias, semanales, mensuales y auditorias anuales en búsqueda del mejorar el plan de mantenimiento.

Recomendaciones

Se recomienda a la empresa ESGAMO S.A.S lo siguiente:

- Como la metodología “5QS” es cíclica se recomienda realizar de nuevo a los equipos críticos un análisis de criticidad en un plazo de 12 meses para revisar su estado real.
- Aplicar de la forma adecuada el plan de mantenimiento preventivo y los formatos ya previamente diseñados propuestos en el documento de Excel con la idea principal de recolectar la información suficiente para minimizar posibles daños en un futuro.
- Diligenciar el debido formato para los repuestos críticos a corto plazo (6 a 12 meses) de acuerdo a los más solicitados a partir de la aplicación del plan preventivo. De esta forma llegar a tener en el almacén de la empresa varias unidades en stock para que no se presente una parada innecesaria por la falta de un repuesto en específico.
- Desarrollar un estudio con base a los costos de mantenimiento para cada máquina y equipo, de este modo se pueda obtener un mayor control en los gastos aplicados en temas de mantenimiento y por ende verificar si en realidad es beneficioso para la empresa la aplicación del plan de mantenimiento
- Realizar capacitaciones a los empleados de manera continua en temas de mantenimiento, medición e inspección. De este modo se pueda ir un paso adelante en la identificación de posibles daños en corto y mediano plazo. En pro de preservar el buen estado de las máquinas por parte de los operadores.
- Usar los debidos elementos de seguridad para cada actividad a realizar asegura el bienestar de los trabajadores y además al usar adecuadamente los EPP el daño producido por un posible accidente será de menor proporción.

- Preservar de forma significativa el buen estado del medio ambiente, mediante el uso de buenas prácticas de mantenimiento preventivo y así disminuir considerablemente los daños ocasionados por derrames y residuos sólidos.

Bibliografía

- [1] A. N. Flores- Carballo, S. Pérez-Osuna, B. Carballo- Mendívil y A. Arellano-González, «Sistema de ayuda a la gestión del mantenimiento de maquinaria y vehículos en un,» *Revista de la Invención Técnica*, vol. 1, nº 1, pp. 42-54, 2017.
- [2] S. O. Duffuaa, A. Raouf y J. D. Campbell, *Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control*, México D.F.: Limusa Wiley, 2000.
- [3] S. García Garrido, *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A., 2003.
- [4] L. A. Mora, *Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control*, México D.F: Alfaomega, 2009.
- [5] A. Crespo , «MicroGestión del Mantenimiento,» [*Departamento de Organización Industrial*], 2014.
- [6] C. A. Martínez y S. P. Caballero, «Propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo a la Empresa de Fertilizantes Agro Orgánicos S.A.S,» [*Tesis de Grado*], 2018.
- [7] G. Garcia Monsalve, H. González S y E. Cortés M, «Metodología de Mantenimiento con Posible Aplicación en el Sector Agroindustrial,» *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, vol. 4, nº 2, pp. 137-150, 2009.
- [8] C. E. Buelvas y K. J. Martínez , «Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Empresa L&L,» [*Tesis de grado*], 2014.
- [9] J. L. Gonzáles, «Propuesta de Mantenimiento Preventivo y Planificado para la Línea de Producción en la Empresa LaTercer S.A.C,» [*Trabajo de grado*], 2016.
- [10] V. A. Hernández, «Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada en Funcionamiento de la Zona Vial N°14 Dirección General de Caminos, Salamá, Baja Verapaz,» [*Trabajo de grado*], 2010.
- [11] E. F. Cornú, M. C. Del Rio , E. P. Escobedo, F. Guerrero y D. Morales , «Propuesta de un Programa de Mantenimiento Preventivo para la Empresa Moraly,» [*Tesis de Grado*], 2010.


- [12] J. J. Riera Chavez, «Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa Cubiertas del Ecuador Kubiec S.A. en la planta Esthela,» *ESPE. Sede Sangolquí.*, 2012.
- [13] B. D. Gómez , «Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Molinos Arroceros Estandares con una Capacidad de 15 Toneladas/hora,» [*Tesis de Grado*], 2020.
- [14] I. D. Gómez L, *Introducción al Mantenimiento Estratégico*, Bogotá: Universidad Libre, 2006.
- [15] J. Rodríguez, *Gestión del Mantenimiento: Introducción a la Teoría del Mantenimiento*, 2008.
- [16] R. D. Ángel y H. M. Olaya, «Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Empresa AgroAngel,» [*Trabajo de grado*], 2014.
- [17] H. Herrera S, «Mantenimiento y Lubricación,» [*Notas de Clase*], 2014.
- [18] N. E. Leal , «Estructuración de un Modelo de Gestión del Mantenimiento Preventivo Aplicable a la Industria de Molinera de Arrozen el Dpto del Tolima Zona en el Molino Unión,» [*Tesis de grado*], 2016.
- [19] L. N. Monroy , «Diseño de un Plan de Mejora del Mantenimiento Correctivo y Actualización del Mantenimiento Preventivo en Multidimensionales S.A.,» [*Trabajo de Grado*], 2012.
- [20] J. P. Souris, *El Mantenimiento Fuente De Beneficios*, Malaga: Díaz de Santos, SA, 1992.
- [21] A. Crespo Marquez y J. F. Gómez Fernandez, *The maintenance management framework*, Sevilla, 2019.

Anexos

Anexo 1. Preguntas para la criticidad.


| CATEGORÍA | MEDIO AMBIENTE |
|-----------|--|
| A | Si un fallo del mismo puede provocar que la empresa tenga que recurrir a dar aviso a las autoridades públicas por problemas que pudiesen afectar a la salud de las personas y el medio ambiente (por ejemplo: una fuga de algún químico) |
| B | Si un fallo del mismo provocase una contaminación o afección que pudiese gestionarse en el interior de la empresa (por ejemplo: una fuga de hidrato de sodio, la cual puede ser controlada con agua a presión). |
| C | Sí un fallo del mismo no produjese ningún tipo de contaminación ambiental. |
| | SEGURIDAD |
| A | Serán aquellos cuyos fallos puedan producir accidentes que provocan absentismo laboral temporal o permanente en el lugar de trabajo. |
| B | Fallos que podrían causar daños menores a la gente en el trabajo, no producen ausencia en el trabajo. |
| C | Son fallos que no pueden crear consecuencias relacionadas con la seguridad de las personas. |
| | CALIDAD |
| A | Pueden producir un impacto externo o una imagen muy negativa de la compañía en el mercado afectando el producto final de producción y la calidad entregada a los clientes. |
| B | Se presente un fallo, pero esto solo producen una consecuencia interna en la producción y puede ser manejada. |
| C | Si fallan no se ocasiona ningún impacto. |
| | TIEMPO DE TRABAJO |
| A | En esta categoría estarán los equipos que tengan 3 turnos seguidos |
| B | En esta categoría estarán los equipos que tengan 2 turnos seguidos |
| C | En esta categoría estarán los equipos que tengan 1 turnos seguidos |
| | ENTREGA |
| A | Son los que producen un paro en toda la fábrica cuando fallan. |
| B | Pueden dejar solo una línea de producción parada al fallar. |
| C | Son los que no producen ninguna interrupción significativa en la producción. |
| | FIABILIDAD |
| A | Son los elementos que su frecuencia de falla es menor a 5 horas. |
| B | Son los elementos que su frecuencia de falla es mayor a 5 horas y menor a 10 horas. |
| C | Son los elementos que su frecuencia de falla es mayor a 10 horas. |
| | MANTENIBILIDAD |
| A | Son los elementos que requieren un tiempo de reparación superior a 120 minutos. |
| B | Son los elementos que requieren un tiempo de reparación mayor a 60 minutos y menor a 120 minutos. |
| C | Son los elementos que requieren un tiempo de reparación menor a 60 minutos. |

Anexo 2. Orden de trabajo

| | | | |
|---|---|---------------------------|----------------------------------|
|  | ESGAMO S.A.S | | |
| | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | |
| | ORDEN DE TRABAJO | | |
| DATOS GENERALES | | | |
| FECHA: | No DE SOLICITUD: | | |
| MÁQUINA: | CODIGO: | | |
| MARCA: | SERIE: | | |
| UBICACIÓN: | MODELO: | | |
| TIPO DE MANTENIMIENTO | | | |
| MANTENIMIENTO PREVENTIVO: | <input type="checkbox"/> | MANTENIMIENTO CORRECTIVO: | <input type="checkbox"/> |
| PRIORIDAD | | | |
| URGENTE: | <input type="checkbox"/> | MODERADO: | <input type="checkbox"/> |
| | | PRIORITARIO: | <input type="checkbox"/> |
| | | | NORMAL: <input type="checkbox"/> |
| SISTEMA A INTERVENIR | | | |
| MECÁNICO: | | | |
| HIDRÁULICO: | | | |
| ELÉCTRICO: | | | |
| OTRO: | | | |
| HERRAMIENTA Y MATERIALES NECESARIOS | | | |
| TIPO: | | CANTIDAD: | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| TRABAJOS A REALIZAR: | | | |
| TRABAJOS REALIZADOS: | | | |
| FECHA INICIO | HORA INICIO | FECHA FINALIZACIÓN | HORA FINALIZACIÓN |
| | | | |
| FIRMA EJECUTADOR | FIRMA JEFE DE MANTENIMIENTO | | VISTO BUENO SOLICITANTE |
| | | | |
| OBSERVACIONES: | | | |

Fuente: Los autores



Anexo 3. Hoja de vida

|  | ESGAMO S.A.S | | | | | | |
|---|---|---------------|------------|--------------|---------------------|--------------------|----------------|
| | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | |
| | HOJA DE VIDA | | | | | | |
| DATOS GENERALES | | | | | | | |
| MÁQUINA: | | | | CODIGO: | | | |
| MARCA: | | | | SERIE: | | | |
| UBICACIÓN: | | | | MODELO: | | | |
| HISTORIAL DE REPARACIONES | | | | | | | |
| FECHA | TIPO DE MANTENIMIENTO | TIEMPO MUERTO | MATERIALES | MANO DE OBRA | HORAS DE PRODUCCIÓN | COSTO MANO DE OBRA | COSTO MATERIAL |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Fuente: Los autores



Anexo 4. Fichas técnicas

Trituradora trio

| | | | | |
|---|---|---------------------|--------------|-----------|
|  | ESGAMO S.A.S | | | |
| | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | |
| | FICHA TÉCNICA | | | |
|  | DATOS GENERALES | | | |
| | MÁQUINA: TRITURADORA | | CODIGO: TD-1 | |
| | MARCA: TRIO | | ORIGEN: USA | |
| | JORNADA LABORAL: 9 horas | | MODELO: 2005 | |
| | DATOS DEL FABRICANTE | | | |
| | NOMBRE: | | TELEFONO: | |
| | DOCUMENTO: | | DIRECCIÓN: | |
| CORREO ELECTRONICO: | | | | |
| CARACTERISTICAS GENERALES | | | | |
| TIPO DE MOTOR: ELÉCTRICOS | DIMENSIONES | LUBRICANTES QUE USA | | |
| | | PARTE: | TIPO: | CANTIDAD: |
| POTENCIA: 75HP, 20HP, 10HP | ALTO: 10 Mts | MOTORES | VALVULINA | 1 GAL |
| MARCA: SIEMENS | ANCHO: 14 Mts | REDUCTORES | VALVULINA | 2 GAL |
| TIPO: JAULA DE ARDILLA | LARGO: 27 Mts | HIDRÁULICO | ISO 68 | 20 GAL |
| CAPACIDAD TOLVA: 3 M ³ | PESO TOTAL: 45 Ton | GRASERAS | (1/8) (3/8) | 20 |
| REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTES | | | | |
| MALLAS | | CHUMACERAS | | |
| BANDAS | | LAMINAS | | |
| CORREAS | | CONTACTORES | | |
| POLEAS | | TORNILLERIA: | | |
| OBSERVACIONES: | | | | |

Fuente: Los autores

Lavadora

| | | | | |
|---|---|---------------------|--------------|-----------|
|  | ESGAMO S.A.S | | | |
| | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | |
| | FICHA TÉCNICA | | | |
|  | DATOS GENERALES | | | |
| | MÁQUINA: LAVADORA | | CODIGO: LV-1 | |
| | MARCA: ARTESANAL | | ORIGEN: USA | |
| | JORNADA LABORAL: 9 HORAS | | MODELO: 2005 | |
| | DATOS DEL FABRICANTE | | | |
| | NOMBRE: | | TELEFONO: | |
| | DOCUMENTO: | | DIRECCIÓN: | |
| CORREO ELECTRONICO: | | | | |
| CARACTERISTICAS GENERALES | | | | |
| TIPO DE MOTOR: ELÉCTRICOS | DIMENSIONES | LUBRICANTES QUE USA | | |
| | | PARTE: | TIPO: | CANTIDAD: |
| POTENCIA: 12HP, 10HP | ALTO: 4 Mts | MOTORES | VALVULINA | 1 GAL |
| MARCA: SIEMENS | ANCHO: 2.20 Mts | REDUCTORES | VALVULINA | 2 GAL |
| TIPO: JAULA DE ARDILLA | LARGO: 20 Mts | CADENAS | CADENIL | 3 GAL |
| CAPACIDAD TOLVA: 2 M ³ | PESO TOTAL: 25 Ton | GRASERAS | (1/8) (3/8) | 15 |
| REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTES | | | | |
| CORREAS | | BANDAS | | |
| POLEAS | | CHUMACERAS | | |
| CADENAS | | LAMINAS | | |
| TUBERIA PVC | | TORNILLERIA: | | |
| OBSERVACIONES: | | | | |

Fuente: Los autores

Retro excavadora (324D)

| | | | | |
|---|---|---------------------|-------------|-----------|
|  | ESGAMO S.A.S | | | |
| | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | |
| | FICHA TÉCNICA | | | |
|  | DATOS GENERALES | | | |
| | MÁQUINA: RETROEXCAVADORA | CODIGO: RE-1 | | |
| | MARCA: CATERPILLAR | SERIE: 324D | | |
| | JORNADA LABORAL: 9 HORAS | MODELO: 2009 | | |
| | DATOS DEL FABRICANTE | | | |
| | NOMBRE: | TELEFONO: | | |
| | DOCUMENTO: | DIRECCIÓN: | | |
| CORREO ELECTRONICO: | | | | |
| CARACTERISTICAS GENERALES | | | | |
| TIPO DE MOTOR: C7 | DIMENSIONES | LUBRICANTES QUE USA | | |
| | | PARTE: | TIPO: | CANTIDAD: |
| POTENCIA: 190 HP | ALTO: 3Mts | MOTOR | 15W40 | 8 GAL |
| DIMENSIÓN ORUGA: 4.5 Mts | ANCHO: 3 Mts | GIRO | SAE 140 | 10 GAL |
| DIMENSIÓN TEJA: 60Cm x 15Cm | LARGO: 9.5 Mts | HIDRÁULICO | ISO 68 | 35 GAL |
| CAPACIDAD BALDE: 1.5 M ³ | PESO TOTAL: 24.8 T | GRASERAS | (1/8) (3/8) | 10 |
| REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTES | | | | |
| CARRILES | | FILTROS | | |
| TEJAS | | EMPAQUETADURA | | |
| MANGUERAS | | DIENTES | | |
| GRASERAS | | TORNILLERIA | | |
| OBSERVACIONES: | | | | |


Fuente: Los autores

Cargador frontal (959F)

| | | | | |
|---|---|---------------------|--------------|-----------|
|  | ESGAMO S.A.S | | | |
| | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | |
| | FICHA TÉCNICA | | | |
|  | DATOS GENERALES | | | |
| | MÁQUINA: CARGADOR FRONTAL | | CODIGO: CD-2 | |
| | MARCA: CATERPILLAR | | SERIE: 950F | |
| | JORNADA LABORAL: 9 HORAS | | MODELO: 1998 | |
| | DATOS DEL FABRICANTE | | | |
| | NOMBRE: | | TELEFONO: | |
| | DOCUMENTO: | | DIRECCIÓN: | |
| CORREO ELECTRONICO: | | | | |
| CARACTERISTICAS GENERALES | | | | |
| TIPO DE MOTOR: 3116 | DIMENSIONES | LUBRICANTES QUE USA | | |
| | | PARTE: | TIPO: | CANTIDAD: |
| POTENCIA: 230 HP | ALTO: 3.40 Mts | MOTOR | 15W40 | 8 GAL |
| DIMENSIÓN RIN: 25" | ANCHO: 2.80 Mts | TRANSMISIÓN | SAE 30 | 11 Gal |
| DIMENSIÓN LLANTAS: 23.5 | LARGO: 7.20 Mts | HIDRÁULICO | Advanced 10 | 32 GAL |
| CAPACIDAD BALDE: 2.5 M ³ | PESO TOTAL: 18 Ton | GRASERAS | (1/8) (3/8) | 12 |
| REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTES | | | | |
| LLANTAS | | FILTROS | | |
| RINES | | CUCHILLAS | | |
| NEUMATICOS | | GRASERAS | | |
| CRUCETAS | | TORNILLERIA | | |
| OBSERVACIONES: | | | | |


Fuente: Los autores

Volqueta internacional

| | | | | |
|---|---|---------------------|-----------------|-----------|
|  | ESGAMO S.A.S | | | |
| | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | |
| | FICHA TÉCNICA | | | |
|  | DATOS GENERALES | | | |
| | MÁQUINA: VOLQUETA | | CODIGO: VT-1 | |
| | MARCA: INTERNATIONAL | | SERIE: WORKSTAR | |
| | JORNADA LABORAL: 9 HORAS | | MODELO: 2008 | |
| | DATOS DEL FABRICANTE | | | |
| | NOMBRE: | | TELEFONO: | |
| | DOCUMENTO: | | DIRECCIÓN: | |
| CORREO ELECTRONICO: | | | | |
| CARACTERISTICAS GENERALES | | | | |
| TIPO DE MOTOR: ISM | DIMENSIONES | LUBRICANTES QUE USA | | |
| | | PARTE: | TIPO: | CANTIDAD: |
| POTENCIA: 336 HP | ALTO: 3 Mts | MOTOR | 15W40 | 8 GAL |
| DIMENSIÓN RIN: R 22.5 | ANCHO: 2.40 Mts | TRANSMISIÓN | SAE 140 | 3 GAL |
| DIMENSIÓN LLANTAS: 295-80 | LARGO: 8 Mts | HIDRÁULICO | ISO 68 | 35 GAL |
| CAPACIDAD VOLCO: 16 M ³ | PESO TOTAL: 12 Ton | GRASERAS | (1/8) (3/8) | 12 |
| REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTES | | | | |
| LLANTAS | | FILTROS | | |
| RINES | | BOMBONAS | | |
| ESPARRAGOS | | BANDAS | | |
| CRUCETAS | | TORNILLERIA | | |
| OBSERVACIONES: | | | | |


Fuente: Los autores

Anexo 5. Preoperacional

|  | ESGAMO S.A.S | | | | | | | | | | | NUMERO INTERNO | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------------------------|-----|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|------------|--------|------------------------------|-------------|---------|-----|-----|--------|-----|-----|---------|-----|-----|--|
| | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | | | | | | | VERSION 1 | | | | | | | | | | | |
| | PRE OPERACIONAL VEHÍCULOS | | | | | | | | | | | VIGENTE DESDE: 01/08/2021 | | | | | | | | | | | |
| DATOS GENERALES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | | | | | OPERADOR: | | | | | Km INICIO: | | | | | | | | | | | | | |
| MÁQUINA: | | | | | CODIGO: | | | | | Km FINAL: | | | | | | | | | | | | | |
| MARCA: | | | | | SERIE: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN: | | | | | MODELO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ITEM | CONCEPTO | LUNES | | | MARTES | | | MIERCOLES | | | JUEVES | | | VIERNES | | | SABADO | | | DOMINGO | | | |
| | | C | N/C | N/A | C | N/C | N/A | C | N/C | N/A | C | N/C | N/A | C | N/C | N/A | C | N/C | N/A | C | N/C | N/A | |
| L | Frontales de servicio (altas y bajas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U | Traseras de trabajo (Reflector) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Direccionales delanteras de parqueo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | Direccionales traseras de parqueo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S | De stop y señal trasera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C A B I N A | Espejos laterales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Alarma de retroceso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Pito | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Freno de servicio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Freno de emergencia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Dirección/suspensión (Terminales) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cinturón de seguridad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vidrio frontal (en buen estado) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Limpia brisas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Extintor de incendios (10 lbs) PQS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Silletería y tapicería | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Indicadores (hidráulico, voltmetro, motor, refrigerante, horometro, aire) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Batería y cables | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L L A N T A S | En buen estado (sin cortaduras profundas y sin abultamientos) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G E N E R A L | Control de fugas hidráulicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Pasadores, suspensión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Control fugas de aire | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Grapas y anclaje de chasis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cadena del cardam | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Acoples rapidos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Mangueras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Estado general del volco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Soporte del volco (gato hidráulico) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tanque de combustible(Abrasaderas,Soporte) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Motor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sistema de carpado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ganchos compuerta volco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Soportes y Bujes del Volco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Documentos del conductor y del vehículo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kit ambiental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F I R M A S | FIRMA OPERADOR: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | FIRMA JEFE DE MANTENIMIENTO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | FIRMA RESPONSABLE SST: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HALLAZGOS Y SEGUIMIENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | HALLAZGOS | ACCIÓN PREVENTIVA / CORRECTIVA | | | | | | | | | | | RESPONSABLE | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |


Fuente: Los autores

Anexo 6. Costos de mantenimiento

|  | | ESGAMO S.A.S | | | | |
|---|--------------|---|------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| | | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | |
| | | COSTOS DE MANTENIMIENTO | | | | |
| DATOS GENERALES | | | | | | |
| No ORDEN DE TRABAJO: | | | | | | |
| FECHA: | | | | No DE SOLICITUD: | | |
| MÁQUINA: | | | | CODIGO: | | |
| MARCA: | | | | SERIE: | | |
| UBICACIÓN: | | | | MODELO: | | |
| COSTOS | | | | | | |
| ITEM | MANO DE OBRA | No. DE HORAS | MATERIALES | SUBCONTRATOS | MEDIOS AUXILIARES | VALOR DEL MANTENIMIENTO |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| TOTAL DEL MANTENIMIENTO | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | |

Fuente: Los autores



Anexo 7. Solicitud de Repuestos

|  | | ESGAMO S.A.S | | | | |
|---|----------|---|-------|------------------|-------|-------|
| | | PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | |
| | | SOLICITUD DE REPUESTOS | | | | |
| DATOS GENERALES | | | | | | |
| No ORDEN DE TRABAJO: | | | | | | |
| FECHA: | | | | No DE SOLICITUD: | | |
| MÁQUINA: | | | | CODIGO: | | |
| MARCA: | | | | SERIE: | | |
| UBICACIÓN: | | | | MODELO: | | |
| REPUESTOS Y MATERIALES A SOLICITAR | | | | | | |
| ITEM | CANTIDAD | TIPO | MARCA | REFERENCIA | VALOR | TOTAL |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN: | | | | | | |
| ELABORADO POR: | | | | RECIBIDO POR: | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | |

Fuente: Los autores

Anexo 8. Documento de excel

Indice

| | | |
|--|---|---|
|  | <p>Univeridad Antonio Nariño</p> <p>Sede ibagué</p> <p>Esgamo S.A.S</p> |  |
| <h1>INDICE</h1> | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Cronograma <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Cronograma Completo 1.2 Cronograma Mini 1.3 Cronograma Mensual 1.4 Cronograma Semanal 1.5 Cronograma Diario 1.6 Configuración 2. Procedimientos 3. Actividades de mantenimiento <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Trituradora Trio 3.2 Lavadora 3.3 Retroexcavadora 3.4 Cargador Frontal 3.5 Volqueta 4. Formato Orden De Trabajo 5. Formato Hoja De Vida 6. Formato Ficha Técnica 7. Formato Pre Operacional 8. Formato Costos De Mantenimiento 9. Formato Solicitud De Repuestos 10. Indicadores De Mantenimiento <ol style="list-style-type: none"> 10.1 Disponibilidad 10.2 Confiabilidad 10.3 Mantenibilidad 11. Indicadores <ol style="list-style-type: none"> 11.1 Gestión 11.2 Planeación 11.3 Fiabilidad | | |

Cronograma

2022

| ENERO | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | | | | | 1 | 2 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31 | | | | | | |

| FEBRERO | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28 | | | | | | |

| MARZO | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28 | 29 | 30 | 31 | | | |

| ABRIL | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | | | | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |

| MAYO | | | | | | |
|------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | | | | | | 1 |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 30 | 31 | | | | | |

| JUNIO | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 27 | 28 | 29 | 30 | | | |

| JULIO | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | | | | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |

| AGOSTO | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 29 | 30 | 31 | | | | |




| SEPTIEMBRE | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | | |

| OCTUBRE | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | | | | | 1 | 2 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31 | | | | | | |

| NOVIEMBRE | | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28 | 29 | 30 | | | | |

| DICIEMBRE | | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | M | J | V | S | D |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |

Configuración

| CONFIGURACIÓN DETALLADA POR COLORES | | |
|-------------------------------------|---|---|
| ACTIVIDADES | | |
| LUBRICACIÓN |  | Las actividades asignadas en el cronograma de mantenimiento para las labores de lubricación se pueden identificar con el color azul |
| ELÉCTRICA |  | Las actividades asignadas en el cronograma de mantenimiento para las labores eléctricas se pueden identificar con el color verde |
| MECÁNICA |  | Las actividades asignadas en el cronograma de mantenimiento para las labores de mecánica se pueden identificar con el color rojo |

Procedimientos

| | | | | | |
|-----------------------|------------------|--------------|---------------|-----------------|-----------|
| Procedimientos | Orden de trabajo | Hoja de vida | Ficha técnica | Pre operacional | Costos de |
|-----------------------|------------------|--------------|---------------|-----------------|-----------|

Formatos

| | | | | |
|-------------------------|--------------|---------------|-----------------|-------------------------|
| Orden de trabajo | Hoja de vida | Ficha técnica | Pre operacional | Costos de mantenimiento |
|-------------------------|--------------|---------------|-----------------|-------------------------|

Indicadores

| | | | | | |
|-----------------------|---------------|----------------|---------|------------|------------|
| Disponibilidad | Confiabilidad | Mantenibilidad | Gestión | Planeación | Fiabilidad |
|-----------------------|---------------|----------------|---------|------------|------------|

Anexo 9. Inspección General de la Trituradora Trio

| Trituradora trío Lubricación | | | |
|---|--|--|--|
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor trifásico. | <ul style="list-style-type: none"> • Siemens | <ul style="list-style-type: none"> • Aceite para cadena • Lubricador en aerosol | <ul style="list-style-type: none"> • Aceitera manual • Brocha |
| Moto reductores | <ul style="list-style-type: none"> • Siemens | <ul style="list-style-type: none"> • Aceite para cadena • Lubricador en aerosol | <ul style="list-style-type: none"> • Aceitera manual • Brocha |
| Chumaceras | <ul style="list-style-type: none"> • P215 • P212 • P211 | <ul style="list-style-type: none"> • Grasa para rodamientos según recomendación de fabricante | <ul style="list-style-type: none"> • Grasera manual • Bomba de grasa neumática. |
| Triturador trío Eléctrico | | | |
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor trifásico. | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Cable de calibre igual al que se reemplazara. • Estaño • cinta adhesiva aislante. • Conectores. | <ul style="list-style-type: none"> • Multímetro • Pinza amperimétrica. • Cortafrío • Destornilladores • Pela cables. • Cautín. |
| Moto reductores | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Revisar los componentes eléctricos. • Estado del sistema de cableado y alimentación • Conectores. | <ul style="list-style-type: none"> • Multímetro • Pinza amperimétrica. • Cortafrío • Destornilladores • Pela cables. • Cautín. |
| Panel de control | <ul style="list-style-type: none"> • Panel de operación | <ul style="list-style-type: none"> • Revisar los componentes eléctricos. • Estado del sistema de cableado y alimentación • Conectores. | <ul style="list-style-type: none"> • Multímetro • Pinza amperimétrica. • Cortafrío • Destornilladores • Pela cables. • Cautín. |

| Triturador trío Mecánica | | | |
|-------------------------------------|---|--|---|
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor trifásico. | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Tornillo prisionero • Tornillo pasante de 1/2 • Tuercas de 1/2 | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Juego de llaves Bristol • Brocha o cepillo. |
| Moto reductores | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Tornillo prisionero • Tornillo pasante de 1/2 • Tuercas de 1/2 | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Juego de llaves Bristol • Brocha o cepillo. |
| Bandas transportadoras | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Grapas industriales | <ul style="list-style-type: none"> • Llave especial para grapas |
| Panel de control | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Pernos de fijación. • Tuercas hexagonales. | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Brocha o cepillo. • Soplete industrial |
| Chumaceras | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Tornillos prisioneros | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves Bristol • Brocha o cepillo. |
| Estructura. | <ul style="list-style-type: none"> • Lamina de 1/8 • Lamina de 3/16 | <ul style="list-style-type: none"> • Lámina metálica • Barras de soldadura. • Pintura. | <ul style="list-style-type: none"> • Equipo soldador. • Cortadora de lámina (manual o eléctrica). • Pistola para pintura o brocha. |
| Zaranda | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Mallas metálicas | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves |

Anexo 10. Inspección General de la Lavadora

| Lavadora Lubricación | | | |
|---------------------------------|--|--|--|
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor trifásico. | <ul style="list-style-type: none"> • Siemens | <ul style="list-style-type: none"> • Aceite para cadena • Lubricador en aerosol | <ul style="list-style-type: none"> • Aceitera manual • Brocha |
| Moto reductores | <ul style="list-style-type: none"> • Siemens | <ul style="list-style-type: none"> • Aceite para cadena • Lubricador en aerosol | <ul style="list-style-type: none"> • Aceitera manual • Brocha |
| Chumaceras | <ul style="list-style-type: none"> • P215 • P213 • P210 | <ul style="list-style-type: none"> • Grasa para rodamientos según recomendación de fabricante | <ul style="list-style-type: none"> • Graseira manual • Bomba de grasa neumática. |

| Lavadora Eléctrico | | | |
|-------------------------------|--|--|--|
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor trifásico. | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Cable de calibre igual al que se reemplazara. • Estaño • cinta adhesiva aislante. • Conectores. | <ul style="list-style-type: none"> • multímetro • pinza amperimétrica. • Cortafrío • Destornilladores • Pela cables. • Cautín. |
| Moto reductores | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Revisar los componentes eléctricos. • Estado del sistema de cableado y alimentación • Conectores. | <ul style="list-style-type: none"> • multímetro • pinza amperimétrica. • Cortafrío • Destornilladores • Pela cables. • Cautín. |
| Panel de control | <ul style="list-style-type: none"> • Panel de operación | <ul style="list-style-type: none"> • Revisar los componentes eléctricos. • Estado del sistema de cableado y alimentación • Conectores. | <ul style="list-style-type: none"> • multímetro • pinza amperimétrica. • Cortafrío • Destornilladores • Pela cables. • Cautín. |

| Lavadora Mecánica | | | |
|-------------------------------|---|--|---|
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor trifásico. | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Tornillo prisionero • Tornillo pasante de 1/2 • Tuercas de 1/2 | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Juego de llaves Bristol • Brocha o cepillo. |
| Moto reductores | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Tornillo prisionero • Tornillo pasante de 1/2 • Tuercas de 1/2 | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Juego de llaves Bristol • Brocha o cepillo. |
| Bandas transportadoras | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Grapas industriales | <ul style="list-style-type: none"> • Llave especial para grapas |
| Panel de control | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Pernos de fijación. • Tuercas hexagonales. | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Brocha o cepillo. • Soplete industrial |
| Chumaceras | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Tornillos prisioneros | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves Bristol • Brocha o cepillo. |
| Estructura. | <ul style="list-style-type: none"> • Lamina de 1/8 • Lamina de 3/16 | <ul style="list-style-type: none"> • Lámina metálica • Barras de soldadura. • Pintura. | <ul style="list-style-type: none"> • Equipo soldador. • Cortadora de lámina (manual o eléctrica). • Pistola para pintura o brocha. |
| Zaranda | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Mallas metálicas | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves |

Anexo 11. Inspección General de la Retroexcavadora (324D)

| Retroexcavadora 324D | | | |
|---------------------------|---|---|--|
| Lubricación | | | |
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor | <ul style="list-style-type: none"> C7 | <ul style="list-style-type: none"> Aceite 15W40 | <ul style="list-style-type: none"> Llenado manual. (embudo). Herramientas manuales para el tapón de llenado y evacuación de aceite. |
| Servo transmisión | <ul style="list-style-type: none"> No aplica | <ul style="list-style-type: none"> Aceite 10W40 | <ul style="list-style-type: none"> Llenado manual. (embudo). Herramientas manuales para el tapón de llenado y evacuación de aceite. |
| Sistema hidráulico | <ul style="list-style-type: none"> No aplica | <ul style="list-style-type: none"> Iso 68 | <ul style="list-style-type: none"> Llenado manual. (embudo). Herramientas manuales para el tapón de llenado y evacuación de aceite. |
| Equipo de levante | <ul style="list-style-type: none"> No aplica | <ul style="list-style-type: none"> Grasa Maxter Graseras de 1/8 y 3/8 | <ul style="list-style-type: none"> Grasera manual Bomba de grasa neumática. |
| Orugas | <ul style="list-style-type: none"> Ruedas tensoras | <ul style="list-style-type: none"> Valvulina Grasa Maxter | <ul style="list-style-type: none"> Llenado manual. (embudo). Bomba de aceite por presión. Herramientas manuales para el tapón de llenado y evacuación de aceite. Bomba de grasa neumática. |

| Retroexcavadora 324D | | | |
|----------------------|---|---|--|
| Eléctrico | | | |
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Baterías | <ul style="list-style-type: none"> MAC 31H | <ul style="list-style-type: none"> Cable de calibre igual al que se reemplazara. Bornes Cinta adhesiva aislante. | <ul style="list-style-type: none"> Multímetro Cortafrío Destornilladores Pela cables. Juego de llaves |
| Sensores | <ul style="list-style-type: none"> No aplica | <ul style="list-style-type: none"> Revisar los componentes eléctricos y electrónicos Limpia contactos | <ul style="list-style-type: none"> Juego de llaves Cortafrío Destornilladores Pela cables. |

| Retroexcavadora 324D | | | |
|-----------------------------|---|--|---|
| Mecánica | | | |
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor | <ul style="list-style-type: none"> • C7 | <ul style="list-style-type: none"> • Tornillos • Tuercas hexagonales | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Juego de Bristol • Brocha o cepillo. |
| Balde | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Dientes • Bases de dientes • Láminas de 5/16 • Soldadura | <ul style="list-style-type: none"> • Equipo soldador. • Cortadora de lámina (manual o eléctrica) • Pulidora • Martillo • Cepillo alambre |
| Orugas | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Carriles • Tejas • Pasos de cadena • Tornillos 13/16 rosca fina | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Maceta • Cadenas • Brocha o cepillo. |

Anexo 12. Inspeccion General del Cargador Frontal (950F)

| Cargador frontal 950F | | | |
|------------------------------|---|---|---|
| Lubricación | | | |
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor | <ul style="list-style-type: none"> • 3116 | <ul style="list-style-type: none"> • Aceite 15W40 | <ul style="list-style-type: none"> • Llenado manual. (embudo). • Herramientas manuales para el tapón de llenado y evacuación de aceite. |
| Servo transmisión | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Aceite 10W40 | <ul style="list-style-type: none"> • Llenado manual. (embudo). • Herramientas manuales para el tapón de llenado y evacuación de aceite. |
| Sistema hidráulico | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Iso 68 | <ul style="list-style-type: none"> • Llenado manual. (embudo). • Herramientas manuales para el tapón de llenado y evacuación de aceite. |
| Equipo de levante | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Grasa Maxter • Graseras de 1/8 y 3/8 | <ul style="list-style-type: none"> • Grasera manual • Bomba de grasa neumática. |

| Cargador frontal 950F | | | |
|------------------------------|---|---|--|
| Eléctrico | | | |
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Baterías | <ul style="list-style-type: none"> • MAC 31H | <ul style="list-style-type: none"> • Cable de calibre igual al que se reemplazara. • Bornes • Cinta adhesiva aislante. | <ul style="list-style-type: none"> • Multímetro • Cortafrío • Destornilladores • Pela cables. • Juego de llaves |
| Sensores | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Revisar los componentes eléctricos y electrónicos • Limpia contactos | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves • Cortafrío • Destornilladores • Pela cables. |

| Cargador frontal 950F | | | |
|------------------------------|---|---|---|
| Mecánica | | | |
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor | <ul style="list-style-type: none"> • 3116 | <ul style="list-style-type: none"> • Tornillos • Tuercas hexagonales | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Juego de Bristol • Brocha o cepillo. |
| Balde | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Cuchillas • Tornillos de herraje • Láminas de 5/16 • Soldadura | <ul style="list-style-type: none"> • Equipo soldador. • Cortadora de lámina (manual o eléctrica) • Pulidora • Martillo • Cepillo alambre |
| Llantas | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Llantas • Neumáticos • Protectores • Válvulas • Tornillos Rin | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Maceta • Cadenas • Gato hidráulico • Brocha o cepillo. |

Anexo 13. Inspección General de la Volqueta International

| Volqueta International Lubricación | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor | <ul style="list-style-type: none"> ISM | <ul style="list-style-type: none"> Aceite 15W40 | <ul style="list-style-type: none"> Llenado manual. (embudo). Herramientas manuales para el tapón de llenado y evacuación de aceite. |
| Transmisión | <ul style="list-style-type: none"> No aplica | <ul style="list-style-type: none"> Valvulina 140 | <ul style="list-style-type: none"> Llenado manual. (embudo). Herramientas manuales para el tapón de llenado y evacuación de aceite. |
| Sistema hidráulico | <ul style="list-style-type: none"> No aplica | <ul style="list-style-type: none"> Aceite 10W40 | <ul style="list-style-type: none"> Llenado manual. (embudo). Herramientas manuales para el tapón de llenado y evacuación de aceite. |
| Pasadores | <ul style="list-style-type: none"> No aplica | <ul style="list-style-type: none"> Grasa Maxter Graseras de 1/8 y 3/8 | <ul style="list-style-type: none"> Grasera manual Bomba de grasa neumática. |

| Volqueta International Eléctrico | | | |
|-------------------------------------|---|---|--|
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Baterías | <ul style="list-style-type: none"> MAC 31H | <ul style="list-style-type: none"> Cable de calibre igual al que se reemplazara. Bornes Cinta adhesiva aislante. | <ul style="list-style-type: none"> Multímetro Cortafrío Destornilladores Pela cables. Juego de llaves |
| Sensores | <ul style="list-style-type: none"> No aplica | <ul style="list-style-type: none"> Revisar los componentes eléctricos y electrónicos Limpia contactos | <ul style="list-style-type: none"> Juego de llaves Cortafrío Destornilladores Pela cables. |

| Volqueta International Mecánica | | | |
|--|---|---|---|
| Elemento | Descripción o referencia | Consumibles | Herramientas necesarias |
| Motor | <ul style="list-style-type: none"> • ISM | <ul style="list-style-type: none"> • Tornillos • Tuercas hexagonales | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Juego de Bristol • Brocha o cepillo. |
| Volco | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Láminas de 5/16 • Soldadura | <ul style="list-style-type: none"> • Equipo soldador. • Cortadora de lámina (manual o eléctrica) • Pulidora • Martillo • Cepillo alambre |
| Llantas | <ul style="list-style-type: none"> • No aplica | <ul style="list-style-type: none"> • Llantas • Neumáticos • Protectores • Válvulas • Tornillos Rin | <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves inglesas o métricas. • Maceta • Cadenas • Gato hidráulico • Brocha o cepillo. |

Anexo 14. Actividades de L.E.M – Trituradora Trio

Actividades de lubricación

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|-------------------------------------|--------|-------------|
| Cambio de aceite | L01 | Semestral |
| Revisión de nivel de aceite | L02 | Diario |
| Revisión Fugas de aceite | L03 | Diario |
| Lubricación del motor | L07 | Trimestral |
| Engrase y lubricación moto reductor | L08 | Trimestral |
| Engrase de muela móvil | L09 | Semanal |
| Engrase de muela fija | L10 | Semanal |
| Engrase de volantes | L11 | Semanal |
| Engrase de chumaceras | L12 | Cada 2 días |
| Engrase eje de zarandas | L13 | Semanal |
| Lubricación de rodillos | L14 | Mensual |
| Lubricación de cadenas | L15 | Semanal |
| Lubricación de poleas | L16 | Mensual |

Actividades eléctricas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|------------------|
| Revisión, ajuste y/ó cambio de conexiones eléctricas | E01 | Diario/Semestral |
| Revisión de voltaje y amperaje | E02 | Semanal |
| Revisión tableros de control | E03 | Diario |
| Revisión motores eléctricos | E04 | Mensual |
| Revisión moto reductores | E05 | Mensual |
| Revisión del estado de los cables y general | E06 | Mensual |
| Limpieza, secado del inducido. | E07 | Semestral |
| Revisión eléctrica y control de la tacométrica. | E08 | Trimestral |
| Controlar flujo de alimentación | E09 | Semanal |

Actividades mecánicas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|------------|
| Ajustes y alineación de partes móviles | M01 | Semestral |
| Revisión y verificación de engranes | M02 | Mensual |
| Cambio de engranes | M03 | Anual |
| Inspección de bandas, correas y poleas | M05 | Mensual |
| Cambio de bandas, correas y poleas | M06 | Anual |
| Limpieza rejillas del motor | M07 | Mensual |
| Inspección visual de posibles daños y/ó verificación del Estado de la máquina. | M08 | Diario |
| Revisión, verificación de rodamientos y chumaceras. | M09 | Mensual |
| Cambio de rodamientos y chumaceras. | M10 | Anual |
| Revisión general de máquinas | M11 | Mensual |
| Ajuste general de máquinas | M12 | Semestral |
| Revisión de la cadena | M13 | Mensual |

| | | |
|---|-----|---------------|
| Tensión de la cadena | M14 | Semestral |
| Cambio de cadena | M15 | Anual |
| Revisión tuberías y mangueras del sistema hidráulico | M16 | Mensual |
| Mantenimiento general (Ajustes y/o cambio de piezas de ser necesario) | M19 | Semestral |
| Revisión, verificación de estructura (Bajantes) | M20 | Semestral |
| Cambio de estructura (Bajantes) | M21 | Cada 24 meses |
| Revisión, verificación de zarandas | M22 | Mensual |
| Cambio de zarandas | M23 | Anual |
| Revisión, verificación y/ó cambio de mallas | M24 | Mensual |
| Cambio de mallas | M25 | Anual |
| Revisión, verificación visual de tornillos, pernos y tuercas. | M28 | Semanal |
| Cambio de tornillos, pernos y tuercas. | M29 | Semestral |
| Tensión de la banda y poleas | M32 | Semestral |
| Alineación poleas, correas y motor | M33 | Semestral |
| Mantenimiento ductos de paso de material | M34 | Semestral |

Anexo 15. Actividades de L.E.M – Lavadora

Actividades de lubricación

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|-------------------------------------|--------|-------------|
| Lubricación del motor | L07 | Trimestral |
| Engrase y lubricación moto reductor | L08 | Trimestral |
| Engrase de volantes | L11 | Semanal |
| Engrase de chumaceras | L12 | Cada 2 días |
| Engrase eje de zarandas | L13 | Semanal |
| Lubricación de rodillos | L14 | Mensual |
| Lubricación de cadenas | L15 | Semanal |
| Lubricación de poleas | L16 | Mensual |

Actividades eléctricas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|------------------|
| Revisión, ajuste y/o cambio de conexiones eléctricas | E01 | Diario/Semestral |
| Revisión de voltaje y amperaje | E02 | Semanal |
| Revisión tableros de control | E03 | Diario |
| Revisión motores eléctricos | E04 | Mensual |
| Revisión moto reductores | E05 | Mensual |
| Revisión del estado de los cables y general | E06 | Mensual |
| Limpieza, secado del inducido. | E07 | Semestral |
| Revisión eléctrica y control de la tacométrica. | E08 | Trimestral |
| Controlar flujo de alimentación | E09 | Semanal |

Actividades mecánicas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|------------|
| Ajustes y alineación de partes móviles | M01 | Semestral |
| Revisión y verificación de engranes | M02 | Mensual |
| Cambio de engranes | M03 | Anual |
| Inspección de bandas, correas y poleas | M05 | Mensual |
| Cambio de bandas, correas y poleas | M06 | Anual |
| Limpieza rejillas del motor | M07 | Mensual |
| Inspección visual de posibles daños y/o verificación del Estado de la máquina. | M08 | Diario |
| Revisión, verificación de rodamientos y chumaceras. | M09 | Mensual |
| Cambio de rodamientos y chumaceras. | M10 | Anual |
| Revisión general de máquinas | M11 | Mensual |
| Ajuste general de máquinas | M12 | Semestral |
| Revisión de la cadena | M13 | Mensual |
| Tensión de la cadena | M14 | Semestral |
| Cambio de cadena | M15 | Anual |
| Mantenimiento general (Ajustes y/o cambio de piezas de ser necesario) | M19 | Semestral |
| Revisión, verificación de estructura (Bajantes) | M20 | Semestral |

| | | |
|---|-----|---------------|
| Cambio de estructura (Bajantes) | M21 | Cada 24 meses |
| Revisión, verificación de zarandas | M22 | Mensual |
| Cambio de zarandas | M23 | Anual |
| Revisión, verificación y/ó cambio de mallas | M24 | Mensual |
| Cambio de mallas | M25 | Anual |
| Revisión, verificación visual de tornillos, pernos y tuercas. | M28 | Semanal |
| Cambio de tornillos, pernos y tuercas. | M29 | Semestral |
| Tensión de la banda y poleas | M32 | Semestral |
| Alineación poleas, correas y motor | M33 | Semestral |
| Mantenimiento ductos de paso de material | M34 | Semestral |

Anexo 16. Actividades de L.E.M – Retroexcavadora (324D)

Actividades de lubricación

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|-----------------------------|--------|-------------|
| Cambio de aceite | L01 | Semestral |
| Revisión de nivel de aceite | L02 | Diario |
| Revisión Fugas de aceite | L03 | Diario |
| Lubricación del motor | L07 | Trimestral |
| Engrase de pasadores | L19 | Semanal |
| Engrase equipo | L25 | Cada 2 días |
| Engrase ruedas tensoras | L26 | Cada mes |
| Lubricación mando final | L27 | Semanal |

Actividades eléctricas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|------------------|
| Revisión, ajuste y/ó cambio de conexiones eléctricas | E01 | Diario/Semestral |
| Revisión de voltaje y amperaje | E02 | Semanal |
| Revisión del estado de los cables y general | E06 | Mensual |
| Revisión de bornes de batería | E10 | Semanal |

Actividades mecánicas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|------------|
| Ajustes y alineación de partes móviles | M01 | Semestral |
| Revisión y verificación de engranes | M02 | Mensual |
| Cambio de engranes | M03 | Anual |
| Revisión del nivel del refrigerante | M04 | Semanal |
| Inspección visual de posibles daños y/ó verificación del Estado de la máquina. | M08 | Diario |
| Revisión de la cadena | M13 | Mensual |
| Tensión de la cadena | M14 | Semestral |
| Cambio de cadena | M15 | Anual |
| Revisión tuberías y mangueras del sistema hidráulico | M16 | Mensual |
| Revisión filtro de aceite | M17 | Mensual |
| Cambio filtro de aceite | M18 | Semestral |
| Mantenimiento general (Ajustes y/o cambio de piezas de ser necesario) | M19 | Semestral |
| Revisión, verificación visual de tornillos, pernos y tuercas. | M28 | Semanal |
| Cambio de tornillos, pernos y tuercas. | M29 | Semestral |
| Revisión de pasadores de piezas móviles | M30 | Mensual |
| Tensión de la banda y poleas | M32 | Semestral |
| Alineación poleas, correas y motor | M33 | Semestral |
| Verificar estado del balde | M39 | Semanal |

Anexo 17. Actividades de L.E.M – Cargador Frontal (950F)

Actividades de lubricación

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|-----------------------------|--------|-------------|
| Cambio de aceite | L01 | Semestral |
| Revisión de nivel de aceite | L02 | Diario |
| Revisión Fugas de aceite | L03 | Diario |
| Lubricación del motor | L07 | Trimestral |
| Engrase de crucetas | L17 | Semanal |
| Engrase de pasadores | L19 | Semanal |
| Engrase equipo | L25 | Cada 2 días |

Actividades eléctricas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|------------------|
| Revisión, ajuste y/o cambio de conexiones eléctricas | E01 | Diario/Semestral |
| Revisión de voltaje y amperaje | E02 | Semanal |
| Revisión del estado de los cables y general | E06 | Mensual |
| Revisión de bornes de batería | E10 | Semanal |

Actividades mecánicas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|------------|
| Ajustes y alineación de partes móviles | M01 | Semestral |
| Inspección visual de posibles daños y/o verificación del Estado de la máquina. | M08 | Diario |
| Revisión tuberías y mangueras del sistema hidráulico | M16 | Mensual |
| Mantenimiento general (Ajustes y/o cambio de piezas de ser necesario) | M19 | Semestral |
| Revisión, verificación visual de tornillos, pernos y tuercas. | M28 | Semanal |
| Cambio de tornillos, pernos y tuercas. | M29 | Semestral |
| Tensión de la banda y poleas | M32 | Semestral |
| Alineación poleas, correas y motor | M33 | Semestral |
| Verificar estado de crucetas | M37 | Mensual |
| Verificar estado del balde | M39 | Semanal |

Anexo 18. Actividades de L.E.M – Volqueta international

Actividades de lubricación

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|------------------------------------|--------|-------------|
| Cambio de aceite | L01 | Semestral |
| Revisión de nivel de aceite | L02 | Diario |
| Revisión Fugas de aceite | L03 | Diario |
| Lubricación del motor | L07 | Trimestral |
| Engrase de crucetas | L17 | Semanal |
| Engrase de splinder | L18 | Semanal |
| Engrase de pasadores | L19 | Semanal |
| Engrase de terminales de dirección | L20 | Semanal |
| Engrase de candados y ejes | L21 | Semanal |
| Engrase de punta de cardan | L22 | Semanal |
| Engrase de caja de dirección | L23 | Mensual |
| Engrase de muelles | L24 | Semanal |
| Engrase equipo | L25 | Cada 2 días |

Actividades eléctricas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|------------------|
| Revisión, ajuste y/ó cambio de conexiones eléctricas | E01 | Diario/Semestral |
| Revisión de voltaje y amperaje | E02 | Semanal |
| Revisión del estado de los cables y general | E06 | Mensual |
| Revisión de bornes de batería | E10 | Semanal |

Actividades mecánicas

| ACTIVIDAD | CÓDIGO | FRECUENCIA |
|--|--------|---------------|
| Revisión del nivel del refrigerante | M04 | Semanal |
| Inspección visual de posibles daños y/ó verificación del Estado de la máquina. | M08 | Diario |
| Revisión, verificación de rodamientos y chumaceras. | M09 | Mensual |
| Cambio de rodamientos y chumaceras. | M10 | Anuual |
| Revisión tuberías y mangueras del sistema hidráulico | M16 | Mensual |
| Revisión filtro de aceite | M17 | Mensual |
| Cambio filtro de aceite | M18 | Semestral |
| Mantenimiento general (Ajustes y/o cambio de piezas de ser necesario) | M19 | Semestral |
| Revisión, verificación de estructura | M20 | Semestral |
| Cambio de estructura | M21 | Cada 24 meses |
| Revisión, verificación de ejes | M26 | Mensual |
| Cambio de ejes | M27 | Anuual |
| Revisión, verificación visual de tornillos, pernos y tuercas. | M28 | Semanal |
| Cambio de tornillos, pernos y tuercas. | M29 | Semestral |
| Revisión de pasadores de piezas móviles | M30 | Mensual |
| Revisión del sistema de enfriamiento | M31 | Mensual |

| | | |
|--|-----|-----------|
| Tensión de la banda y poleas | M32 | Semestral |
| Alineación poleas, correas y motor | M33 | Semestral |
| Verificar presión de aire en las llantas | M35 | Semanal |
| Verificar el estado de las llantas | M36 | Mensual |
| Verificar estado de crucetas | M37 | Mensual |
| Verificar estado del volcó | M38 | Semanal |

Anexo 19. Carta de autorización

Alvarado, 26 de octubre del 2021

Ing Sandy Mosquera
Directora Del Programa De Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad Antonio Nariño

Estimada Ing. Sandy Mosquera

Tengo el gusto de comunicarle que los señores Juan Pablo González y Jonathan Andrade Muñoz nos han pasado una propuesta para la implementación de un plan de mantenimiento a nuestra empresa, el cual la encontramos muy pertinente ya que estamos en pro de mejora de los procesos internos; por lo tanto, el señor JUAN PABLO GONZÁLEZ identificado con C.C 1.109.387.380 y el señor JONATHAN ANDRADE MUÑOZ identificado con C.C 1.110.552.045, tienen la autorización de realizar el debido desarrollo del plan de mantenimiento.

No siendo otro el objeto de la presente.

Cordialmente.

FRANCISCO JOSÉ NAVARRO
ADMINISTRADOR

Dirección: Carrera 7 No. 156-80 Torre 1 Oficina 901 del Edificio North Point
Bogotá DC.

Cel. 3138882741 - 3013137438