

DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA TRITURADORA
MÓVIL 1012T DE LA EMPRESA DISMET S.A.S., BOGOTÁ

LUIS ENRIQUE JIMÉNEZ PRIETO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2.019

DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA TRITURADORA
MÓVIL 1012T DE LA EMPRESA DISMET S.A.S., BOGOTÁ

LUIS ENRIQUE JIMÈNEZ PRIETO

Proyecto de trabajo de grado para optar por el título de
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2.019

Nota de aceptación:

Jurado 1
Ing. José Luis Ramírez

Jurado 2
Ing. Bolívar Andres Monroy

BOGOTÁ D.C. Agosto del 2.019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD AMÉRICA

Presidente institucional y Director del claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Las directivas de la Universidad América, los jurados calificadores y el cuerpo de docentes no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

Dedicación especial para mis padres, Jose Jiménez y Sandra Prieto, porque esto también es fruto del esfuerzo y amor que han dedicado durante muchos años para mi formación, es momento de hacerlos sentir una vez más orgullosos del gran ser humano y profesional que tienen como hijo, porque ante toda adversidad nunca negaron la posibilidad de cumplir esta meta.

A mis padres, por nunca limitarme la posibilidad de soñar, por nunca dudar de mis metas, por siempre apoyarme en mis decisiones, por tener la paciencia de soportar mi difícil temperamento, porque sin ellos no habría sido posible este gran logro. Al cuerpo de docentes por brindarnos e instruirnos con su experiencia y conocimiento, porque son ellos los primeros en cuestionarnos como ingenieros y demostrarnos porque y para que nos estamos formando, finalmente no hay mayor agradecimiento que a Dios por ser el guía de este gran destino.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	21
1.1 ORIGEN	21
1.2 POLÍTICA INTEGRAL DE GESTIÓN	22
1.3 MISIÓN	23
1.4 VISIÓN	23
1.6 ORGANIGRAMA	23
1.7 AREA DEL PROYECTO	25
1.7.1 Contexto operacional	25
1.7.2 Alquiler.	27
1.7.3 Venta	27
2. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO	28
2.1 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	28
2.1.1 Personal involucrado	28
2.1.2 Contratación de servicios externos.	30
2.2 GESTIÓN DE REPUESTOS	30
2.3 DOCUMENTACIÓN DE LA TRITURADORA	31
3. DESCRIPCIÓN DE LA TRITURADORA	32
3.1 SISTEMAS Y SUBSISTEMAS	32
3.1.1 Sistema de Generación	33
3.1.2 Sistema Hidráulico	35
3.1.3 Sistema Eléctrico.	37
3.1.4 Sistema de Almacenamiento	38
3.1.5 Sistema de Alimentación	38
3.1.6 Sistema de Trituración	40
3.1.7 Sistema de Descarga Principal	44
3.1.8 Sistema de Descarga Lateral	46
3.1.9 Sistema de Desplazamiento	48
4. CLASIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN	49
4.1 CLASIFICACIÓN	49
4.1 CODIFICACIÓN	54
5. ANÁLISIS DE FALLAS & CRITICIDAD	61
5.1 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA	61
5.2 CODIFICACIÓN DE FALLAS	67

5.3 NUMERO PRIORITARIO DE RIESGO	70
6. CONTROL & REGISTRO	77
6.1 SISTEMA DE INFORMACIÓN	77
6.1.1 Ficha técnica	77
6.1.2 Solicitud de servicio	80
6.1.3 Orden de trabajo	81
6.1.4 Hoja de vida	83
7. EJECUCIÓN Y PREVENCIÓN	85
7.1 ACTIVIDADES PREVENTIVAS	85
7.1.1 Actividades basadas en el tiempo	85
7.1.2 Actividades de mantenimiento basadas en la condición de estado	86
7.2 PROCEDIMIENTOS	87
7.2.1 Procedimiento de inspección	87
7.2.2 Procedimiento de Ajuste y Limpieza	87
7.2.3 Procedimiento de lubricación	87
7.3 RUTA DE MANTENIMIENTO	88
7.4 RUTA DE LUBRICACIÓN	96
7.5 CARTA DE LUBRICACIÓN	99
8. ESTUDIO DE REPUESTOS	102
8.1 SELECCIÓN DE REPUESTOS	102
8.2 CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS	103
8.3 DETERMINACIÓN DEL STOCK	105
9. ANÁLISIS SOBRE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	110
9.1 CLASIFICACIÓN DE PROCESOS, ACTIVIDADES Y TAREAS	112
9.2.1 Descripción y clasificación de los peligros	113
9.2.2 Efectos Posibles	113
9.2.3 Identificar los controles existentes	113
9.3 VALORACIÓN DEL RIESGO	115
9.3.1 Evaluación de los riesgos	115
9.3.2 Aceptación del riesgo	118
9.4 CONTROL DE RIESGOS	119
9.4.1 Criterios para establecer los controles	119
9.4.2 Medidas de intervención	119
10. IMPACTO AMBIENTAL	121
10.1 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES	122
10.2 EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES	124

10.3 MEDIDAS DE CONTROL	129
10.3.1 Reducir la posibilidad	129
10.3.2 Reducir la consecuencia	130
10.4 MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS	131
11. BASE DE DATOS	133
11.1 MANEJO DE LA BASE DE DATOS	133
11.1.1. Instalación.	142
12.INDICADORES	143
12.1 CALCULO DE INDICADORES	144
12.1.1 Confiabilidad	144
12.1.2 Mantenibilidad	144
12.1.3 Disponibilidad	144
12.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	145
13. EVALUACIÓN FINANCIERA	148
13.1 INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO	148
13.2 COSTO DE EJECUCIÓN	149
13.2.1 Proyección de costos	149
13.3 COSTO POR INDISPONIBILIDAD	150
14. CONCLUSIONES	151
15. RECOMENDACIONES	153
BIBLIOGRAFÍA	154
ANEXOS	156

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación	50
Cuadro 2. Codificación sistemas & subsistemas	54
Cuadro 3. Descripción codificación sistemas & subsistemas	55
Cuadro 4. Codificación elementos & componentes	56
Cuadro 5. Analisis del Modo & Efecto de Falla	63
Cuadro 6. Codificación de fallas	67
Cuadro 7. Grado de severidad	71
Cuadro 8. Grado de ocurrencia	71
Cuadro 9. Grado de detección	72
Cuadro 10. Criticidad de sistemas	72
Cuadro 11. Numero prioritario de riesgo	73
Cuadro 12. Ficha técnica	78
Cuadro 13. Solicitud de servicio	80
Cuadro 14. Orden de Trabajo	82
Cuadro 15. Hoja de Vida	84
Cuadro 16. Frecuencias	86
Cuadro 17. Ruta de mantenimiento	89
Cuadro 18. Ruta de lubricación	97
Cuadro 19. Carta de lubricación	100
Cuadro 20. Clasificación de repuestos	105
Cuadro 21. Ejemplo clasificación	106
Cuadro 22. Stock de repuestos	108
Cuadro 23. Matriz de riesgos	111
Cuadro 24. Procesos y actividades	112
Cuadro 25. Descripción de niveles de daño	113
Cuadro 26. Ejemplo peligros	114
Cuadro 27. Determinación del nivel de deficiencia	116
Cuadro 28. Determinación del nivel de exposición	116
Cuadro 29. Determinación del nivel de probabilidad	117
Cuadro 30. Significado de los diferentes niveles de probabilidad	117
Cuadro 31. Determinación del nivel de consecuencias	117
Cuadro 32. Determinación del nivel de riesgo	118
Cuadro 33. Significado del nivel de riesgo	118
Cuadro 34. Ejemplo de aceptabilidad del riesgo	119
Cuadro 35. Identificación de aspectos e impactos ambientales	122
Cuadro 36. Criterio legal	124
Cuadro 37. Criterio impacto ambiental	125

Cuadro 38. Criterio partes interesadas	125
Cuadro 39. Nivel de significación	125
Cuadro 40. Matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales significativos	126
Cuadro 41. Clasificación de los residuos sólidos y peligrosos	131
Cuadro 42. Indicadores de gestión universal	145
Cuadro 43. Costo inversión inicial	148
Cuadro 44. Costo hora hombre	149
Cuadro 45. Costo anual del personal	149
Cuadro 46. Costo de rutas	150
Cuadro 47. Costo total plan de mantenimiento	150
Cuadro 48. Costo alquiler por hora	150

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Logo DISMET	21
Imagen 2. Logo TESAB	25
Imagen 3. Unidades trituradoras	25
Imagen 4. Precribador móvil TS1550	26
Imagen 5. Criba móvil TS3600	26
Imagen 6. Trituradora móvil 1012T	32
Imagen 7. Motor CAT C13	33
Imagen 8. Válvulas de control direccional	36
Imagen 9. Panel de control	37
Imagen 10. Tolva	38
Imagen 11. Trasmisión alimentador vibratorio	39
Imagen 12. Trasmisión molino impactor	40
Imagen 13. Embrague hidráulico KPTO	41
Imagen 14. Rotor	42
Imagen 15. Pantallas de impacto	42
Imagen 16. Setting del molino	43
Imagen 17. Trasmisión transportador de producto	44
Imagen 18. Rodillera	45
Imagen 19. Transportador lateral de finos	46
Imagen 20. Oruga	48
Imagen 21. Ventana inicio de sesión	133
Imagen 22. Ventana menú principal	134
Imagen 23. Formulario reporte diario	135
Imagen 24. Registro histórico del reporte diario	135
Imagen 25. Formulario indicadores	136
Imagen 26. Formulario solicitud de servicio	137
Imagen 27. Registro histórico solicitudes de servicio	137
Imagen 28. Formulario orden de trabajo	138
Imagen 29. Registro histórico ordenes de trabajo	139
Imagen 30. Formulario de mantenimiento	139
Imagen 31. Ventana Equipos	140
Imagen 32. Formulario especificaciones	141
Imagen 33. Hoja de Vida	141
Imagen 34. Consulta de indicadores	142

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Organigrama	24
Figura 2. Sistemas trituradora móvil 1012T	33
Figura 3. Niveles de clasificación	49
Figura 4. Estructura de codificación	54
Figura 5. Estructura codificación de fallas	67
Figura 6. Análisis de repuestos	105
Figura 7. Determinación del Stock	106

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Numero prioritario de riesgo	70
Ecuación 2. Nivel de riesgo	115
Ecuación 3. Nivel de probabilidad	115
Ecuación 4. Tiempo medio entre fallas	144
Ecuación 5. Tiempo medio para reparar	144
Ecuación 6. Disponibilidad	145

LISTA DE GRAFICOS

	pág.
Grafico 1. Fallas esporádicas & crónicas	62
Grafico 2. Determinación del Stock	107
Grafico 3. Disponibilidad	147

LISTADO DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Reporte diario/turno equipo	156
ANEXO B. Reporte servicio tecnico	157
ANEXO C. Componentes oruga	158
ANEXO D. Repuestos tipo B y C	160
ANEXO E. Plano hidráulico	163
ANEXO F. Matriz de riesgos	164
ANEXO G. Plan de implementación	165

RESUMEN

El objetivo fundamental de este proyecto fue desarrollar un plan de mantenimiento para la trituradora móvil 1012T de la empresa DISMET S.A.S., con el propósito de obtener la mayor disponibilidad y rendimiento del equipo, eliminar las fallas repetitivas, aprovechar el recurso técnico, tecnológico y humano, incrementar el control y registro, evitar sobrecostos y eliminar los tiempos perdidos.

Para alcanzar dicho objetivo, se realizó en primer lugar un acercamiento con la empresa, permitiendo conocer las generalidades de esta, la actividad económica y el contexto operacional de la trituradora, en segundo lugar, se realizó un análisis y descripción de la situación actual de mantenimiento, proceso fundamental para establecer la ruta más adecuada para el desarrollo del proyecto.

Del mismo modo, conocer el principio de funcionamiento de la trituradora, sus sistemas y subsistemas facilitó el desarrollo de la ruta establecida y para esto se tuvo que describir, clasificar y codificar cada uno de estos junto con sus elementos y componentes, asimismo, se estableció la prioridad de cada uno a través del análisis del modo y efecto de falla y del número prioritario de riesgo, estrategias que permitieron a su vez la codificación y clasificación de fallas.

Con base en los resultados de las estrategias utilizadas, se establecieron los procedimientos básicos de limpieza, ajuste y lubricación para cada uno de los sistemas, de modo que, el control y registro de intervenciones empezaría a tomar importancia y para esto se diseñaron los formatos básicos de mantenimiento y se determinaron los repuestos críticos que deben permanecer en stock.

Para las condiciones de seguridad y salud ocupacional, se analizaron todos los riesgos que conlleva el desarrollo de la actividad de mantenimiento, su nivel de exposición, control y mitigación, lo que permitió establecer la matriz de riesgos, adicionalmente se identificaron y evaluaron los aspectos e impactos ambientales y en base a esto se diseñaron las respectivas medidas de regulación.

Se desarrolló una base de datos para que la gestión del mantenimiento tuviera un mayor dominio en la administración y manejo de información. Se planteó el uso de indicadores de gestión universal para evaluar la importancia y desempeño del plan propuesto; finalmente se realizó la evaluación financiera para determinar el costo de planeación, implementación y ejecución.

PALABRAS CLAVE: Desarrollo, Plan de mantenimiento, Trituradora móvil

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó para la trituradora móvil 1012T de la empresa DISMET S.A.S., empresa Bogotana con más de 20 años de experiencia en la manipulación de materiales y soluciones para el sector minero, industrial y oil and gas. Con la *importancia* de aumentar la disponibilidad y confiabilidad del equipo, siendo esto fundamental en el desarrollo y crecimiento de la empresa al garantizar y ofrecer mejores condiciones operativas, mayor rendimiento y mejor rentabilidad.

El desarrollo del proyecto se *origina* a partir de la frecuente reiteración de fallas, tiempos perdidos, sobrecostos y desaprovechamiento del recurso tanto humano como técnico, provocados por la falta de un plan de mantenimiento.

El *objetivo* general se centra en “Desarrollar un plan de mantenimiento para la trituradora móvil 1012T de la empresa DISMET S.A.S., Bogotá”. Para lograr este objetivo es fundamental cumplir los objetivos específicos que son;

- ✓ Describir la empresa y contexto operacional en el cual trabaja a trituradora
- ✓ Diagnosticar la situación actual de mantenimiento de la trituradora
- ✓ Elaborar un listado de los sistemas y subsistemas de la trituradora y establecer un sistema de codificación
- ✓ Diagnosticar, codificar y clasificar los tipos de falla y establecer la criticidad de los sistemas involucrados
- ✓ Elaborar los formatos básicos de mantenimiento
- ✓ Desarrollar los procedimientos básicos de inspección, lubricación, ajuste y limpieza
- ✓ Realizar un estudio de repuestos
- ✓ Elaborar un análisis sobre las condiciones de seguridad y salud ocupacional del departamento de mantenimiento y secciones involucradas en el plan
- ✓ Elaborar un estudio ambiental sobre los procesos del área de mantenimiento
- ✓ Elaborar una base de datos
- ✓ Establecer los indicadores de gestión universal
- ✓ Evaluar financieramente el proyecto

El *alcance* del proyecto está enfocado en eliminar las principales causas que propician la baja disponibilidad de la trituradora, mediante un plan de mantenimiento orientado en la pronta recuperación y puesta en marcha del equipo en operación. La implementación de este será a medida que se vaya cumpliendo con los objetivos y estará debidamente ligado a la decisión de la empresa.

No se evaluarán alternativas que consideren rediseñar el equipo o subsistemas, no se analizara el material a triturar ni como este afecta el rendimiento de las piezas de desgaste, no se contemplara la máquina utilizada para alimentar el equipo ni para evacuar los conos de material, por último, dentro del estudio de repuestos no se tendrán en cuenta los precios ni los proveedores, esto como *limitaciones* para el desarrollo del proyecto.

La elaboración del proyecto se desarrolla siguiendo una *metodología* direccionada al cumplimiento progresivo de los objetivos planteados en donde inicialmente se establece el diagnóstico actual del mantenimiento, se identifica y caracteriza cada uno de sistemas y subsistemas involucrados, con el fin de establecer un sistema de clasificación y codificación, lo cual facilita el diagnóstico y análisis de fallas, para eventualmente jerarquizar y priorizar los sistemas a través de su criticidad, llegados a este punto es de gran importancia identificar las tareas o actividades que se están ejecutando, las que se pueden mejorar, las que se deben eliminar y aquellas que se deben implementar.

Dicho lo anterior se define la ruta de mantenimiento y la ruta de lubricación, a partir de este momento nace la necesidad de establecer los formatos básicos de mantenimiento y establecer un estudio de repuestos para tener un mayor control y registro en cada una de las intervenciones.

Es en este punto donde implementar el plan de mantenimiento toma *significado* al permitir obtener una mayor disponibilidad del equipo, generando un beneficio tanto para la empresa como para el cliente que adquiere el servicio al registrar mayor rentabilidad y eficiencia operacional, sin embargo, toda gestión de mantenimiento necesita administrar de manera adecuada la información, para lo cual se desarrolla una base de datos en donde adicionalmente se podrá medir el desempeño del mantenimiento a través de indicadores, generando una mejora continua.

La *implementación* de este plan de mantenimiento será de uso exclusivo para la trituradora móvil 1012T y será base fundamental para el desarrollo futuro de los planes de mantenimiento para los otros equipos de trituración y clasificación disponibles en la empresa.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

DISMET S.A.S. es una organización con más de 20 años de experiencia en el desarrollo de proyectos de ingeniería y fabricación de maquinaria para el mercado industrial, atendiendo el sector minero, constructor y obra pública; tiene reconocimiento brindado servicios de consultoría, interventoría y gerencia de proyectos para el sector de hidrocarburos, desarrollados y ejecutados con un excelente equipo profesional bajo altos estándares de calidad.

Imagen 1. Logo DISMET



Fuente: DISMET S.A.S. Página principal. Logo Dismet. [Citado 13 nov., 2018]. Disponible en: <https://www.dismet.com/#>

1.1 ORIGEN

De la mano del ingeniero Alfredo Gómez, un antiguo director de mantenimiento para cementos diamante y su hermano Fabio Gómez inician en 1990 IRMEC. Fabio decide vender su participación a otro socio, Javier Zarate quien fallece posteriormente en 1.994; es así como el ingeniero Alfredo junto con su esposa Amparo Sarmiento deciden replantear la nueva empresa con el nombre de DISMET LTDA.

DISMET LTDA comienza como una empresa prestadora de servicios de mantenimiento industrial y fabricación de repuestos especiales, estos comienzos no fueron para nada sencillos ya que el mercado era muy competitivo, así que deciden migrar al sector industrial, buscando mercado y posicionando la empresa en lo que se concibe hoy en día.

A partir del 2.004 DISMET es una marca registrada y reconocida por la superintendencia de industria y comercio, certificándose en ISO 9001. En 2.006 en búsqueda de una mejora y reconocimiento adquieren las certificaciones OHSAS 18001 e ISO 14001.

En el año 2.007 DISMET es galardonada con el segundo puesto del premio colombiano a la innovación tecnológica empresarial para las pymes (pequeñas y medianas empresas) INNOVA.

En 2.011 DISMET LTDA modifica su razón social a DISMET S.A.S.

Para el año 2.017 se traslada la planta de operación y producción desde Cota hacia Bogotá, ubicándose junto a la sede administrativa.

Hoy en día DISMET orienta sus esfuerzos a satisfacer las necesidades y requerimientos de sus clientes, dentro de los cuales se encuentran empresas de talla nacional e internacional como CEMEX, ARGOS, OHL, MAYAGÜEZ, HOLCIM, ECOPETROL, BRINSA, MINAS PAZ DEL RIO, entre otras. Contando con aliados estratégicos como TESAB, FERRIT, ARCO ELECTRÓNICA Y TRIO.

1.2 POLÍTICA INTEGRAL DE GESTIÓN

“Ser reconocidos como una organización sólida, confiable, efectiva y sostenible, en la gerencia de proyectos de ingeniería que dan solución a las necesidades de los sectores minero, constructor, hidrocarburos e industrial”¹ para ello orientan sus esfuerzos en;

- ✓ Satisfacer las necesidades y requerimientos de sus clientes
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la legislación vigente aplicable relacionada con la seguridad y salud en el trabajo y aspectos ambientales, así como otros requisitos suscritos por la organización
- ✓ Optimizar y mejorar continuamente el desempeño y la gestión del sistema integrado HSEQ
- ✓ Mantener el bienestar, seguridad y competencias de sus colaboradores
- ✓ Desarrollar programas de gestión, encaminados en la prevención de los impactos socio-ambientales y mantenimiento de la infraestructura
- ✓ Implementar y mantener medidas tendientes a garantizar el NO consumo de tabaco, alcohol y drogas; prohibiendo el porte y distribución de estas sustancias al igual que el trabajo bajo sus efectos

“Esta política aplica a todos los centro de trabajo de DISMET, así como a todos sus trabajadores, independientemente de su forma de contratación o vinculación, incluyendo los contratistas y subcontratistas.”²

¹ DISMET S.A.S. Política integral de gestión. [Citado 13 nov., 2018]. Disponible en: <https://www.dismet.com/nuestra-compania-politica-integral-de-gestion/>

² Ibíd.

1.3 MISIÓN

Generar riqueza y desarrollo hacia todas las partes interesadas, gestionando;

- ✓ Desarrollo de proyectos EPC (Engineering, Procurement, Consturction) que comprende diseño, fabricación y montaje de equipos industriales para el sector minero, construcción, obra pública e hidrocarburos
- ✓ Gerencia de proyectos, consultoría e interventoría y apoyo integral en servicios para el sector de hidrocarburos, minería y construcción

1.4 VISIÓN

Mantener para el 2.018 el reconocimiento de empresa nacional que gestiona eficaz y eficientemente proyectos integrales de ingeniería del mercado minero-hidrocarburo, construcción y obra pública con un criterio innovador y soluciones que impactan en una mayor efectividad operacional de los procesos industriales de nuestros clientes con beneficios sostenibles.

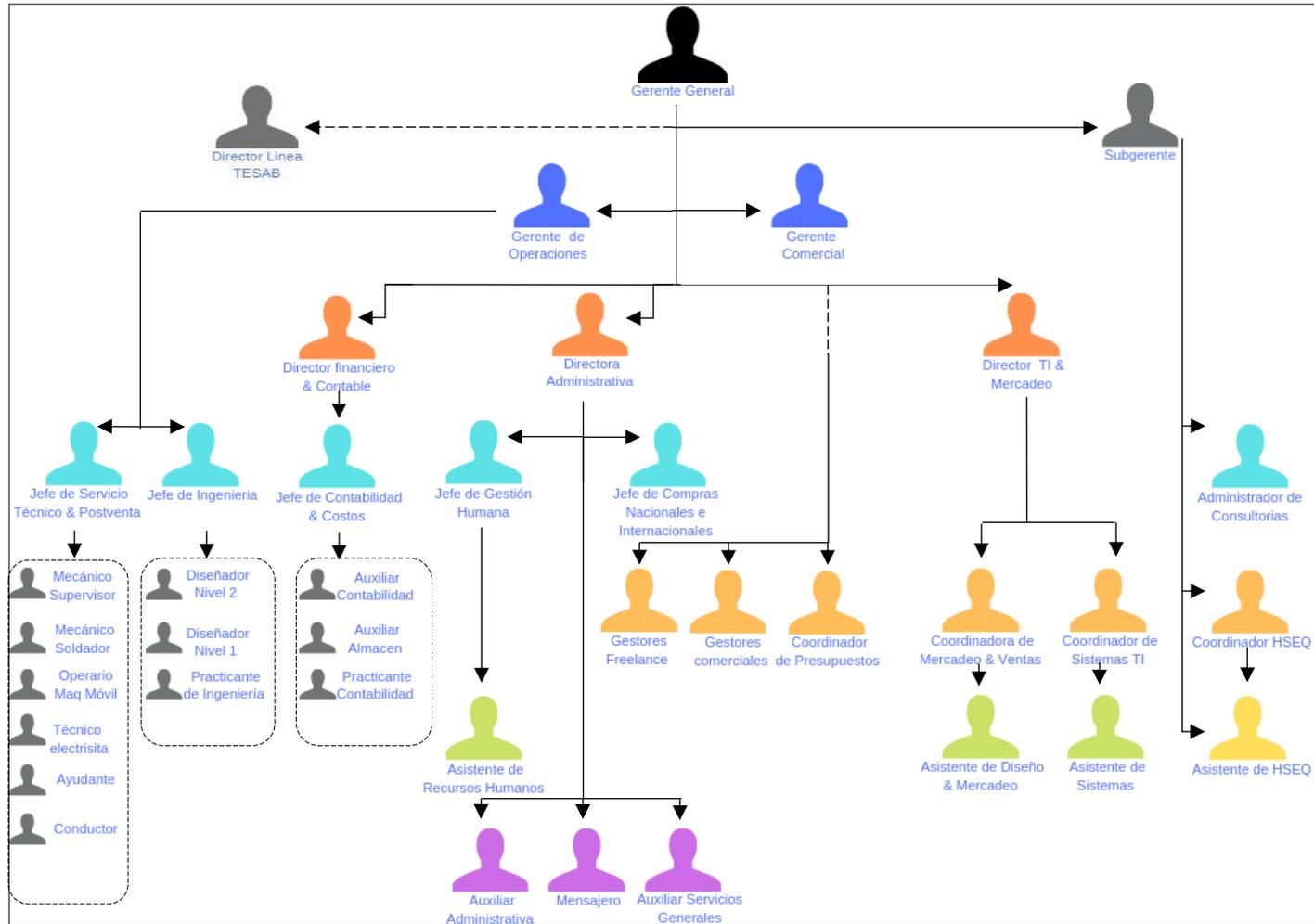
1.5 VALORES CORPORATIVOS

- ✓ Honestidad: Realiza todas sus operaciones basándose en principios de rectitud
- ✓ Perseverancia: No desisten fácilmente
- ✓ Creatividad e innovación: Aprenden, crean y convierten ideas y necesidades en procesos y productos
- ✓ Lealtad y equidad: Son fieles a la empresa y trabajan en equipo buscando el crecimiento mutuo
- ✓ Confianza: Van más allá de lo pactado
- ✓ Compromiso: Comprometidos y alineados con los objetivos de la organización

1.6 ORGANIGRAMA

La sostenibilidad, desarrollo y reconocimiento que ha conseguido DISMET S.A.S. a través de su historia ha sido por la buena gestión de los diferentes departamentos y /o áreas que la conforman; la empresa está establecida como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Organigrama



Fuente: elaboración propia con base al organigrama establecido por DISMET S.A.S

1.7 AREA DEL PROYECTO

Dentro de las diferentes actividades económicas en las que se desempeña la empresa, se destaca el alquiler y venta de equipos móviles de trituración y clasificación de la marca TESAB.

Imagen 2. Logo TESAB



Fuente: TESAB ENGINEERING LTD. Página principal. Logo Tesab. [Citado 20 nov., 2018]. Disponible en: <https://www.tesab.com/>

El alquiler o venta de estos equipos está dirigido principalmente al sector de obras públicas y en segundo lugar al sector minero en canteras y graveras. Liderado por el director de la línea comercial y controlado por servicio técnico y postventa.

1.7.1 Contexto operacional. Los equipos móviles de trituración y clasificación son empleados a cielo abierto, alimentados principalmente de rocas calizas, arenas, rocas ígneas y/o concreto proveniente de demoliciones para la producción de áridos como: gravas, arenas industriales, balasto, bases, sub-bases entre otros, destinados principalmente al sector de la construcción.

Las trituradoras móviles son capaces de alcanzar un rango de producción entre 150 y 400 ton/h con la factibilidad de que pueden llegar a ser usadas en trituración primaria, secundaria o terciaria, según su unidad trituradora ya sea tipo mandíbula, tipo impactor o tipo cono.

Imagen 3. Unidades trituradoras



Fuente: TESAB ENGINEERING LTD. Brochures. Tesab Crusher Range Brochure. [Citado 20 nov., 2018]. Disponible en: <https://www.tesab.com/wp-content/uploads/2014/02/Tesab-Crusher-Range-Brochure-English-for-web.pdf>

La razón de reducción entre el material de alimentación y el producto dependerá del tipo de trituradora, puesto que cada una usa principios y fuerzas de trituración diferentes, el tamaño de alimentación varía entre 25 a 40 in, mientras que el de producto puede estar entre 6 a 1/4 in.

Las cribas y precribadores móviles con frecuencia son usados en líneas de producción, bien sea seguidas de una trituradora o posteriores a esta, sin embargo, pueden llegar a ser alimentados directamente con excavadoras, procesando material proveniente de río, recebo de tuneladoras, excavaciones, entre otros.

Imagen 4. Precribador móvil TS1550



Fuente: TESAB ENGINEERING LTD. Tesab Screeners Range. TS1550 2 Deck Scalper. [Citado 20 nov., 2018]. Disponible en: <https://www.tesab.com/screeners-range/ts1550-2-deck-scalper-reclaimer-16-x-5-deck-size/>

La clasificación de material se da mediante equipos de vibración que permiten un efectivo cribado, obteniendo de 3 a 4 productos según el número de tendidos con los que cuente el equipo; el tamaño está definido por el hueco de la malla, bien sea, 1/4, 1/2, 3/4, 1, ..., 3 in, sobre tamaños y arenas.

Imagen 5. Criba móvil TS3600



Fuente: TESAB ENGINEERING LTD. Tesab Screeners Range. TS3600 3 Deck Screener. [Citado 20 nov., 2018]. Disponible en: <https://www.tesab.com/screeners-range/ts3600-3-deck-screener-20-x-5-deck-size/>

El uso de esta maquinaria es una solución rentable que ha empezado a tomar fuerza en Colombia, sobre todo en el desarrollo de vías 4G, en donde una planta de trituración fija no resulta ser lo más viable, debido a la cantidad de tiempo que demanda el montaje y que al finalizar las obras los equipos utilizados terminan siendo vendidos o en el peor de los casos se deterioran por falta de uso, mal almacenamiento y/o demora en su reubicación.

1.7.2 Alquiler. Los contratos de alquiler están establecidos bajo un mínimo de horas (*Stand By*) durante el mes, con un valor inicial fijo por hora. La operación y mantenimiento es asumida por el arrendador, es decir que se dispone de un operador y los recursos necesarios para su mantenimiento e intervención, mientras que el arrendatario tiene la responsabilidad de incurrir en las denominadas piezas de desgaste, piezas que deberán ser suministradas e instaladas únicamente por DISMET S.A.S.

En algunos contratos el arrendatario deberá asumir la alimentación, transporte y hospedaje del operador, esto dependiendo de la ubicación en la que se encuentre la máquina.

En dado caso de que el equipo realice menos horas de las establecidas, el valor del alquiler será equivalente al número de horas trabajadas, esto solamente si el equipo no estuvo disponible durante ese periodo por motivos como: falta de operador, equipo varado, equipo en mantenimiento, entre otros. Por el contrario, si el equipo estuvo disponible pero no cumplió con las horas por factores como: falta de material, cancelación de turnos, factores climáticos o falta de maquinaria para alimentar o desenconar, el valor del alquiler será cobrado por el *Stand By* establecido; si el equipo llega a realizar más horas de las pactadas en el contrato, el tiempo adicional tendrá un valor diferente teniendo en cuenta la depreciación del equipo.

1.7.3 Venta. La venta de equipos puede darse de dos maneras, una de ellas es por medio del contrato de alquiler en el cual se establece que durante los tres primeros meses puede optar por la opción de compra si se está interesado en adquirir el equipo, esto por un valor especial según el tipo de contrato.

La adquisición directa de la máquina por medio de DISMET S.A.S. como único representante legal de TESAB en Colombia es la segunda forma, esta puede ser bien sea de un equipo de segunda importado o de los disponibles para alquiler; si se requiere un equipo completamente nuevo la empresa se encargará de la importación, acta de entrega, manuales de operación y mantenimiento, capacitación al operador, puesta en marcha y registro de garantía tanto en CATERPILLAR como en TESAB.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

Cuando DISMET S.A.S. amplió sus líneas de negocio al alquiler de maquinaria móvil se creía que, por ser equipos robustos, de gran tamaño y potencial, su mantenimiento sería muy simple, tan simple como tener un control adecuado en el cambio de aceites, sustitución de piezas de desgaste y consumibles, lo que les evitaría tener el equipo varado, olvidándose por completo de las recomendaciones del fabricante.

A medida que fueron posicionando la marca TESAB en Colombia y lograron reconocimiento en el alquiler de maquinaria móvil, su portafolio creció, así como el número de contratos en los que debían atender sin contratiempos la operación y mantenimiento. Esto provocó que la gestión del mantenimiento fuera vista como un factor crucial para la disponibilidad de sus equipos, lo que les iba a permitir garantizar y ofrecer mejores condiciones operativas, mayor rendimiento y mejor rentabilidad.

Esta posición en la que se encontraban los obligo por primera vez a recurrir a los manuales, catálogos y documentación técnica existente, sin embargo, el recurso técnico, tecnológico y humano con el que se cuenta hoy en día sigue siendo limitado en el momento de intervenir el equipo ya sea por falta de experiencia, desconocimiento de la situación o disponibilidad del mismo

En DISMET S.A.S. el mantenimiento no se ha establecido adecuadamente dentro de ninguna de las áreas que conforman la empresa y su filosofía responde únicamente a solucionar fallas funcionales de las cuales no se tiene una planeación adecuada generando que se conviertan en una urgencia.

2.1 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Las actividades y requerimientos de mantenimiento que se derivan durante la operación del equipo son ejecutadas mediante la participación de diferentes miembros de la organización, que comprenden desde el operador hasta la alta gerencia.

2.1.1 Personal involucrado. Cada una de las personas que hacen posible la ejecución del mantenimiento deben cumplir con ciertas obligaciones y responsabilidades.

- Operador. Además de garantizar la correcta operación y funcionamiento del equipo, cuenta con conocimientos básicos en mecánica general, mecánica automotriz y en ocasiones soldadura, que le permiten realizar labores básicas de ajuste, lubricación y limpieza.

Está en el deber de revisar niveles de aceite hidráulico, aceite lubricante, combustible y adicionar de ser necesario, engrasar rodamientos de cada uno de los sistemas de la máquina y cambiarlos en caso de falla, realizar el cambio de piezas de desgaste, realizar el cambio de filtros y aceite, desatascar la unidad trituradora y las bandas para evitar la afectación de las mismas o un posible accidente, revisar mangueras y corregir fugas de ser posible.

Tiene la responsabilidad de informar cada uno de los inconvenientes o fallas presentadas en el equipo, solicitar los insumos, repuestos y/o herramientas necesarias para garantizar el apropiado desempeño del equipo.

- Mecánico supervisor. Es el encargado de efectuar intervenciones que el operador por su limitado recurso técnico no es capaz de realizar o actividades que requieran mayor apoyo y seguimiento en su ejecución, adicionalmente realiza labores de soldadura, corte y levanta información técnica
- Asistente Servicio Técnico y Postventa. Es responsable de coordinar la operación y mantenimiento de los equipos de trituración móvil, su principal labor es ser el canal de comunicación entre la operación en campo y las diferentes áreas de la empresa que brindan soporte en el mantenimiento.

Garantiza la entrega oportuna herramientas, repuestos o insumos solicitados por el operador, coordina con proveedores los mantenimientos a efectuar en sitio, controla el cambio de aceites y filtros, realiza el seguimiento de los elementos a reparar, y atiende las inconformidades del cliente con la máquina.

- Gerente de Operaciones. Esta encargado de brindar apoyo y soporte en los mantenimientos que requieren intervención especial y experiencia técnica, suministrando recursos como: mecánicos supervisores, soldadores, eléctricos y ayudantes.
- Jefe de Compras Nacionales y Logística. Tiene como función cotizar, adquirir y suministrar los repuestos, insumos, herramientas y servicios solicitados por el asistente de servicio técnico y postventa, bien sea puestos directamente en sitio o despachados desde almacén. Asegurar el cumplimiento de los servicios de reparación y mantenimiento que requieren de contratación externa son responsabilidad del mismo.
- Directora de Costos. Tiene la responsabilidad de realizar la cotización e importación de los repuestos que no se consiguen nacionalmente o que en ocasiones son más baratos si son suministrado directamente por el fabricante.

- Almacenista. Está en el deber de garantizar que cada uno de los elementos listados en el pedido interno que realiza el asistente de servicio técnico y postventa, sean despachados siempre y cuando se encuentren en almacén.
- Coordinador de Ingeniería. Esta encargado de brindar apoyo para el levantamiento de información técnica y elaboración de planos que sirvan en la fabricación de elementos mecánicos que se pueden conseguir nacionalmente. En ocasiones se le solicita apoyo para modificaciones o adaptaciones.

2.1.2 Contratación de servicios externos. Debido a la falta de recursos técnicos, tecnológicos y humanos, hay mantenimientos que requieren intervención externa, a continuación, se listan los principales servicios;

- ✓ Servicio de vulcanización en caliente y empalme en frío para las bandas transportadoras
- ✓ Revestimiento o rencauchutado de tambores de cabeza
- ✓ Reparación y mantenimiento de elementos hidráulicos (motores, bombas, cilindros, válvulas y mandos finales)
- ✓ Reparación y mantenimiento de reductores o engranajes
- ✓ Reparación y mantenimiento del motor diésel
- ✓ Reparación y mantenimiento de componentes eléctricos (motores de arranque, automáticos y alternadores)
- ✓ Reparación y mantenimiento de radiadores o enfriadores

2.2 GESTIÓN DE REPUESTOS

La consecución de repuestos se origina a partir del momento en que se genera la falla, una vez reportada se evalúan los recursos necesarios para intervenirla, si en su momento no se cuenta con lo necesario para remediarla se procede a levantar la información necesaria del repuesto, insumo o herramienta que permita poner el equipo en funcionamiento nuevamente.

Con la ayuda del asistente de servicio técnico, el operador define los datos pertinentes para que desde la sede administrativa se genere una requisición en el sistema por el repuesto, con esta requisición el jefe de compras está en el deber de realizar mínimo 3 cotizaciones antes de realizar la compra. si el repuesto llegase a

costar más de tres millones de pesos la decisión tiene que pasar por manos de gerencia, quien evalúa las cotizaciones y aprueba la compra.

Por lo general los repuestos llegan primero a Bogotá antes de ser enviados a campo, en donde se verifica e inspecciona que cumpla con las características necesarias, si por algún motivo el repuesto es de carácter prioritario y de urgencia, lo ideal es que el proveedor lo ponga directamente en campo.

Una vez el operador recibe el repuesto, procede a sustituirlo y el que se encontraba dañado es enviado a Bogotá para realizarle una evaluación y diagnóstico en donde se determina si se puede reparar o simplemente queda obsoleto, de llegarse a reparar, se etiqueta y se almacena para ser usado en próximas eventualidades.

2.3 DOCUMENTACIÓN DE LA TRITURADORA

La empresa cuenta con un manual en versión digital donde se listan generalidades referentes a la instalación, operación, mantenimiento y partes, adicionalmente se cuenta con el manual físico de mantenimiento del motor y del embrague hidráulico, así como el catálogo general de trituradoras móviles donde se listan especificaciones del equipo como dimensiones y rangos de producción.

Es importante resaltar que el manual de versión digital no es muy completo así que se usa como referencia el manual de la trituradora 1012TS el cual es una versión más actual con características muy similares, con la única diferencia que la 1012T no tiene Precriba.

Actualmente se maneja un formato denominado “Reporte Diario/ Turno equipo” (Anexo A) en el cual el operador realiza una inspección básica antes de prender, lista los motivos de las paradas, el horómetro y las posibles fallas o inconvenientes que haya presentado durante la operación, la información listada en este formato es trasladada a un Excel en donde se lleva el registro de horas trabajadas y posibles novedades, lo cual permite llevar un control en la facturación.

Existe un formato llamado “Reporte de Servicio Técnico” (Anexo B) en el cual se deberían registrar las intervenciones que tienen significado para la vida de la máquina, como lo son mantenimientos por parte del fabricante, por parte de CATERPILLAR y por parte de los mecánicos, soldadores y electricistas que brindan soporte en el mantenimiento del equipo, sin embargo, este formato no se diligencia con regularidad lo que no permite tener un control y registro adecuado de las intervenciones

3. DESCRIPCIÓN DE LA TRITURADORA

La trituradora móvil 1012T es un equipo compacto de trituración tipo impactor, con una capacidad máxima de 250 ton/h; su exclusivo diseño permite que sea usado tanto en trituración primaria como secundaria; admitiendo un tamaño de alimentación máximo de 20 in y entregando un producto final a una razón de reducción de alrededor de 20:1.

Imagen 6. Trituradora móvil 1012T



Fuente: elaboración propia

3.1 SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

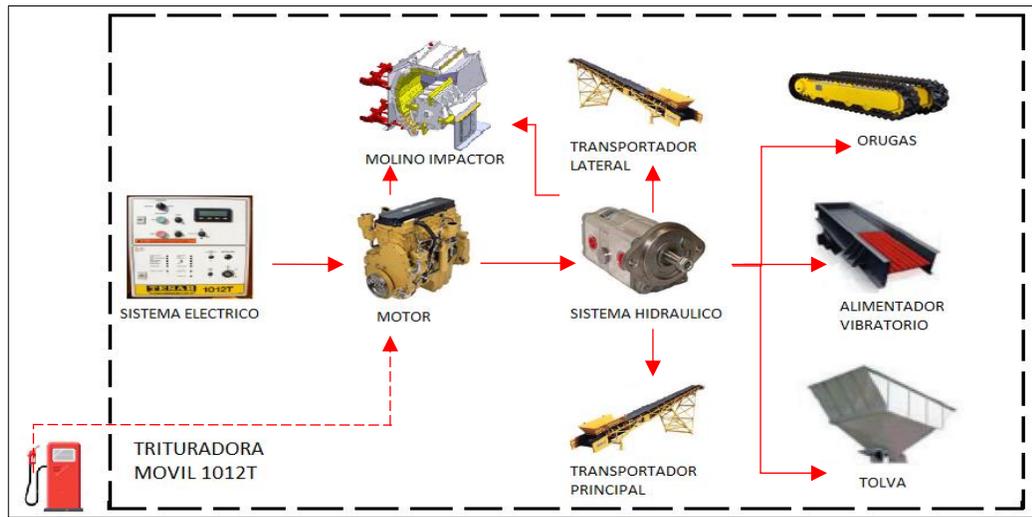
El desempeño de la trituradora no depende únicamente de cumplir con los mantenimientos adecuados y seguir los procedimientos de lubricación y ajuste; conocer el principio de funcionamiento de cada uno de los equipos que la conforman, es aún más importante a la hora de obtener una mayor eficiencia.

En la industria y para muchos productores de agregados existe el paradigma de que en la unidad trituradora debe centrarse toda la atención y que de esta depende la eficiencia de la máquina, sin embargo, la alimentación, el cribado y la deposición de material es tan importante como esta.

En este capítulo se hará una breve descripción de cada uno de los sistemas y subsistemas que conforman la trituradora móvil 1012T, los cuales integrados uno con otro cumplen con el propósito final de la máquina, esto quiere decir, que si alguno de los sistemas llegase a fallar la trituradora no estaría en la capacidad de procesar material.

En la siguiente imagen se pueden contemplar los nueve sistemas que integran la trituradora y su relación.

Figura 2. Sistemas trituradora móvil 1012T



Fuente: elaboración Propia

3.1.1 Sistema de Generación (Motor). Su potente motor diésel de la marca CATERPILLAR modelo C13 de 6 cilindros en línea genera una potencia máxima de 330 KW a 1800 rpm y con una relación de compresión de 17,3:1, suficiente para garantizar el desempeño adecuado de la trituradora. Este motor no solo cumple con los estándares de la agencia de protección ambiental establecidos para reducir las emisiones contaminantes, sino que también tiene un bajo promedio de consumo de 37 litros por hora.

Imagen 7. Motor CAT C13



Fuente: CATERPILLAR. Products. Power Systems. Oil and Gas. C13 ACERT™ (TIER 4I). [Citado 7 ene., 2019]. Disponible en: https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/oil-and-gas/well-service-engines/18435931.html

A continuación, se describen de manera general los principales subsistemas del motor;

- Sistema de refrigeración. Es el responsable de mantener la temperatura del motor en condiciones de normal funcionamiento, posee una bomba centrífuga que es accionada por un engranaje que asegura la circulación adecuada de refrigerante dentro del bloque del motor; una vez el termostato detecta una subida de temperatura se acciona dando paso de refrigerante hacia el radiador.

El radiador de placas y barras de doble núcleo conectado en paralelo y fabricado en aluminio, es refrigerado mediante un hidroventilador el cual es accionado por una bomba auxiliar hidráulica. Su propósito es conservar la temperatura del motor ante las duras exigencias operacionales, en caso de que el motor presente recalentamiento por alguna falla cuenta con un sensor de temperatura el cual envía una señal y apaga el equipo como medida de protección

- Sistema de lubricación. El aceite lubricante del motor es suministrado por una bomba de engranajes hacia el interior del motor reduciendo la fricción y desgaste del mismo, con una capacidad de 36 litros de aceite 15W40 el cual es enfriado y filtrado para conservarlo en óptimas condiciones durante su periodo de uso.

Por otra parte, las válvulas de bypass con las que cuenta el sistema permiten que el flujo de aceite sea ilimitado cuando este incrementa su viscosidad o cuando el filtro o el enfriador del aceite se tapan.

- Sistema de admisión. El modelo C13 de CATERPILLAR cuenta con un sistema turboalimentado de posición central, con doble elemento filtrante que asegura la calidad del aire en la cámara de combustión.
- Sistema de alimentación. El combustible es almacenado en un depósito ubicado al costado izquierdo de la trituradora con una capacidad de 800 litros, el cual antes de ser suministrado al motor es forzado a pasar por un filtro de combustible primario o filtro separador de agua y un filtro secundario que va justo antes de la bomba de inyección, esto con el fin de asegurar la menor contaminación.

Su sistema de inyección directa proporciona el combustible directamente en la cámara de combustión, este es un sistema que requiere de alta precisión y sincronización en la bomba de inyección

- Sistema de arranque y carga. Para cumplir con las exigencias de arranque de un motor tan potente como lo es el C13, la trituradora cuenta con dos baterías de 12 voltios y 1400 amperios que suministran la energía necesaria para que el

motor de arranque funcione y se acople con el cigüeñal dando marcha al motor diésel.

Por otra parte, de la computadora se desprende el arnés eléctrico del motor el cual se deriva hacia un alternador de 24 voltios y 80 amperios, asegurando el suministro constante de energía al equipo.

El motor cuenta con un sistema de control e instrumentación el cual no es descrito en el presente capítulo debido a que el alcance y la capacidad de los recursos de la empresa son limitados a la hora de intervenir cualquier anomalía o falla presentada en estos sistemas, en caso de requerir intervención debe hacerse la solicitud directamente con el fabricante.

3.1.2 Sistema Hidráulico. Es considerado uno de los sistemas más importantes de la trituradora ya que de él depende el funcionamiento de la mayoría de los sistemas y subsistemas de la máquina, como los siguientes;

- Funcionamiento y plegado del transportador de producto
- Funcionamiento y extensión del transportador lateral
- Funcionamiento del alimentador vibratorio
- Control en la velocidad de alimentación
- Funcionamiento de las orugas
- Apertura del molino
- Graduación del setting del molino
- Plegado de los laterales de la tolva
- Funcionamiento del hidroyelizador del radiador del motor

Cuenta con un depósito de 850 litros de aceite hidráulico ISO 68 el cual es suministrado hacia cada uno de los sistemas por medio de una bomba hidráulica de doble cuerpo, la cual se encuentra acoplada al volante del motor por medio de un acople flexible.

Este sistema no solo cuenta con un proceso de filtrado tanto en la succión como en el retorno, sino que también posee un radiador que permite mantener el aceite en óptimas condiciones ante las exigencias de la operación, protegiendo la bomba hidráulica, los motores y las diferentes válvulas.

Con un desplazamiento de 63 cc/rev en cada cuerpo, la bomba hidráulica garantiza por medio de dos válvulas de control direccional el desplazamiento o el funcionamiento de la trituradora pero jamás ambas funciones al mismo tiempo como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 8. Válvulas de control direccional



Fuente: elaboración propia

Si se posicionan ambas palancas en modo oruga, todo el flujo de aceite estará dirigido a cada una de las orugas, derecha e izquierda, esto con el fin de que se genere la potencia necesaria en cada uno de los motores de traslación para mover las 47.5 toneladas que pesa la trituradora.

Por otra parte, si se posicionan ambas palancas en modo trituración, el flujo será repartido por medio de dos válvulas reguladoras de flujo, las cuales se encargarán de distribuir el caudal necesario para cada uno de los sistemas de la máquina.

La primera de estas válvulas reparte el flujo hacia la banda de producto, los cilindros del setting de la pantalla intermedia e inferior y los cilindros de la apertura de la carcasa de molino, mientras que la otra válvula distribuye el flujo entre el alimentador vibratorio, la banda lateral y los cilindros de elevación de la tolva; como se puede identificar en el plano hidráulico de la máquina, Anexo E

La trituradora cuenta con 4 bancos de válvulas de control para el accionamiento de cada uno de sus sistemas, 1 banco con cuatro mandos, 2 bancos con tres mandos, 1 banco de mando único y adicionalmente una válvula reguladora de flujo que controla la velocidad del alimentador vibratorio, estas válvulas son accionadas manualmente desde diferentes puestos en donde se controla la operación de la máquina.

3.1.3 Sistema Eléctrico. Alimentado por una fuente de 24 voltios, el sistema eléctrico no solo permite encender el equipo, sino que también protege y controla el correcto funcionamiento de la trituradora antes y durante la operación.

El corazón del sistema se encuentra en el panel de control principal, en donde además de llevar el dominio de la maquina como: el encendido, la velocidad del motor, el acople del rotor, las luces de trabajo, entre otros, se refleja cada una de las señales emitidas por los dispositivos, sensores y demás accesorios que muestran el estado y desempeño de la maquina a través de su display e indicadores, como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 9. Panel de control



Fuente: elaboración propia

A través del display se puede observar diferentes funciones relacionadas con el desempeño de la máquina, dentro de las cuales se destacan las siguientes;

- Horometro
- Velocidad del motor
- Temperatura del refrigerante
- Nivel de refrigerante
- Nivel de voltaje en las baterías
- Consumo de combustible

De igual modo la interfaz del motor se encuentra conectada con el panel principal, permitiendo que cualquier novedad, anomalía o problema referente al motor se refleje según el código de falla de CATERPILLAR.

Como distintivo y pensando también en la seguridad del operador, la trituradora móvil 1012T cuenta con cinco paros de emergencia ubicados en diferentes puntos de la máquina, los cuales una vez accionados apagarán el equipo de manera inmediata, de donde se infiere que si se encuentra accionado uno de estos no permitirá encender la máquina, por otra parte, durante el encendido una sirena y una baliza se accionarán indicando que la trituradora está a punto de arrancar.

3.1.4 Sistema de Almacenamiento (Tolva). La trituradora móvil 1012T está equipada con una robusta tolva de alimentación plegable, fabricada en lamina antidesgaste ideal para soportar la súbita descarga de material proveniente de la excavadora o cargador; con capacidad de almacenamiento de 9,2 m³ de material.

El sistema plegable de la tolva funciona a través de dos cilindros hidráulicos ubicados en cada costado que permiten el fácil posicionamiento de esta en modo trabajo o de transporte al plegar o desplegar los laterales.

Imagen 10. Tolva



Fuente: TESAB ENGINEERING LTD. Operation & Parts Manual: 1012T Impact Crusher CAT C13 Engine Version. Omagh, 2010. 34 p.

3.1.5 Sistema de Alimentación (Alimentador Vibratorio). Con una longitud de 4.250 mm y un ancho de 900 mm el alimentador tipo grizzly de velocidad variable es ideal para controlar el flujo de material en la entrada del molino; se encuentra soportado sobre muelles helicoidales que evitan que la vibración se propague a través de la estructura de la trituradora.

La bandeja vibratoria, fabricada en lamina antidesgaste de 20 mm de espesor está compuesta de cuatro secciones de fácil extracción que permiten el remplazo de

estas cuando llegan a sus límites de desgaste, en la última sección del alimentador se tienen 5 barras espaciadas entre ellas en donde el material fino que no necesita ser triturado es evacuado por el transportador lateral, reduciendo así el desgaste en el interior del molino.

Está equipado con un motor hidráulico con capacidad de 80 cc/rev que desarrolla una velocidad ideal de trabajo de 900 rpm, el cual se encuentra acoplado a un eje por medio de un acople flexible tipo araña que no solo admite el desalineamiento angular provocado por el sistema vibrante, sino que también absorbe la vibración que pueda ser transmitida al motor.

El eje principal a su vez transmite la velocidad proporcionada por el motor a otro eje paralelo por medio de dos engranajes con las mismas características, garantizando así que la velocidad entre ejes sea la misma y no afecte la amplitud y frecuencia de vibración.

Imagen 11. Trasmisión alimentador vibratorio



Fuente: elaboración propia

Sus contrapesas ubicadas a 45° grados en ambos ejes y paralelas entre ellas, garantizan el principio de funcionamiento del alimentador, debido a que el movimiento excéntrico que generan es el que provoca la vibración del sistema.

Existen dos partes fundamentales que deben ser lubricadas dentro del alimentador vibratorio, la primera de estas es en los rodamientos donde se soportan los ejes, esta lubricación se realiza manualmente a través de las graseras que se encuentran ubicadas en la unidad central de lubricación de la máquina.

La segunda y no menos importante es la caja de transmisión donde se encuentran los engranajes, los cuales son lubricados por salpique con una grasa especial de tipo NLGI 000.

3.1.6 Sistema de Trituración (Molino Impactor). Es sin lugar a duda el sistema más importante de la trituradora en cuanto a producción, de este depende el producto final requerido por el cliente, sin embargo, es uno de los equipos más críticos dentro de toda la operación, puesto que esta propenso a sufrir los mayores daños a causa de elementos no triturables ocultos dentro del material como: dientes de excavadoras o cargadores, picas, palas y en algunas ocasiones minerales provenientes de la materia prima que superan la máxima dureza admitida por el molino.

Dentro de los atributos que tiene un molino impactor de eje horizontal se encuentra que puede ser usado tanto en la trituración primaria de grandes bloques, hasta la pulverización granulométrica tamaño arena, adicionalmente se destaca la alta cubicidad en su producto, un factor importante para la producción de concreto y bases no plásticas.

A continuación, se describen de manera general las principales partes del molino impactor.

- Transmisión. La velocidad de operación del molino se da a través de un sistema de transmisión por poleas acopladas a través de 8 correas trapezoidales que garantizan la potencia necesaria para mantener el rotor girando a una velocidad promedio de 750 rpm.

La polea motriz se encuentra ubicada sobre el eje de un embrague hidráulico el cual se acopla directamente con el eje del motor diésel, transfiriendo las 1800 revoluciones a las cual gira, mientras que la polea conducida está montada sobre el eje del rotor. La tensión del sistema es graduable desde la base corrediza del motor.

Imagen 12. Trasmisión molino impactor



Fuente: Elaboración propia

- Embrague. El acoplamiento entre el sistema motriz del molino y el motor diésel se da a partir de un embrague de referencia KPTO 21, embrague hidráulico de

la marca italiana TRANSFLUID, el cual funciona a través de una electroválvula la cual permite acoplar o desacoplar el embrague de manera sencilla desde el panel de control de la trituradora.

Imagen 13. Embrague hidráulico KPTO



Fuente: TRANSFLUID S.p.A.
Product. KPTO. [Citado 15 ene.,
2019]. Disponible en :
<https://www.transfluid.eu/en/product/kpto/>

Debido a las altas exigencias del sistema, el embrague cuenta con un mecanismo de protección que se acciona una vez la temperatura o la presión dentro de este se elevan, provocando que la transmisión del molino se pare. Estos parámetros además de contar con sus indicadores correspondientes, son regulados mediante un radiador que mantiene el aceite dentro de la temperatura adecuada y un filtro de aceite que regula la contaminación del aceite.

- Rotor. Está conformado por un eje de 1200 mm el cual lleva a lo largo cuatro discos de geometría romboidal que garantizan su robustez, en la periferia se soportan 4 martillos cada uno con un peso promedio 190 kg que giran en conjunto a una velocidad aproximada de 750 rpm, asegurando la fuerza de impacto necesaria para fracturar el material.

Los martillos son el elemento principal del molino y están considerados dentro de las piezas de desgaste, en donde su vida útil depende del material a triturar, ambas caras del martillo son funcionales, lo que significa que una vez desgastado un lado se puede darle la vuelta y utilizar el otro. Pueden ser fabricados en fundición al alto cromo o en fundición al manganeso.

El rotor se soporta sobre dos chumaceras de rodamientos rígidos que van apoyadas en el chasis de la trituradora, adicionalmente, lleva un recubrimiento de soldadura anti desgaste y sobre esta se montan piezas de protección que evitan que sufra un deterioro acelerado lo cual podría causar desbalanceo.

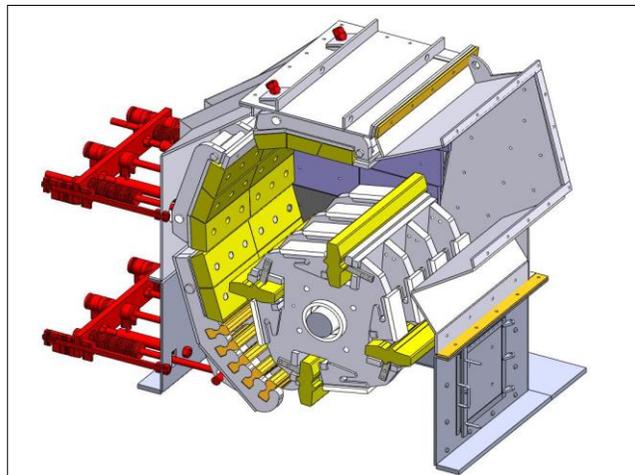
Imagen 14. Rotor



Fuente: elaboración propia

- Pantallas de impacto. A diferencia de otras trituradoras móviles tipo impactor, la 1012T cuenta con un molino de tres pantallas de impacto graduables entre sí que garantizan el principio de funcionamiento, su configuración geométrica y la posición estratégica en que se encuentran ubicadas favorecen el proceso de reducción.

Imagen 15. Pantallas de impacto



Fuente: TESAB ENGINEERING LTD.
Especificación Técnica: Equipo Móvil de Trituración 1012TS. Omagh. 2013. 3 p

La pantalla superior es la primera en recibir el impacto proveniente del material cuando es arrojado por el rotor, tienen una característica muy particular que permite que el material se fracture sin comprometer la integridad del molino y es que es basculante, lo que indica que cada vez que recibe un golpe, además de romper la roca le quita velocidad.

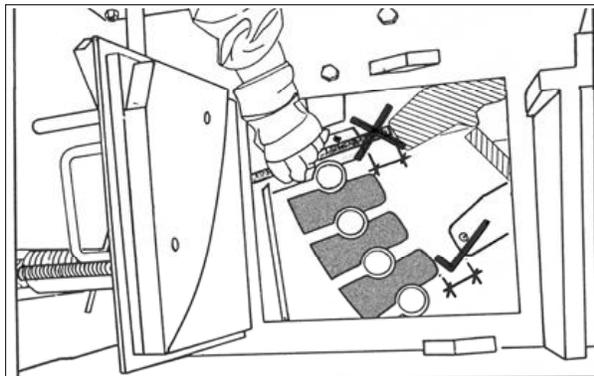
La pantalla intermedia según lo evidenciado durante la operación, es la que más expuesta está a sufrir rotura en sus placas de impacto, debido a que no solo trabaja con fuerzas de impacto, sino que también involucra fuerzas de compresión cuando el material no logra ser reducido en su paso por la primera pantalla.

La posición de la pantalla depende únicamente de cómo se encuentre ubicada la pantalla inferior, puesto que debe ir siempre 15 mm por delante de esta, para poder garantizar la razón de reducción apropiada dentro del molino, su ajuste se da por medio de dos cilindros hidráulicos que acercan o retiran la pantalla del rotor desde el exterior de la carcasa.

A diferencia de las demás pantallas que solo tienen placas de impacto, la pantalla inferior está compuesta tanto de placas de impacto como de barrones, debido a que la trituración en este punto se produce mediante la atrición y compresión.

Esta pantalla garantiza el tamaño adecuado del producto final, de esta depende que el cliente obtenga lo que está buscando en su proceso de trituración, a través de un adecuado setting: El setting es la distancia que hay entre el extremo del martillo y el último barrón, como se muestra en la imagen 16, esta distancia será equivalente al tamaño del producto.

Imagen 16. Setting del molino



Fuente: TESAB ENGINEERING LTD.
Operation & Parts Manual: 1012T Impact
Crusher CAT C13 Engine Version. Omagh,
2010. 37 p.

El mecanismo de ajuste es igual al de la pantalla intermedia, dos cilindros hidráulicos ubicados en el exterior de la carcasa acercan o retiran la pantalla del rotor según el setting requerido.

- Carcasa. Es también conocida como la cámara de trituración, se encuentra blindada por laminas antidesgaste forada de 30 mm de espesor que protegen la integridad del molino, estas laminas están dentro de las denominadas piezas de desgaste y es de vital importancia mantener control sobre su acelerado desgaste, siendo estas de fácil sustitución.

Esta carcasa bipartida se abre por medio de dos cilindros hidráulicos ubicados lateralmente, que permite el acceso del operador dentro del molino para realizar operaciones de mantenimiento o en ocasiones cuando se requiere desatascar el molino. Así mismo cuenta con dos puertas laterales de inspección y una trasera las cuales son usadas únicamente para labores de ajuste y mantenimiento.

3.1.7 Sistema de Descarga Principal (Transportador de Producto). Con una longitud aproximada de 12 m y una altura de descarga de 3,5 m, el transportador de producto tiene como única función apilar el producto final en patio o entregarlo bien sea a otro proceso de reducción o clasificación

Debido a la gran envergadura, el sistema posee dos cilindros hidráulicos ubicados lateralmente que facilitan el plegado y desplegado de esta cuando necesita ser transportada.

A continuación, se describen de manera general las principales partes del transportador de producto;

- Transmisión. Accionada por medio de un motor hidráulico con capacidad de 130 cc/rev en el cual se encuentra montado un reductor de engranajes cónicos que aseguran el torque necesario para mover el tambor de cabeza a una velocidad de 110 rpm.

Imagen 17. Trasmisión transportador de producto



Fuente: TESAB ENGINEERING LTD. Operation & Parts Manual: 1012T Impact Crusher CAT C13 Engine Version. Omagh, 2010. 63 p.

El tambor de cabeza se soporta sobre dos rodamientos autoalineantes y está unido al reductor por medio de un acople flexible tipo araña que permite el correcto funcionamiento ante la carga variable de material proveniente del molino. Como característica principal el tambor de cabeza se encuentra revestido con caucho, lo cual incrementa la fricción entre este y la cinta

- Cinta transportadora. Con 1000 mm de ancho y 16 mm de espesor, la cinta transportadora de la banda principal está compuesta de 4 lonas de resistencia ANL 150, con una cubierta superior de 8 mm e inferior de 2 mm, que garantiza una vida útil aceptable para las altas exigencias de la producción.

Con el fin de mantener el material centrado y evitar la caída de material, la banda cuenta con dos tramos de caucho natural o también denominados guardilla, los cuales se ubican lateralmente entre la estructura y la cinta; las guardillas son material consumible debido al desgaste con el rozamiento de la cinta.

El buen desempeño de la cinta y parte de la vida útil depende del funcionamiento de los limpiadores o raspadores, los cuales tiene como función retirar el material que se adhiere a la cinta, la mayoría de veces están hechos de poliuretano o de caucho natural.

- Estructura. Es la columna vertebral del transportador y a lo largo de esta se soportan diferentes tipos de rodillera, dentro de los cuales encontramos los siguientes;
 - ✓ Rodillera de carga
 - ✓ Rodillera de retorno
 - ✓ Rodillera guía

Imagen 18. Rodillera



Fuente: elaboración propia

La rodillera está considerada dentro de las piezas consumibles e intercambiables que garantizan el correcto funcionamiento del transportador. Los rodillos son fabricados con rodamientos sellados, lo que impide su lubricación, por lo tanto, una vez dañados tienen que ser desechados antes de que se frenen y puedan afectar la integridad de la cinta.

La única rodillera que se soporta sobre chumaceras es la de retorno, la cual tiene como función evitar que la cinta se desalinee, para lo cual posee una serie de cauchos que facilitan el proceso, al igual que la demás rodillera es desechada una vez deja de cumplir con su función.

Bajo el molino se puede considerar que es donde la cinta sufre su mayor desgaste, debido a que el material sale disparado con gran velocidad por parte del rotor, para esto la estructura cuenta con un doble tendido de camas de impacto que no han sido nombradas anteriormente pero que tienen la función de amortiguar el golpe de material.

Tanto el tambor de cabeza como el tambor de cola son lubricados a través de un sistema de lubricación central, el cual permite hacer llegar efectivamente la grasa a través de sus líneas de lubricación, proceso que sería de mayor dificultad para el operador de no contar con este; la rodillera de retorno es la única que no está comprendida dentro del sistema central, al igual que el reductor del sistema el cual requiere un baño de aceite ISO 150.

3.1.8 Sistema de Descarga Lateral (Transportador Lateral). La alta productividad de la trituradora 1012T se debe en gran parte a su sistema de preclasificación y evacuación de arenas y/o material de tamaño reducido, material el cual es entregado a patio por medio del transportador lateral de finos, proceso que beneficia la vida útil de las piezas de desgaste del molino.

Imagen 19. Transportador lateral de finos



Fuente: TESAB ENGINEERING LTD. Operation & Parts Manual: 1012T Impact Crusher CAT C13 Engine Version. Omagh, 2010. 77 p.

La banda de finos al igual que la banda de producto, tiene la particularidad de poderse plegar y desplegar para ubicarla en posición de transporte o en posición de trabajo, con la diferencia de que en este sistema no se ejecuta por medio de los cilindros hidráulicos, debido a que estos simplemente cumplen con la finalidad de extender la banda telescópicamente obteniendo una altura de descarga de 2,9 m.

Como distintivo ante otras trituradoras, la banda lateral puede ser desmontada, lo que permite ubicarla al costado derecho o izquierdo de la maquina según lo requiera la operación.

- Transmisión. La banda de finos en contraste con la banda de producto no cuenta con un reductor en su sistema motriz, por el contrario, el motor hidráulico se encuentra directamente acoplado al tambor de cabeza por medio de un acople flexible tipo araña de referencia HRC 150.

Debido a que no se maneja un gran volumen de material, su tambor de cabeza tiene tan solo 220 mm de diámetro, el cual se encuentra montado sobre dos chumaceras de tipo soporte que a su vez están apoyadas sobre el sistema tensor de la banda.

- Cinta transportadora. Con un ancho 660 mm y un espesor de 12 mm, la cinta transportadora está compuesta de 3 lonas de resistencia ANL 150, con una cubierta superior de 5 mm y una inferior de 1.5 mm.

Debido a que la descarga de material fino es relativamente baja no se contempla la posibilidad de derrame de material, por lo tanto, no se requieren guardillas como en la banda de producto, no obstante, el uso de limpiadores y raspadores sigue siendo importante.

- Estructura. con una estructura mucho más ligera que la banda de producto, la banda de finos solo contempla dos rodillos por estación, razón por la cual facilita el desmontaje de esta según se requiera.

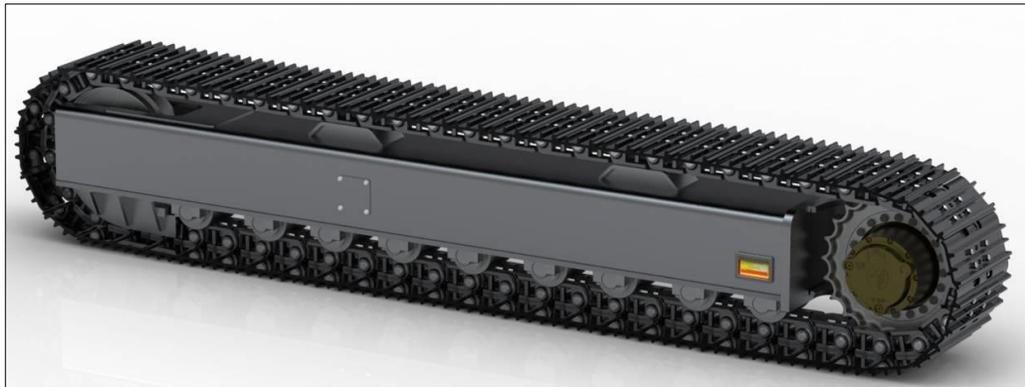
En este sistema se cuenta con rodillera de impacto la cual no fue mencionada en la banda principal, este tipo de rodillo cumple con la misma función que tienen las camas de impacto, amortiguar el golpe del material y proteger la cinta.

Contemplados dentro el mismo sistema central de lubricación que la banda de producto, se encuentran los rodamientos del tambor de cabeza y los del tambor de cola de la banda de finos, de donde se infiere que la cantidad de grasa será mucho menor.

3.1.9 Sistema de Desplazamiento (Orugas). Sin lugar a duda los equipos de trituración móvil se han venido haciendo más populares en el sector de la construcción y obras públicas, en especial en aquellas donde se contempla el desarrollo de macro proyectos u obras viales donde se requiere contar con la adaptabilidad de la maquina a medida que se avanza en los diferentes frentes de obra dentro del proyecto, característica fundamental con la que cuenta la trituradora 1012T al tener como sistema de desplazamiento orugas en lugar de llantas.

El equipo esta provisionado de un sistema de orugas convencional de la marca STRICKLAND TRACKS, capaz de soportar el peso de la trituradora y garantizar el desplazamiento seguro, desplazamiento que se logra mediante unidades hidráulicas independientes accionadas por medio de electroválvulas que reciben señal desde el control de mando.

Imagen 20. Oruga



Fuente: STRICKLAND TRACKS LTD. Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento. Pershore: Strickland Group, 2004. 3 p

La potencia requerida para mover el equipo se genera a través de un motor hidráulico que se encuentra conectado a una caja de engranajes que aseguran el torque necesario para que la rueda motriz gire, en su movimiento, una cadena eslabonada transmite la fuerza sobre el sistema permitiendo de esta manera que la maquina avance.

Bajo el bastidor se cuenta con siete rodillos o carillos, sobre los cuales se desliza la cadena evitando que se desalinee durante el recorrido, la alineación del sistema también depende en gran parte de la rueda tensora, como su nombre lo indica, es la encargada de mantener la cadena con una tensión apropiada que facilita el desplazamiento de la trituradora. En el anexo C se puede apreciar las diferentes partes que componen cada oruga o tren de rodaje.

4. CLASIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN

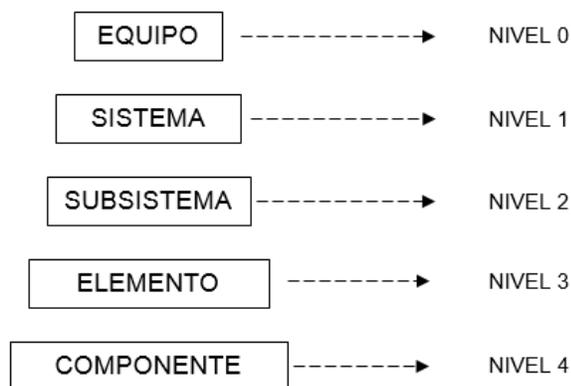
DISMET S.A.S. no cuenta con un sistema de clasificación ni codificación referente a los equipos de trituración y clasificación móvil, estos solamente son identificados por la referencia del fabricante y el modelo, en algunas ocasiones para el área encargada de llevar la gestión de estos equipos es más fácil identificarlos según el cliente que los tenga alquilados, para lo cual administrativamente tienen asociado un número proyecto y un centro de costos.

Sin embargo, un plan de mantenimiento exitoso se caracteriza por contar con un sistema de clasificación y codificación para sus equipos, estrategia que permite tener un mayor control y registro durante la gestión del mantenimiento, ya que permite asociarle ordenes de trabajo, asignarles documentación técnica, entre otras.

4.1 CLASIFICACIÓN

Mediante esta gestión no solo se busca tener referenciada la trituradora móvil 1012T, sino que también se pretende tener identificadas cada una de las partes que la componen, para esto se ha tomado como base la norma internacional ISO 14224 del 2016, Petroleum, petrochemical and natural gas industries- Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment³, en donde se definen y establecen los diferentes niveles que se pueden considerar dentro de la jerarquía taxonómica de una planta, para este proyecto en particular se va trabajar sobre cuatro niveles de clasificación como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 3. Niveles de clasificación



Fuente: elaboración propia

³ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Petroleum, petrochemical and natural gas industries-Collection and Exchange of reliability and maintenance data for equipment. Switzerland.: ISO, 2016.

Teniendo en cuenta lo anterior se ha desarrollado un listado en el cual se clasifican los sistemas, subsistemas, elementos y componentes de la trituradora que están considerados dentro del alcance de la operación y que son elementales para el funcionamiento de la máquina, por otra parte, también se tuvo en cuenta la capacidad y recurso técnico del personal relacionado con el mantenimiento de la máquina para la fácil identificación y reconocimiento de elementos y componentes.

Cuadro 1. Clasificación

EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	ELEMENTOS	COMPONENTES
TRITURADORA MOVIL 1012T	GENERACIÓN (Motor CAT C13)	Lubricación	Bomba de Aceite	Manguera Descarga
			Enfriador del Aceite	
			Filtro de Aceite	
		Refrigeración	Bomba de Agua	
			Termostato	
			Sensor Temperatura	
			Sensor de Nivel Refrigerante	
			Radiador	
		Hidroventilador	Motor Hidráulico	
			Bomba Aux	
			Válvula de Alivio	
		Alimentación	Bomba de Alimentación	
			Bomba de Cebado (Bombín)	
			Bomba de inyección	
			Filtro de Combustible Primario	
			Filtro de combustible secundario	
			Inyectores	
		Admisión	Turbo	
	Filtro Aire Externo			
	Filtro Aire interno			
	Vacuometro de Saturación			
	Eléctrico	Baterías		
		Motor de Arranque	Automático	
		Alternador	Correas de Transmisión	
	HIDRÁULICO	Generación	Bomba Hidráulica	
			Acople Flexible	
		Refrigeración	Radiador	
Ventilador				
Filtrado		Filtro de succión		
		Filtro de Descarga		
Distribución		Válvula Rotativa de Distribución Sup.		
		Válvula Rotativa de Distribución Inf.		
Regulación		válvula Reguladora de Flujo 1 (Alimentador/ Transportador Lateral)		
		Válvula Reguladora de Flujo 2 (Molino/Transportador Principal)		
		Válvula Reguladora de Flujo 3 (Transportador lateral/ Manifold)		
	Válvula Reguladora de Flujo (Webtec)			

Cuadro 1. (Continuación)

EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	ELEMENTOS	COMPONENTES
TRITURADORA MOVIL 1012T	HIDRÁULICO	Accionamiento	Banco de Válvulas de control 1	
			Banco de Válvulas de control 2	
			Banco de Válvulas de control 3	
			Válvula de Control Alimentador Vibratorio	
			Electroválvula Oruga Izquierda	
			Electroválvula Oruga Derecha	
	ELÉCTRICO	Mando	Paros de Emergencia	
			Master	
		señalización	Display	
			sirena	
			Alarma	
		maniobra	Board A	
			Board B	
			Relay 1C	
			Relay 2C	
		protección	Relay 3C	
	Caja de Fusibles			
	ALMACENAMIENTO (Tolva)	Elevación	Cilindro Hidráulico Lateral Derecho Frontal	Manguera de Avance
				Manguera de Retorno
			Cilindro Hidráulico Lateral Derecho Trasero	Manguera de Avance
				Manguera de Retorno
			Cilindro Hidráulico Lateral Izquierdo Frontal	Manguera de Avance
				Manguera de Retorno
			Cilindro Hidráulico Lateral Izquierdo Trasero	Manguera de Avance
		Manguera de Retorno		
	ALIMENTACION (Alim. Vibratorio)	Trasmisión	Cilindro Hidráulico Trasero Derecho	Manguera de Avance
				Manguera de Retorno
			Cilindro Hidráulico Trasero Izquierdo	Manguera de Avance
				Manguera de Retorno
			Motor hidráulico	Manguera de Succión
			Manguera de Retorno	
Acople HRC 180		Manguera de Drenaje		
		Tapper Lock Motriz		
		Tapper Lock Conducido		
Eje Motriz		Acople Flexible		
		Rodamiento Derecho		
Eje conducido		Manguito Cónico		
		Rodamiento Izquierdo		
	Rodamiento Derecho			
	Manguito cónico			
	Rodamiento Izquierdo			

Cuadro 1. (Continuación)

EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	ELEMENTOS	COMPONENTES		
TRITURADORA MOVIL 1012T	ALIMENTACION (Alim. Vibratorio)	Trasmisión	Engranaje Motriz	Tapper Lock		
			Engranaje Conducido	Tapper Lock		
		Amortiguación	Resorte Frontal Derecho			
			Resorte Frontal Izquierdo			
			Resorte Trasero			
		clasificación	Revestimientos			
			Barras			
		TRITURACION (Molino Impactor)	Transmisión	Embrague		Bomba de Alimentación
						Camisilla Eje
						Retenedor Eje
					Indicador de Presión	
					Indicador de temperatura	
					Filtro de Aceite	
					Radiador	
				Electroválvula		
				Polea Motriz	Tapper Lock	
				Polea Conducida	Bushing	
			Correas de Transmisión			
	Reducción		Rotor		Chumacera Motriz	
					Chumacera Conducida	
					Rodamiento Motriz	
					Rodamiento Conducido	
	Pantalla		Pantalla Superior			
			Pantalla Intermedia			
			Pantalla Inferior			
	Protección		revestimientos			
			Puerta de Inspección Lateral Derecha			
			Puerta de Inspección Lateral Izquierda			
			Puerta de Inspección Trasera			
			Cilindro Hidráulico de Apertura Derecho		Manguera de Avance	
			Manguera de Retorno			
	Cilindro Hidráulico de Apertura Izquierdo			Manguera de Avance		
				Manguera de Retorno		
Ajuste (Setting)	Cilindro Hidráulico Superior Derecho	Manguera de Avance				
		Manguera de Retorno				
	Cilindro Hidráulico Superior Izquierdo	Manguera de Avance				
		Manguera de Retorno				
Cilindro Hidráulico Inferior Derecho		Manguera de Avance				
		Manguera de Retorno				
Cilindro Hidráulico Inferior Izquierdo		Manguera de Avance				
		Manguera de Retorno				

Cuadro 1. (Continuación)

EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	ELEMENTOS	COMPONENTES
TRITURADORA MOVIL 1012T	DESCARGA PRINCIPAL (Trans. de Producto)	Transmisión	Motor Hidráulico	Manguera de Succión
				Manguera de Retorno
				Manguera de Drenaje
			Reductor	
			Acople HRC 230	Tapper Lock Motriz
				Tapper Lock Conducido
				Acople Flexible
			Tambor de Cabeza	Chumacera Motriz
				Chumacera Conducido
				Rodamiento Motriz
		Rodamiento Conducido		
		Tambor de Cola	Chumacera Derecha	
			Chumacera Izquierda	
			Rodamiento Derecho	
	Rodamiento Izquierdo			
	Transporte	Cinta Transportadora		
		Cama de impacto		
		Rodilleria de Carga		
		Rodilleria de Retorno	Chumaceras	
		Rodilleria Guía		
		Limpiador Primario	Raspador	
		Limpiador secundario	Raspador	
	Plegado	Cilindro Hidráulico Derecho	Manguera de Avance	
			Manguera de Retorno	
		Cilindro Hidráulico Izquierdo	Manguera de Avance	
			Manguera de Retorno	
	DESCARGA LATERAL (Trans. Lateral Finos)	Transmisión	Motor Hidráulico	Manguera de Succión
			Manguera de Retorno	
			Manguera de Drenaje	
Acople HRC 150			Tapper Lock Motriz	
			Tapper Lock Conducido	
			Acople Flexible	
Tambor de Cabeza			Chumacera Motriz	
		Chumacera Conducido		
Tambor de Cola		Chumacera Derecha		
		Chumacera Izquierda		
Transporte		Cinta Transportadora		
		Rodilleria de Carga		
		Rodilleria de Retorno		
Plegado	Cilindro Hidráulico Frontal			
	Cilindro Hidráulico Trasero			

Cuadro 1. (Continuación)

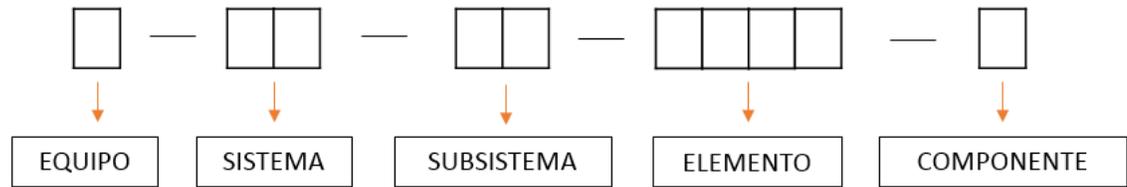
EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	ELEMENTOS	COMPONENTES
TRITURADORA MOVIL 1012T	DESPLAZAMIENTO (Orugas)	Transmisión	Mando Final Oruga Derecha	Eslabón (Link) Pin Master Pin Zapata (Teja)
			Mando Final Oruga Izquierda	
			Cadena de Transmisión	
		Estructura	Rodillería Inferior	
		Tensor	Rueda Tensora	

Fuente: elaboración propia

4.1 CODIFICACIÓN

Una vez determinada la clasificación y teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas se procede a establecer la codificación, basados en la siguiente estructura.

Figura 4. Estructura de codificación



Fuente: elaboración propia

Como se muestra en la anterior figura, la estructura se definió de la siguiente manera, el sistema está determinado por dos caracteres alfabéticos y cada subsistema por dos caracteres numéricos.

Cuadro 2. Codificación sistemas & subsistemas

SISTEMA	COD	SUBSISTEMA	COD
GENERACIÓN	GE	LUBRICACIÓN	01
		REFRIGERACIÓN	02
		ALIMENTACIÓN	03
		ADMISIÓN	04
		ELÉCTRICO	05
HIDRÁULICO	HD	GENERACIÓN	01
		REFRIGERACIÓN	02
		FILTRADO	03
		DISTRIBUCIÓN	04
		REGULACIÓN	05
		ACCIONAMIENTO	06

Cuadro 2. (Continuación)

SISTEMA	COD	SUBSISTEMA	COD
ELÉCTRICO	EL	MANDO	01
		SEÑALIZACIÓN	02
		MANIOBRA	03
		PROTECCIÓN	04
ALMACENAMIENTO	AM	ELEVACIÓN	01
ALIMENTACIÓN	AL	TRASMISIÓN	01
		AMORTIGUACIÓN	02
		CLASIFICACIÓN	03
TRITURACIÓN	TR	TRASMISIÓN	01
		REDUCCIÓN	02
		PROTECCIÓN	03
		AJUSTE	04
DESCARGA PRINCIPAL	DP	TRASMISIÓN	01
		TRANSPORTE	02
		PLEGADO	03
DESCARGA LATERAL	DL	TRASMISIÓN	01
		TRANSPORTE	02
		PLEGADO	03
DESPLAZAMIENTO	OR	TRASMISIÓN	01
		ESTRUCTURA	02
		TENSOR	03

Fuente: elaboración propia

Conforme a esto la codificación de sistemas y subsistemas resulta de la siguiente manera;

Cuadro 3. Descripción codificación sistemas & subsistemas

CODIGO	DESCRIPCIÓN
GE-01	Lubricación del Sistema de Generación
GE-02	Refrigeración del Sistema de Generación
GE-03	Alimentación del Sistema de Generación
GE-04	Admisión del Sistema de Generación
GE-05	Eléctrico del Sistema de Generación
HD-01	Generación del Sistema Hidráulico
HD-02	Refrigeración del Sistema Hidráulico
HD-03	Filtrado del Sistema Hidráulico
HD-04	Distribución del Sistema Hidráulico
HD-05	Regulación del Sistema Hidráulico
HD-06	Accionamiento del Sistema Hidráulico
EL-01	Mando del Sistema Eléctrico
EL-02	Señalización del Sistema Eléctrico

Cuadro 3. (Continuación)

CODIGO	DESCRIPCIÓN
EL-03	Maniobra del Sistema Eléctrico
EL-04	Protección del Sistema Eléctrico
AM-01	Elevación del Sistema de Almacenamiento
AL-01	Trasmisión del Sistema de Alimentación
AL-02	Amortiguación del Sistema de Alimentación
AL-03	Clasificación del Sistema de Alimentación
TR-01	Trasmisión del Sistema de Trituración
TR-02	Reducción del Sistema de Trituración
TR-03	Protección del Sistema de Trituración
TR-04	Ajuste del Sistema de Trituración
DP-01	Trasmisión del Sistema de Descarga Principal
DP-02	Transporte del Sistema de Descarga Principal
DP-03	Plegado del Sistema de Descarga Principal
DL-01	Trasmisión del Sistema de Descarga Lateral
DL-02	Transporte del Sistema de Descarga Lateral
DL-03	Plegado del Sistema de Descarga Lateral
OR-01	Trasmisión del Sistema de Desplazamiento
OR-02	Estructura del Sistema de Desplazamiento
OR-03	Tensor del Sistema de Desplazamiento

Fuente: elaboración propia

De igual forma y siguiendo la estructura del código establecido, se definió la codificación para elementos y componentes, en donde, el elemento estará determinado por cuatro caracteres alfanuméricos asociados a su nombre y cada componente por dos caracteres numéricos.

Cuadro 4. Codificación elementos & componentes

SISTEMA	ELEMENTO	COD	COMPONENTE	COD
GE-01	Bomba de Aceite	BACT	Manguera Descarga	01
	Enfriador del Aceite	EACT		
	Filtro de Aceite	FACT		
GE-02	Bomba de Agua	BAGU		
	Termostato	TERM		
	Sensor Temperatura	SETM		
	Sensor de Nivel Refrigerante	SENR		
	Radiador	RADR		
	Hidroventilador	HDVT	Motor Hidráulico	01
			Bomba Aux Hidráulica	02
Válvula de Alivio			03	

Cuadro 4. (Continuación)

SISTEMA	ELEMENTO	COD	COMPONENTE	COD
GE-03	Bomba de Alimentación	BCAL		
	Bomba de Cebado (Bombín)	BCCE		
	Bomba de inyección	BCIN		
	Filtro de Combustible Primario	FCOP		
	Filtro de combustible secundario	FCOS		
	Inyectores	INYT		
GE-04	Turbo	TURB		
	Filtro Aire Externo	FARE		
	Filtro Aire interno	FARI		
	Vacuometro de Saturación	VCST		
GE-05	Baterías	BATR		
	Motor de Arranque	MOAR		
	Alternador	ALTR		
HD-01	Bomba Hidráulica	BHID		
	Acople Flexible	ACFX		
HD-02	Radiador	RADR		
	Ventilador	VENT		
HD-03	Filtro de succión	FSUC		
	Filtro de Descarga	FDES		
HD-04	Válvula Rotativa de Distribución Superior	VRDS		
	Válvula Rotativa de Distribución Inferior	VRDI		
HD-05	válvula Reguladora de Flujo 1 (Alimentador/ Transportador Lateral)	VRF1		
	Válvula Reguladora de Flujo 2 (Molino/Transportador Principal)	VRF2		
	Válvula Reguladora de Flujo 3 (Transportador lateral/ Manifold)	VRF3		
	Válvula Reguladora de Flujo (Webtec)	VRFW		
HD-06	Banco de Válvulas de control 1	BVC1		
	Banco de Válvulas de control 2	BVC2		
	Banco de Válvulas de control 3	BVC3		
	Válvula de Control Alimentador Vibratorio	VALM		
	Electroválvula Oruga Izquierda	EVOD		
	Electroválvula Oruga Derecha	EVOI		
EL-01	Paros de Emergencia	PEMR		
	Master	MAST		
EL-02	Display	DISP		
	sirena	SIRN		
	Alarma	ALAR		
EL-03	Board A	BODA		
	Board B	BODB		
	Relay 1C	RY1C		

Cuadro 4. (Continuación)

SISTEMA	ELEMENTO	COD	COMPONENTE	COD
EL-03	Relay 2C	RY2C		
	Relay 3C	RY3C		
EL-04	Caja de Fusibles	FUSB		
AM-01	Cilindro Hidráulico Lateral Derecho Frontal	CHD1	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
	Cilindro Hidráulico Lateral Derecho Trasero	CHD2	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
	Cilindro Hidráulico Lateral Izquierdo Frontal	CHD3	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
	Cilindro Hidráulico Lateral Izquierdo Trasero	CHD4	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
	Cilindro Hidráulico Trasero Derecho	CHD5	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
	Cilindro Hidráulico Trasero Izquierdo	CHD6	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
AL-01	Motor hidráulico	MHID	Manguera de Succión	01
			Manguera de Retorno	02
			Manguera de Drenaje	03
	Acople HRC 180	ACHR	Tapper Lock Motriz	01
			Tapper Lock Conducido	02
			Acople Flexible	03
	Eje Motriz	EJMT	Rodamiento Der	01
			Manguito Cónico	02
			Rodamiento Izquierdo	03
	Eje conducido	EJCD	Rodamiento Derecho	01
			Manguito Cónico	02
			Rodamiento Izquierdo	03
Engranaje Motriz	ENMT	Tapper Lock	01	
Engranaje Conducido	ENCD	Tapper Lock	01	
AL-02	Resorte Frontal Derecho	RST1		
	Resorte Frontal Izquierdo	RST2		
	Resorte Trasero	RST3		
AL-03	Revestimientos	RVES		
	Barras	BARS		
TR-01	Embrague	EMBG	Bomba de Alimentación	01
			Camisilla Eje	02
			Retenedor Eje	03
			Indicador de Presión	04
			Indicador de Temp	05
			Filtro de Aceite	06
			Radiador	07
Electroválvula	08			

Cuadro 4. (Continuación)

SISTEMA	ELEMENTO	COD	COMPONENTE	COD
TR-01	Polea Motriz	PLMT	Tapper Lock	01
	Polea Conducida	PLCD	Bushing	01
	Correas de Transmisión	CRTM		
TR-02	Rotor	ROTR	Chumacera Motriz	01
			Chumacera Conducida	02
			Rodamiento Motriz	03
			Rodamiento Conducido	04
	Pantalla Superior	PTSP		
	Pantalla Intermedia	PTIT		
Pantalla Inferior	PTIN			
TR-03	revestimientos	RVES		
	Puerta de Inspección Lateral Derecha	PILD		
	Puerta de Inspección Lateral Izquierda	PILI		
	Puerta de Inspección Trasera	PITR		
	Cilindro Hidráulico de Apertura Derecho	CHD1	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
	Cilindro Hidráulico de Apertura Izquierdo	CHD2	Manguera de Avance	01
Manguera de Retorno			02	
TR-04	Cilindro Hidráulico Superior Derecho	CHD1	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
	Cilindro Hidráulico Superior Izquierdo	CHD2	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
	Cilindro Hidráulico Inferior Derecho	CHD3	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
	Cilindro Hidráulico Inferior Izquierdo	CHD4	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
DP-01	Motor Hidráulico	MHID	Manguera de Succión	01
			Manguera de Retorno	02
			Manguera de Drenaje	03
	Reductor	REDC		
	Acople HRC 230	ACHR	Tapper Lock Motriz	01
			Tapper Lock Conducido	02
			Acople Flexible	03
	Tambor de Cabeza	TBCA	Chumacera Motriz	01
			Chumacera Conducida	02
			Rodamiento Motriz	03
			Rodamiento Conducido	04
	Tambor de Cola	TBCO	Chumacera Derecha	01
			Chumacera Izquierda	02
Rodamiento Derecho			03	
Rodamiento Izquierdo			04	

Cuadro 4. (Continuación)

SISTEMA	ELEMENTO	COD	COMPONENTE	COD
DP-02	Cinta Transportadora	CNTR		
	Cama de impacto	CIMP		
	Rodillera de Carga	RDCA		
	Rodillera de Retorno	RDRE	Chumaceras	01
	Rodillera Guía	RDGI		
	Limpiador Primario	RLPR	Raspador	01
	Limpiador secundario	RLSC	Raspador	01
DP-03	Cilindro Hidráulico Derecho	CHD1	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
	Cilindro Hidráulico Izquierdo	CHD2	Manguera de Avance	01
			Manguera de Retorno	02
DL-01	Motor Hidráulico	MHID	Manguera de Succión	01
			Manguera de Retorno	02
			Manguera de Drenaje	03
	Acople HRC 150	ACHR	Tapper Lock Motriz	01
			Tapper Lock Conducido	02
			Acople Flexible	03
	Tambor de Cabeza	TBCA	Chumacera Motriz	01
			Chumacera Conducida	02
	Tambor de Cola	TBCO	Chumacera Derecha	01
			Chumacera Izquierda	02
DL-02	Cinta Transportadora	CNTR		
	Rodillera de Carga	RDCA		
	Rodillera de Retorno	RDRE		
DL-03	Cilindro Hidráulico Frontal	CHD1		
	Cilindro Hidráulico Trasero	CHD2		
OR-01	Mando Final Oruga Derecha	MFOD		
	Mando Final Oruga Izquierda	MFOI		
	Cadena de Transmisión	CATR	Eslabón (Link)	
			Pin Master	
			Pin	
Zapata (Teja)				
OR-02	Rodillera Inferior	RDIN		
OR-03	Rueda Tensora	RDTN		

Fuente: elaboración propia

Una vez definida la clasificación y codificación de cada uno de los sistemas, subsistemas, elementos y componentes que integran la trituradora móvil 1012T, la interpretación de los códigos queda establecida como se muestra en el siguiente ejemplo;

TR-01-EMBG-01 → Bomba de Alimentación del Embrague de la Trasmisión del Sistema de Trituración

5. ANÁLISIS DE FALLAS & CRITICIDAD

Una vez descritos y clasificados los sistemas, subsistemas, elementos y componentes que conforman la trituradora y que hacen parte fundamental del funcionamiento de esta, se procede a determinar las principales fallas y causas que propician la baja disponibilidad de la máquina, lo cual permitirá identificar y establecer las prioridades dentro del mantenimiento, facilitando la planeación y toma de decisiones.

Para esto, se decide en primer lugar realizar un análisis de fallas utilizando el método AMEF (Análisis Del Modo y Efecto De Falla) y en segunda instancia el NPR (Numero Prioritario De Riesgo), estrategias que garantizaran el cumplimiento de lo dicho anteriormente.

5.1 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA

El AMEF es una estrategia utilizada para identificar las causas y efectos generados por los diferentes modos de falla dentro de un proceso o equipo, además, el AMEF es utilizado como una herramienta para establecer actividades de prevención que permitan reducir o eliminar las fallas.

Para este caso el análisis del modo y efecto de falla estará asociado al proceso o función principal de la trituradora, el cual se define de la siguiente manera: procesar material a una tasa entre 150 y 250 TPH, con un tamaño máximo de alimentación de 20 in y una razón de reducción de hasta 20:1

Para cumplir con este proceso cada uno de los sistemas debe desempeñar su correspondiente función, la cual estará definida dentro de ciertas variables y/o consideraciones. A partir de este punto se empieza a identificar y listar cada uno de los modos de falla que impedirían el funcionamiento de los equipos y por consecuente el cumplimiento del proceso.

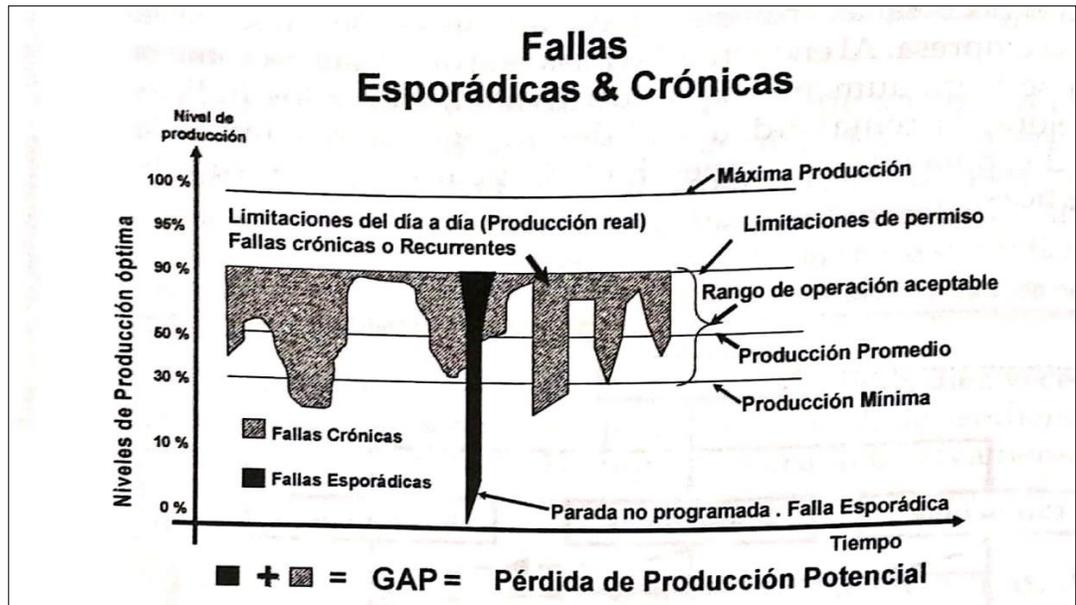
“En el análisis de fallas se establecen dos tipos: crónicas y esporádicas, las primeras son las verdaderamente importantes, ya que los tiempos de no funcionalidad que implican son mucho más grandes en el tiempo que los periodos no productivos de las esporádicas”⁴, como se puede interpretar en el gráfico 1.

Dado el alcance del plan de mantenimiento y contexto operacional en el cual trabaja la trituradora, se analizarán en primer lugar las principales fallas que propician la baja disponibilidad de la máquina, es decir las fallas crónicas, las cuales “son

⁴ MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Mexico: Alfaomega, 2009. 328 p. ISBN: 9789586827690

eventos frecuentes, pero cuando se eliminan o se controlan se logra restaurar la funcionalidad a su punto máximo”⁵, sin embargo, también se tendrán en cuenta aquellas fallas esporádicas las cuales “son eventos, por lo general, poco frecuentes y casi nunca una falla esporádica se relaciona con otra del mismo tipo”⁶.

Grafico 1. Fallas esporádicas & crónicas



Fuente: MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control: Fallas Crónicas frente a fallas esporádicas. Mexico: Alfaomega, 2009. 330 p.

Una vez establecidos los modos de falla de cada uno de los equipos, se establecen los efectos que tienen dentro del proceso, estos efectos estarán asociados tanto a la producción como a todos aquellos sucesos que puedan ser fácilmente identificados por el operador, ya sean visibles, audibles o sensibles.

Como se mencionó anteriormente esta estrategia es utilizada para reducir o eliminar fallas, para esto es necesario tener previamente identificadas las principales causas y los controles actuales para la prevención y detección de estas.

Ya identificados y analizados cada uno de los modos de falla, se establece el siguiente cuadro, en el cual, la primera columna hace referencia al proceso, seguido a esta se aloja el sistema, en donde se describe su función principal, en la tercera columna se encuentra el modo de falla, en la cuarta columna se define el efecto de la falla, posteriormente en la quinta y sexta columna se encuentran las causas y controles actuales de prevención y detección.

⁵MORA GUTIERREZ. Op. Cit., p. 328

⁶ Ibíd., p. 328

Cuadro 5. Analisis del Modo & Efecto de Falla

PROCESO	SISTEMA	MODO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA	CONTROLES ACTUALES PREVENCIÓN Y DETECCIÓN
Procesar material a una tasa entre 150 y 250 Ton/h, con un tamaño máximo de alimentación de 20 in y una razón de reducción de hasta 20:1	GENERACIÓN "Motor CAT C13"	No prenda	•No hay producción	Nivel bajo de combustible	•Limpieza esporádica a los contactores y tablero eléctrico, sin prueba de continuidad
				Ver (Eléctrico/No Prende)	
				Avería en el motor de arranque	
				Avería bomba de alimentación	
				Avería en la Bomba de inyección	
	Perdida de potencia & Bajas Revoluciones	•Baja Producción •Atascamiento de Molino •Humo Negro •Golpeteo	Sobrealimentación	Filtros de Aire Saturados	•Sacudir filtros de aire diariamente
				Filtros de combustible Obstruido	
				Fallo en inyectores	
				Avería en Bomba de Inyección	
				Turbo obstruido	
	Recalentamiento > 93°C	•Parada de Producción	Nivel Bajo de Refrigerante	Fuga en el radiador	•Revisión diaria de nivel de refrigerante
				Avería en el Hidroventilador	
				Fallo en el termostato	
				Avería en la Bomba de Agua	
HIDRÁULICO "Bomba Principal"	No suministra	• No hay Producción	Nivel Bajo de Aceite	•Revisión diaria de nivel de aceite	
			Fugas en las líneas de succión		
			Bomba desacoplada		
			Avería en la Bomba		•Inspección de fugas durante el funcionamiento
Suministrar aceite a través de sus dos cuerpos a una razón de 63 cc/Rev., manteniendo una temperatura de 80°C y una presión constante	Baja Presión	•Baja Producción	Filtros obstruidos	•No hay	
			Avería en válvulas reguladoras de presión		
			Avería en Bomba		
			Ver (Generación / Bajas Revoluciones)		
Recalentamiento > 90°C	•Parada de Producción •Fallo de Componentes Hidráulicos	Fuga o avería en el Radiador	Fallo en el ventilador	•Monitorio constante de temperatura	
			Perdida de las Propiedades del aceite.		
					•limpieza esporádica del radiador

Cuadro 5. (Continuación)

PROCESO	SISTEMA	MODO DE FALLA	EFECTO	CAUSA	CONTROLES ACTUALES PREVENCIÓN Y DETECCIÓN
Procesar material a una tasa entre 150 y 250 Ton/h, con un tamaño máximo de alimentación de 20 in y una razón de reducción de hasta 20:1	ELÉCTRICO Alimentado por una fuente de 24V, protege, controla y domina el funcionamiento de la trituradora antes y durante la operación	No prende	•No Energiza el Tablero •No da arranque el Motor	Master Cerrado	•Limpieza periódica de contactos eléctricos •Monitoreo de Voltaje de Baterías
				Paro de emergencia activado o en corto	
				Fusible o Relay en corto o quemado	
				Cable en corto, Aterrizada de Corriente	
		No Domina	•No hay lectura de parámetros •No se activan los sistemas	Mal contacto de bornes y terminales	•Limpieza de periódica de contactos
				Circuito abierto	
	No Protege	•Parada de Producción •Fallo sin aviso	Mala selección de Fusible	•Aprovisionamiento de Kit de fusibles	
			Circuito puenteado		
	ALMACENAMIENTO "Tolva" Garantizar la cantidad de material suficiente para permitir una continua alimentación	No Despliegan los laterales	•Producción interrumpida •Baja Producción	Fuga de aceite	•No hay
				Avería en cilindros hidráulicos	
				Avería en válvula reguladora de flujo	
				Avería en el banco de válvulas	
				Ver (Hidráulico/Baja Presión)	
	ALIMENTACIÓN "Alim. Vibratorio"	No prende	• No hay Producción	Ver (Hidráulico/No Suministra)	•No hay Controles propios, lo acoge el control de suministro de Aceite en el Sistema hidráulico
Avería en la válvula de control					
Avería en el motor hidráulico					
Alimentar y controlar el flujo de material hacia el molino, pre clasificando el material fino, a una velocidad de 910 rpm *la velocidad es variable según el tamaño de alimentación	No Alimenta	•No Vibra •No hay Producción	Transmisión desacoplada	•Revisión esporádica del nivel de aceite de la caja de transmisión •Lubricación de Rodamientos	
			Avería en rodamientos		
			Avería en engranajes		
			Avería en Resortes		
Pierde Potencia	•Baja Producción •No Pre clasifica	•Baja Producción •No Pre clasifica	Fuga de aceite	•Revisión de fugas durante la operación	
			Avería en la válvula reguladora de flujo Webtec		
			avería en la válvula reguladora de flujo 1		
			Ver (Hidráulico/Baja Presión)		
				Avería en el motor hidráulico	

Cuadro 5. (Continuación)

PROCESO	SISTEMA	MODO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA	CONTROLES ACTUALES PREVENCIÓN Y DETECCIÓN
Procesar material a una tasa entre 150 y 250 Ton/h, con una tamaño máximo de alimentación de 20 in y una razón de reducción de hasta 20:1	TRITURACIÓN "Molino Impactor"	No Acopla	•No hay producción	Falla en la electroválvula del embrague	•No hay, solo se revisa nivel de aceite
				Avería en la bomba de alimentación del embrague	
				Nivel de Aceite del embrague bajo	
				Fallo eléctrico	
		Pierde Potencia & Bajas Revoluciones	•Baja Producción •Atascamiento Molino	Sobrealimentación	•Revisión esporádica del estado de las correas (Desgaste y elongación)
				Ruptura de correa de transmisión ver (Generación/Pierde Potencia)	
	Se Desacopla	•Parada de Producción	Presión elevada Embrague	•No hay, solo monitoreo esporádico	
			Temperatura elevada Embrague		
	Se frena	•Parada de Producción •Atascamiento Molino	Polea Motriz Desacoplada	•Lubricación en Rodamientos	
			Polea Conducida Desacoplada		
			Falla en rodamientos		
			Sobrealimentación		
	Se Estrelle	•Parada de Producción •Ruido Anormal •Daño carcasa	Paso de un no triturable	•Se revisan las placas de impacto y revestimientos diariamente	
			Caída de revestimiento		
			Caída de Placa de impacto		
No Prende	•No hay producción	Ver (Hidráulico/No Suministra)	•Monitoreo de fugas y temperatura		
		avería en el banco de válvulas			
		avería en el motor hidráulico			
Baja Potencia	•Baja Producción •Atascamiento molino •Se Patina el tambor de cabeza •Zumbido del Motor	Fugas de aceite	•Revisión de fugas durante la operación		
		avería Válvula Reguladora de flujo 2			
		Ver(Hidráulico/Baja Presión)	•Inspección continua de la descarga de material		
		avería en el Reductor avería en el motor hidráulico			
Se Para	•Parada de Producción •Tambo de Cabeza Frenado	Trasmisión desacoplada	•Se revisa esporádicamente el nivel de aceite y temperatura del reductor		
		avería en el reductor			
		Falla en rodamientos	•Lubricación de rodamientos		
		avería en el motor hidráulico			

Cuadro 5. (Continuación)

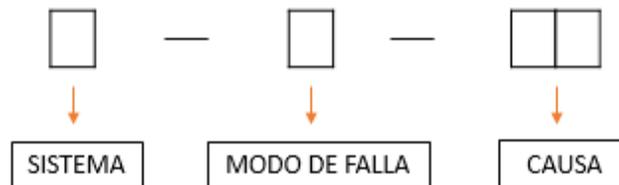
PROCESO	SISTEMA	MODO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA	CONTROLES ACTUALES PREVENCIÓN Y DETECCIÓN
Procesar material a una tasa entre 150 y 250 Ton/h, con un tamaño máximo de alimentación de 20 in y una razón de reducción de hasta 20:1	DESCARGA "Transportador de Producto & Lateral de Finos"	se desalinea	<ul style="list-style-type: none"> •Derrame de material •Atascamiento de la Cinta •Parada de Producción 	falla en rodillera guía	<ul style="list-style-type: none"> •Revisión constante durante la operación •Ajuste de sistemas tensores y revisión de rodillera
				falla en rodillera de retorno	
				avería en sistema tensor	
	Apilar el producto final a patio o entregarlo a otro proceso, a una razón constante evitando el derrame de material a los costados	Se rompe (Cinta)	<ul style="list-style-type: none"> •Derrame de material •No hay Producción 	Desgaste en la cama de impacto	<ul style="list-style-type: none"> •Revisión del estado de la cinta y funcionamiento correcto de los limpiadores y raspadores
				atrapamiento de material	
				Falla en rodillera de carga	
	No Pliega	<ul style="list-style-type: none"> •Parada de Producción •No se Puede Transportar 	<ul style="list-style-type: none"> •No hay desplazamiento 	Fuga de aceite	<ul style="list-style-type: none"> •No hay
				Ver(Hidráulico/Baja Presión)	
				avería en cilindros hidráulicos	
				avería en válvula reguladora de flujo 3	
	DESPLAZAMIENTO "Orugas"	No acciona	<ul style="list-style-type: none"> •No hay desplazamiento 	Falla en electroválvula	<ul style="list-style-type: none"> •No hay
				Falla en control de desplazamiento	
				Ver(Hidráulico/Baja Presión)	
				avería en válvulas rotativas de distribución	
avería en el motor hidráulico					
avería en el Reductor					
Baja potencia		<ul style="list-style-type: none"> •no hay desplazamiento •simbroneo de 	Fuga de aceite	<ul style="list-style-type: none"> •No hay 	
se descarrile	•Atascamiento	Rueda Tensora des tensionada	<ul style="list-style-type: none"> •Mantener tensionada la oruga 		
		Rodillos inferiores desgastados			
se suelte	•Cadena suelta	avería en eslabón	<ul style="list-style-type: none"> •No hay 		
		Ruptura de Pin master			

Fuente: elaboración propia

5.2 CODIFICACIÓN DE FALLAS

Así como es importante la codificación de equipos, sistemas y componentes dentro de un plan de mantenimiento también lo es a la hora de hablar de fallas, ya que facilita la rápida identificación y permite dejar un registro de los acontecimientos.

Figura 5. Estructura codificación de fallas



Fuente: elaboración propia

El código de una falla está definido de la siguiente manera: los dos primeros caracteres identifican el sistema en el cual se produjo la falla, caracteres que fueron definidos en el capítulo anterior, seguido a esto un carácter alfabético que define el modo de falla y finalmente un carácter numérico que define la causa de la falla.

Cuadro 6. Codificación de fallas

SISTEMA	COD	MODO DE FALLA	COD	CAUSA	COD
GENERACIÓN	GE	No prenda	A	Nivel bajo de combustible	01
				Ver (Eléctrico/No Prende)	02
				Avería en el motor de arranque	03
				Avería bomba de alimentación	04
				Avería en la Bomba de inyección	05
		Perdida de potencia & Bajas Revoluciones	B	Sobrealimentación	01
				Filtros de Aire Saturados	02
				Filtros de combustible Obstruido	03
				Fallo en inyectores	04
				Avería en Bomba de Inyección	05
		Recalentamiento > 93°C	C	Turbo obstruido	06
				Nivel Bajo de Refrigerante	01
				Fuga en el radiador	02
				Avería en el Hidroventilador	03
				Fallo en el termostato	04
HIDRÁULICO	HD	No suministra	A	Avería en la Bomba de Agua	05
				Nivel Bajo de Aceite	01
				Fugas en las líneas de succión	02
				Bomba desacoplada	03
				Avería en la Bomba	04
		Baja Presión	B	Filtros obstruidos	01
				Avería en válvulas reguladoras de presión	02

Cuadro 6. (Continuación)

SISTEMA	COD	MODO DE FALLA	COD	CAUSA	COD	
HIDRÁULICO	HD	Baja Presión	B	Avería en Bomba	03	
				Ver (Generación / Bajas Revoluciones)	04	
		Recalentamiento > 90°C	C	Fuga o avería en el Radiador	01	
				Fallo en el ventilador	02	
				Perdida de las Propiedades del aceite.	03	
ELÉCTRICO	EL	No prende	A	Master Cerrado	01	
				Paro de emergencia activado o en corto	02	
				Fusible o Relay en corto o quemado	03	
				Cable en corto, Aterrizada de Corriente	04	
				Voltaje de Baterías bajo	05	
	No Domina	B	Mal contacto de bornes y terminales	01		
			Circuito abierto	02		
	No Protege	C	Mala selección de Fusible	01		
			Circuito puenteado	02		
Almacenamiento	AM	No Despliegan los laterales	A	Fuga de aceite	01	
				Avería en cilindros hidráulicos	02	
				Avería en válvula reguladora de flujo	03	
				Avería en el banco de válvulas	04	
				Ver (Hidráulico/Baja Presión)	05	
ALIMENTACIÓN	AL	No prende	A	Ver (Hidráulico/No Suministra)	01	
				Avería en la válvula de control	02	
				Avería en el motor hidráulico	03	
		No Alimenta	B	Transmisión desacoplada	01	
				Avería en rodamientos	02	
				Avería en engranajes	03	
	Pierde Potencia	C	Avería en Resortes	04		
			Fuga de aceite	01		
			avería en la válvula reguladora de flujo Webtec	02		
	TRITURACION	TR	No Acopla	A	avería en la válvula reguladora de flujo 1	03
					Ver (Hidráulico/Baja Presión)	04
					Avería en el motor hidráulico	05
Falla en la electroválvula del embrague					01	
Pierde Potencia & Bajas Revoluciones			B	Avería en la bomba de alimentación del embrague	02	
				Nivel de Aceite del embrague bajo	03	
Se Desacopla	C	Fallo eléctrico	04			
		Sobrealimentación	01			
				Ruptura de correa de transmisión	02	
				ver (Generación/Pierde Potencia)	03	
				Presión elevada Embrague	01	
				Temperatura elevada Embrague	02	

Cuadro 6. (Continuación)

SISTEMA	COD	MODO DE FALLA	COD	CAUSA	COD
TRITURACIÓN	TR	Se frena	D	Polea Motriz Desacoplada	01
				Polea Conducida Desacoplada	02
				Falla en rodamientos	03
				Sobrealimentación	04
		Se Estrelle	E	Paso de un no triturable	01
				Caída de revestimiento	02
Caída de Placa de impacto	03				
DESCARGA	DP	No Prende	A	Ver (Hidráulico/No Suministra)	01
				Avería en el banco de válvulas	02
				Avería en el motor hidráulico	03
		Baja Potencia	B	Fugas de aceite	01
				Avería Válvula Reguladora de flujo 2	02
				Ver(Hidráulico/Baja Presión)	03
				Avería en el Reductor	04
				Avería en el motor hidráulico	05
		Se Para	C	Trasmisión desacoplada	01
				Avería en el reductor	02
				Falla en rodamientos	03
				Avería en el motor hidráulico	04
		•Derrame de material •Atascamiento de la Cinta •Parada de Producción	D	falla en rodillera guía	01
				falla en rodillera de retorno	02
				avería en sistema tensor	03
		•Derrame de material •No hay Producción	E	Desgaste en la cama de impacto	01
				atrapamiento de material	02
				Falla en rodillera de carga	03
		•Parada de Producción •No se Puede Transportar	F	Fuga de aceite	01
				Ver(Hidráulico/Baja Presión)	02
				Avería en cilindros hidráulicos	03
				Avería en válvula reguladora de flujo 3	04
				Avería en el banco de válvulas	05
		DESPLAZAMIENT O	OR	•No hay desplazamiento	A
Falla en control de desplazamiento	02				
Ver(Hidráulico/Baja Presión)	03				
Avería en válvulas rotativas de distribución	04				
Avería en el motor hidráulico	05				
Avería en el Reductor	06				
•no hay desplazamiento •simbroneo de mangueras	A			Fuga de aceite	01
				Ver(Hidráulico/Baja Presión)	02
•Atascamiento	B			Rueda Tensora destencionada	01
				Rodillos inferiores desgastados	02
•Cadena suelta	C			Avería en eslabón	01
				Ruptura de Pin master	02

Fuente: elaboración propia

Una vez establecida la codificación y clasificación de fallas, los códigos se interpretarán como se muestra en el siguiente ejemplo;

HD-B-03 → Baja Presión en el Sistema Hidráulico por Avería de la Bomba

DP-C-01 → Sistema de Descarga Parado por Trasmisión Desacoplada

5.3 NUMERO PRIORITARIO DE RIESGO

El NPR es complemento del AMEF ya que por medio de este se logra establecer el grado de criticidad de cada uno de los equipos, así como la jerarquización de acciones de prevención, con el fin de priorizar los esfuerzos en los equipos que más lo requieran

El número prioritario de riesgo se evalúa a partir de la severidad, la probabilidad de ocurrencia y la probabilidad de detección, lo que responde a la siguiente ecuación;

Ecuación 1. Numero prioritario de riesgo

$$NPR = S \times O \times D$$

Fuente: MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control: Fallas Crónicas frente a fallas esporádicas. Mexico: Alfaomega, 2009. 330 p.

Donde;

S = Severidad

O = Probabilidad de ocurrencia

D = Probabilidad de detección

La severidad indica la consecuencia de que la falla ocurra y se le debe asignar al efecto; su valor se obtiene a partir de unos criterios, previamente establecidos y analizados por los miembros que forman parte de la gestión del mantenimiento, dentro de los cuales se definieron;

- Fallas ocultas
- Impacto a la seguridad física del personal y/o al medio ambiente
- Efectos en el cliente
- Afectación al equipo

➤ Tiempo de reparación

➤ Tipo de intervención

Una vez analizados los diferentes criterios, la severidad queda determinada como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Grado de severidad

SEVERIDAD	GRADO	EFECTO	CRITERIO (Riesgo Humano o Ambiental, Efecto de la falla en el cliente, Afectación al Equipo, tiempo de reparación, Tipo de intervención)
	10	Peligroso / Sin aviso	Pone en riesgo al operador o personal involucrado y/o genera una afectación al medio ambiente. Ocurre Sin Aviso
	9	Peligroso / Con aviso	Pone en riesgo al operador o personal involucrado y/o genera una afectación al medio ambiente. Ocurre Con Aviso
	8	Critico	Parada total de producción, equipo inoperativo, puesta en marcha de superior a 5 días, intervención de terceros
	7	Muy Alto	Parada total de producción, equipo inoperativo, puesta en marcha de 3 a 5 días, intervención de terceros
	6	Alto	Parada parcial de producción, equipo inoperativo, puesta en marcha 1 a 3 días, Intervención Personal Mantenimiento Bogotá
	5	Moderado	Parada parcial de producción, equipo operativo, puesta en marcha en 1 día, Intervención Personal Mantenimiento Bogotá
	4	Bajo	Baja producción, equipo operativo, puesta en marcha en 6 horas, intervención del operador
	3	Muy bajo	Baja producción, equipo operativo, inspección y revisión
	2	Pequeño	Sin interrupción de producción, sin afectaciones al equipo, seguimiento y control
	1	Ninguno	Ningún efecto

Fuente: elaboración propia

La ocurrencia es el grado de probabilidad de que la falla ocurra y se le debe asignar a cada modo de falla, para este caso, el criterio se estableció a partir de un histórico de fallas de seis meses en donde se analizó la frecuencia de las fallas y como resultado se obtuvo el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Grado de ocurrencia

OCURRENCIA	GRADO	FRECUENCIA	CRITERIO (Histórico de 6 meses)	%
	5	Muy Alta	1 de 2	50%
	4	Alta	1 de 5	20%
	3	Frecuente	1 de 10	10%
	2	Baja	1 de 15	7,5%
	1	Remota	1 de 20	5%

Fuente: elaboración propia

La detección es la probabilidad de que la causa sea detectada antes de que la falla ocurra mediante los controles de prevención y detección existentes, para este caso se analizó la eficiencia de los controles actuales, estableciendo el criterio de detección de la siguiente manera;

Cuadro 9. Grado de detección

DETECCIÓN	GRADO	DETECCIÓN	CRITERIO (Probabilidad de que la falla sea detectada con las acciones de prevención y control existentes)	%
	5	Remota	No hay control	10%
	4	Baja	Los controles actuales son ineficaces para detectar o prevenir la falla	30%
	3	Moderada	La fiabilidad de los controles actuales es de mediana probabilidad	50%
	2	Alta	Los controles actuales tienen gran probabilidad de detectar el fallo antes de que ocurra	80%
	1	Segura	Detección inmediata por parte del Operador	> 90%

Fuente: elaboración propia

Una vez establecidos los criterios para evaluar cada uno de los modos de falla se procede a asignar el correspondiente grado de severidad, ocurrencia y detección para determinar así el número prioritario de riesgo, tal como se muestra en el cuadro 11.

La criticidad de los sistemas se definió a partir del promedio de cada uno de los números prioritarios de riesgo evaluados para los modos de falla presentes en cada sistema, dando como resultado la siguiente jerarquización.

Cuadro 10. Criticidad de sistemas

SISTEMA	NPR	CRITICIDAD	
Generación	55,0	Alta	
Trituración	49,8	Alta	
Eléctrico	35,0	Media	
Hidráulico	22,3	Baja	
Alimentación	21,0	Baja	
Descarga	19,2	Baja	
Desplazamiento	14,8	Muy baja	
Almacenamiento	8,0	Muy baja	

Fuente: elaboración propia

Con base en la jerarquización del cuadro anterior se puede identificar que los sistemas en los que se deberán enfocar y priorizar las actividades de mantenimiento son: el sistema de generación y trituración, seguido de estos estará el sistema eléctrico e hidráulico, después estará el sistema de alimentación y descarga y por último, pero no menos importante está el sistema de desplazamiento y almacenamiento.

Cuadro 11. Numero prioritario de riesgo

PROCESO	SISTEMA	MODO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA	S	O	D	NPR	
Procesar material a una tasa entre 150 y 250 Ton/h, con un tamaño máximo de alimentación de 20 in y una razón de reducción de hasta 20:1	GENERACIÓN "Motor CAT C13" Generar una potencia de 440 hp a 1800 rpm, manteniendo una temperatura de operación de 87°C	No prenda	•No hay producción	Nivel bajo de combustible	6	2	4	48	
				Ver (Eléctrico/No Prende)					
				Avería en el motor de arranque					
				Avería bomba de alimentación					
				Avería en la Bomba de inyección					
		Perdida de potencia & Bajas Revoluciones	•Baja Producción •Atascamiento de Molino •Humo Negro •Golpeteo	Sobrealimentación	5	3	3	45	55,0
				Filtros de Aire Saturados					
				Filtros de combustible Obstruido					
				Fallo en inyectores					
	Avería en Bomba de Inyección								
	Recalentamiento > 93°C	•Parada de Producción	Nivel Bajo de Refrigerante	6	3	4	72		
			Fuga en el radiador						
			Avería en el Hidroventilador						
			Fallo en el termostato						
	No suministra	• No hay Producción	Nivel Bajo de Aceite	6	1	4	24		
Fugas en las líneas de succión									
Bomba desacoplada									
HIDRAULICO "Bomba Principal" Suministra aceite a través de sus dos cuerpos a una razón de 63 cc/Rev, manteniendo una temperatura de 80°C y una presión constante	Baja Presión	•Baja Producción	Avería en la Bomba	5	1	5	25	22,3	
			Filtros obstruidos						
			Avería en válvulas reguladoras de presión						
	Recalentamiento > 90°C	•Parada de Producción •Fallo de Componentes Hidráulicos	Fuga o avería en el Radiador	6	1	3	18		
			Fallo en el ventilador						
			Perdida de las Propiedades del aceite.						

Cuadro 11. (Continuación)

PROCESO	SISTEMA	MODO DE FALLA	EFECTO	CAUSA	S	O	D	NPR
Procesar material a una tasa entre 150 y 250 Ton/h, con un tamaño máximo de alimentación de 20 in y una razón de reducción de hasta 20:1	ELECTRICO Alimentado por una fuente de 24V, protege, controla y domina el funcionamiento de la trituradora antes y durante la operación	No prende	•No Energiza el Tablero •No da arranque el Motor	Master Cerrado	6	3	3	54
				Paro de emergencia activado o en corto				
				Fusible o Relay en corto o quemado				
				Cable en corto, Aterrizada de Corriente				
		No Domina	•No hay lectura de parámetros •No se activan los sistemas	Mal contacto de bornes y terminales	6	2	3	36
				Circuito abierto				
		No Protege	•Parada de Producción •Fallo de Componentes sin aviso	Mala selección de Fusible	5	1	3	15
				Circuito puenteado				
		ALMACENAMIENTO "Tolva" Garantizar la cantidad de material suficiente para permitir una continua alimentación y producción	No Despliegan los laterales	•Producción interrumpida •Baja Producción	Fuga de aceite	2	1	4
	Avería en cilindros hidráulicos							
	Avería en válvula reguladora de flujo							
	Avería en el banco de válvulas							
	Ver (Hidráulico/Baja Presión)							
	ALIMENTACIÓN "Alimentador Vibratorio Grizzly"	No prende	• No hay Producción	Ver (Hidráulico/No Suministra)	5	1	3	15
				Avería en la válvula de control				
Avería en el motor hidráulico								
Alimentar y controlar el flujo de material hacia el molino, preclasificado el material fino, a una velocidad de 910 rpm	No Alimenta	•No Vibra •No hay Producción	Transmisión desacoplada	6	1	3	18	
			Avería en rodamientos					
			Avería en engranajes					
*la velocidad es variable según el tamaño de alimentación	Pierde Potencia	•Baja Producción •No Reclasifica	Fuga de aceite	5	2	3	30	
			Avería en la válvula reguladora de flujo Webtec					
			Avería en la válvula reguladora de flujo 1					
			Ver (Hidráulico/Baja Presión)					
							Avería en el motor hidráulico	
								35,0
								8,0
								21,0

Cuadro 11. (Continuación)

PROCESO	SISTEMA	MODO DE FALLA	EFEECTO	CAUSA	S	O	D	NPR
Procesar material a una tasa entre 150 y 250 Ton/h, con un tamaño máximo de alimentación de 20 in y una razón de reducción de hasta 20:1	DESCARGA "Transportador de Producto & Lateral de Finos" Apilar el producto final a patio o entregarlo a otro proceso, a una razón constante evitando el derrame de material a los costados	se desalinea	<ul style="list-style-type: none"> •Derrame de material •Atascamiento de la Cinta •Parada de producción 	falla en rodillera guía	4	3	1	12
				falla en rodillera de retorno				
				Avería en sistema tensor				
		Se rompe (Cinta)	<ul style="list-style-type: none"> •Derrame de material •No hay producción 	Desgaste en la cama de impacto	8	2	1	16
				atrapamiento de material				
				Falla en rodillera de carga				
		No Pliega	<ul style="list-style-type: none"> •Parada de producción •No se Puede Transportar 	Fuga de aceite	3	1	4	12
				Ver(Hidráulico/Baja Presión)				
				Avería en cilindros hidráulico				
	Avería en válvula reguladora de flujo 3							
	DESPLAZAMIENTO "Orugas" Trasladar el equipo de forma segura de un punto a otro	No acciona	<ul style="list-style-type: none"> •No hay desplazamiento 	Falla en electroválvula	2	2	4	16
				Falla en control de desplazamiento				
				Ver(Hidráulico/Baja Presión)				
				Avería en válvulas rotativas de distribución				
				Avería en el motor hidráulico				
		Baja potencia	<ul style="list-style-type: none"> •no hay desplazamiento •simbroneo de mangueras 	Fuga de aceite	2	1	4	8
				Ver(Hidráulico/Baja Presión)				
se descarrile		<ul style="list-style-type: none"> •Atascamiento 	Rueda Tensora destencionada	5	1	3	15	
			Rodillos inferiores desgastados					
se suelte		<ul style="list-style-type: none"> •Cadena suelta 	avería en eslabón	5	1	4	20	
	Ruptura de Pin master							

Fuente: elaboración propia

6. CONTROL & REGISTRO

Para que una gestión de mantenimiento pueda ser medible y evaluada mediante diferentes criterios o indicadores, como se mostrara más adelante, es importante tener en primer lugar un sistema de información que permita la obtención de datos reales como: modos de falla, tiempo entre fallas, tiempos de reparación, costos, recursos, entre otros.

6.1 SISTEMA DE INFORMACIÓN

Con el fin de establecer un sistema de información que permita recopilar los datos mencionados anteriormente y que posibilite la planeación y ejecución de actividades se diseñaron los siguientes formatos;

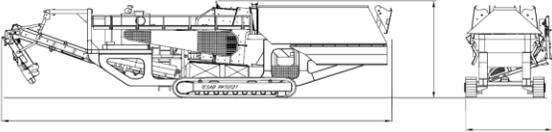
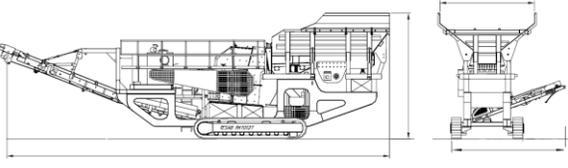
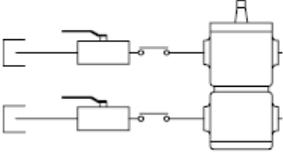
- Ficha Técnica
- Solicitud de Servicio
- Orden de Trabajo
- Hoja de Vida

6.1.1 Ficha técnica. En este formato se registra toda la información técnica de relevancia referente a la trituradora móvil y sus sistemas, obtenida de manuales, catálogos e información suministrada por el mismo fabricante. Será de gran importancia ya que agilizará la recopilación de datos a la hora de requerir un insumo o repuesto. A continuación, se presenta una breve explicación de la información que contiene dicho formato;

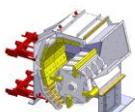
- Rotulo. En el rotulo ira el nombre del formato, el logo de la empresa, el nombre de la persona que lo elaboro y su correspondiente versión en caso de que se generen posteriores modificaciones
- Información del equipo. Son todos aquellos datos que identifican la trituradora a nivel administrativo
- Características del equipo. Son aquellas generalidades que identifican comercialmente el equipo.
- Especificaciones. Son las características más importantes de los diferentes sistemas

A continuación, se muestra la ficha técnica de la trituradora móvil 1012T.

Cuadro 12. Ficha técnica

		FICHA TÉCNICA		Versión 0.1	
				Elaboro:	Luis Jiménez
INFORMACIÓN DEL EQUIPO					
EQUIPO:	Trituradora Móvil	COD. IMPORTACIÓN	1400043	DEPARTAMENTO	Operaciones
TIPO:	Impactor	COD. FINANCIERO:	TESAB1012T	ENCARGADO:	Luis Jiménez
MODELO:	1012T	FECHA INGRESO:	30/09/2014	COMERCIAL:	José Romo
SERIAL:	071218684	ORIGEN:	Irlanda		
AÑO:	2010	HOROMETRO:	29 h		
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
			PRODUCCIÓN:	250 TPH	
			TAMAÑO MAS ALIMENTACIÓN:	500 mm	
			RAZON DE REDUCCIÓN:	20:1	
			PESO:	47.500 Kg	
DIMENSIONES DE TRANSPORTE			DIMENSIONES DE TRABAJO		
					
ALTURA	ANCHURA	LONGITUD	ALTURA	ANCHURA	LONGITUD
3.800 mm	3.360 mm	14.500 mm	4.233 mm	4.625 mm	15.525 mm
ESPECIFICACION DEL MOTOR					
		BATERIA:	4D-12V-1400A	CANTIDAD:	2 und
		MOTOR ARRANQUE:	207-1556	AUTOMATICO:	
		ALTERNADOR:	177-9953 80A	CORREA:	7M-7477
		BOMBA DE AGUA:		SENSOR TEMP:	
MARCA:	CAT	RADIADOR:	BEC707/T	MOTOR HID:	PLM 20.20R0
MODELO:	C13	TURBO:	247-2965		
SERIAL:	LGK08146	F. AIRE EXTERNO:	6I-2509	F. ACEITE:	1R-1808
ARREGLO:		F. AIRE INTERNO:	6I-2510	F. COMBUSTIBLE:	1R-0762
POTENCIA:	330 KW	VACUOMETRO SAT:		TRAMPA AGUA:	326-1643
ESPECIFICACIONES HIDRÁULICAS					
		BOMBA PRINCIPAL		BOMBA AUXILIAR	
		MARCA:	HYDRECO	MARCA:	RONZIO
		REFERENCIA:	X1A50635063	REFERENCIA:	01-02-4444A
		CAPACIDAD:	63 cc/rev.	CAPACIDAD:	
ACOPLE:	CENTA 50A	VAL ALIVIO:	01-10-009002		
VALVULAS DE REGULACIÓN			VALVULAS DE CONTROL		
V. ROTATIVA DE DISTRIBUCIÓN:	01-10-0256	BANCO VALVULAS 3 MANDOS:	01-11-SD11/3		
V. REGULADORA DE FLUJO:	01-10-009008	BANCO VALVULAS 4 MANDOS:	01-11-SD11/4		
V. REGULADORA WEBTEC:	01-10-0200	VALVULA DE CONTROL:	01-11-SD14/1		

Cuadro 12. (Continuación)

		FICHA TÉCNICA			versión 0.1	
					Elaboro:	Luis Jiménez
ESPECIFICACIÓN TOLVA			ESPECIFICACIÓN DE ACEITES & LUBRICANTE			
LONGITUD:	4.250 mm		COMBUSTIBLE:	ACPM	800 Lt	
ANCHO:	2.548 mm		ACEITE MOTOR:	15W40	36 Lt	
CAPACIDAD:	9,2 m ³		REFRIGERANTE:	ECL 205-6613V	40 Lt	
ESPECIFICACIÓN ORUGA		ACEITE HIDRÁULICO EMBRAGUE:	ISO 68	60 Lt		
VALVULA:	-----	ACEITE REDUCTOR T. PRODUCTO:	ISO 150	2.5 Lt		
REDUCTOR:	FDM782-WA194DB	ACEITE REDUCTOR ORUGAS:	85W90	3.5 Lt		
LINK	TRL811-DL	ACEITE ALIMENTADOR VIBRATORIO:	NLGI 000	4 Lt		
CARRIL INF	LRG005C40A-A					
ESPECIFICACIÓN ALIMENTADOR VIBRATORIO						
	TIPO:	Grizzly	TRASMISIÓN			
	LONGITUD:	4250 mm	MOTOR HIDRÁULICO	104-1384-006	80 cc/rev	
	ANCHO:	900 mm	ACOPLE:	HRC 180	Rubber Insert 180	
	VELOCIDAD:	900 rpm	TAPER LOCK MOT:	2517	Eje-32	
RESORTES:	65-10-0004		TAPER LOCK COND:	2517	Eje-50	
RETENEDOR:	80x95x10		RODAMIENTO:	2218K	22218EK	
ESPECIFICACIÓN MOLINO IMPACTOR			ESPECIFICACIÓN EMBRAGUE HIDRAULICO			
	LONG ROTOR:	1200 mm		MARCA:	TRANSFLUID	
	VELOCIDAD:	750 rpm		TIPO:	KPTO 21	
	CIERRE MAX:	50 mm		RETENEDOR:	02-04-0150	
	APERTURA MAX	152 mm		FILTRO:	BT351	
RODAMIENTOS:	22330-C3		ELECTROVÁLVULA:	01-10-002024		
CORREA TRASMISIÓN:	SPC 8500		BOMBA DE ALIMENTACIÓN:	01-02-TF5935AA		
ESPECIFICACIÓN TRANSPORTADOR DE PRODUCTO						
	VELOCIDAD:	110 m/min	TRASMISIÓN			
	ALTURA	3540 mm	MOTOR HIDRAULICO	104-3616-006	130 cc/Rev.	
	ESP. CINTA	4L 6 x 2 mm	REDUCTOR	PG501MC	5714.113.0503	
LONGITUD CINTA:	25 m		ACOPLE:	HRC 230	Rubert Insert 230	
ANCHO CINTA:	1000 mm		TAPER LOCK MOT:	3020	Eje 70	
CHUMACERAS ROD. RETORNO:	SY 206		TAPER LOCK COND:	3020	Eje 65	
CHUMACERAS TAMBORES:	SNH 515		RODAMIENTO:	22115 EK		
ESPECIFICACIÓN TRANSPORTADOR LATERAL						
	VELOCIDAD:	115 m/min	TRASMISIÓN			
	ALTURA	2990 mm	MOTOR HIDRAULICO	109-1246-006	311.8 cc/rev	
	ESP. CINTA	3L 4 x 2 mm	ACOPLE:	HRC 150	Rubber Insert 150	
LONGITUD CINTA:	17 m		TAPER LOCK MOT:	2012	Eje 40	
ANCHO CINTA:	660 mm		TAPER LOCK COND:	2012	Eje 50	
			CHUMACERA:	SY 210	Eje 50	

PAG 2 DE 2

Fuente: elaboración propia

6.1.2 Solicitud de servicio. Este formato está diseñado para reportar eventualidades, fallas y anomalías que presente la maquina antes, durante o después de la operación y así mismo poder solicitar la intervención de mantenimiento bien sea para inspección, prevención o corrección.

La solicitud de servicio está distribuida en cinco secciones, a continuación, se da una breve explicación de cada una de ellas;

- Rotulo. En el rotulo ira el logo de la empresa, el nombre del formato y lo más importante el numero consecutivo de la solitud para llevar un control y programación en la ejecución.
- Datos. En esta sección el operador debe registrar la fecha, el equipo, el horometro, el proyecto, entre otros datos.
- Intervención. En esta sección se reporta la prioridad de la solicitud, adicionalmente se solicita que se indique si hubo lesiones o afectaciones al medio ambiente.
- Descripción de la falla. En esta sección se debe describir con detalle lo ocurrido o presenciado antes, durante o después de la operación.
- Autorización. Una vez evaluada la importancia y magnitud de la solicitud, el supervisor debe firmarla para que se elabore su correspondiente orden de trabajo

Cuadro 13. Solicitud de servicio

		SOLICITUD DE SERVICIO		Nº Solicitud: #	
FECHA		HOROMETRO		OPERADOR	
EQUIPO		MODELO		CODIGO	
PROYECTO		UBICACIÓN		CLIENTE	
*Indicar si se presentaron lesiones o afectaciones al medio ambiente			INTERVENCIÓN		
			INSPECCIÓN	PREVENCIÓN	CORRECCIÓN
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA					
_____			_____		
Operador			Supervisor		

Fuente: elaboración propia

6.1.3 Orden de trabajo. La orden de trabajo es una instrucción escrita y establecida por el asistente de servicio técnico y postventa en el cual se define el trabajo que se va a realizar, las condiciones a tener en cuenta, los insumos, repuestos, entre otros, para evitar pérdida de tiempos durante la ejecución y que el mecánico u operador este predispuesto a lo que se tiene que enfrentar.

Sin lugar a duda es uno de los formatos más importantes para la recopilación de datos y evaluación de indicadores, puesto que se registra toda la información referente al trabajo realizado, asegurando de esta manera la calidad del mantenimiento.

El formato está distribuido en cinco secciones, a continuación, se da una breve explicación de cada una de ellas;

- Rotulo. En el rotulo se contempla el logo de la empresa, el nombre del formato, la versión y el responsable de la elaboración.
- Datos. Esta sección contempla la información referente a la solicitud de trabajo, fecha, tipo de intervención, el equipo y el número de solicitud para así poder realizar la planeación del trabajo
- Descripción del trabajo. En esta sección se encuentra la descripción de la falla y su correspondiente plan de ejecución, así como el nombre del solicitante y del responsable de la ejecución.
- Recursos. Esta sección lista las herramientas, insumos y repuestos requeridos para la intervención.
- Seguimiento. Es la sección más importante para el control y registro de mantenimiento, en esta se contempla la fecha de inicio y final del trabajo, el horometro inicial y final, gastos operativos, observaciones y recomendaciones del responsable de la ejecución. Esta información alimentara la hoja de vida del equipo.

A continuación, se muestra el formato establecido para la generación de órdenes de trabajo;

Cuadro 14. Orden de Trabajo

			ORDEN DE TRABAJO			VERSIÓN	0.1	Hoja																										
						ELABORO	Luis Jiménez	1 De 1																										
FECHA DE SOLICITUD			Nº SOLICITUD	INTERVENCIÓN			EQUIPO	Nº OT																										
DD	MM	AA		INSPECCIÓN	PREVENCIÓN	CORRECCIÓN																												
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO																																		
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA					PLAN DE EJECUCIÓN																													
SOLICITANTE					RESPONSABLE																													
RECURSOS																																		
HERRAMIENTAS				INSUMOS Y REPUESTOS																														
DESCRIPCIÓN			CANTIDAD	DESCRIPCIÓN			CANTIDAD																											
SEGUIMIENTO																																		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>HOROMETRO INICIAL</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td>HOROMETRO FINAL</td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>			HOROMETRO INICIAL		HOROMETRO FINAL		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">FECHA INCIO TRABAJO</td> <td style="text-align: center;">DD</td> <td style="text-align: center;">MM</td> <td style="text-align: center;">AA</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">FECHA FIN TRABAJO</td> <td style="text-align: center;">DD</td> <td style="text-align: center;">MM</td> <td style="text-align: center;">AA</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>			FECHA INCIO TRABAJO	DD	MM	AA				FECHA FIN TRABAJO	DD	MM	AA				<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">GASTOS OPERATIVOS</td></tr> <tr><td>H-H</td><td> </td></tr> <tr><td>VIATICOS</td><td> </td></tr> <tr><td>RECURSOS</td><td> </td></tr> </table>			GASTOS OPERATIVOS		H-H		VIATICOS		RECURSOS	
HOROMETRO INICIAL																																		
HOROMETRO FINAL																																		
FECHA INCIO TRABAJO	DD	MM	AA																															
FECHA FIN TRABAJO	DD	MM	AA																															
GASTOS OPERATIVOS																																		
H-H																																		
VIATICOS																																		
RECURSOS																																		
OBSERVACIONES					RECOMENDACIONES Y/O PENDIENTES																													
FIRMA SOLICITANTE			FIRMA EJECUTANTE			FIRMA SUPERVISOR																												

Fuente: elaboración propia

6.1.4 Hoja de vida. La hoja de vida está diseñada para recopilar todas aquellas intervenciones que se le hagan al equipo bien sea por parte del personal involucrado o por externos. La información registrada en este formato está alimentada por la solicitud de trabajo y por la orden de trabajo.

Es de gran importancia que ninguna novedad o intervención quede por fuera de la hoja de vida, ya que un apropiado control y registro permitirá sacar históricos, presupuestos, indicadores, estadísticas y quizás lo más importante, tomar acciones de mejora frente a la frecuencia de fallas.

El formato de la hoja de vida está compuesto por tres secciones, descritas a continuación;

- Rotulo. En el rotulo se encuentra el logo de la empresa, el nombre del formato, la versión y el responsable de la elaboración en caso de sufrir modificaciones.
- Datos. En esta sección se contempla de manera general la información referente al equipo
- Registro. En esta sección se recopila toda la información generada por las ordenes de trabajo ya finalizadas, dentro de esta información se encuentra: la fecha, horometro, proyecto, operador, tipo de intervención, N° de orden de trabajo, código de falla, descripción general del trabajo y lo más importante el tiempo fuera de operación. Si se desea obtener datos adicionales se deberá referir a la orden de trabajo.

A continuación, se muestra el formato establecido para la hoja de vida;

7. EJECUCIÓN Y PREVENCIÓN

Como se ha dicho en diferentes ocasiones el propósito fundamental de este plan de mantenimiento es obtener la mayor disponibilidad de la trituradora y para esto se ha establecido un plan de actividades preventivas en donde la inspección, lubricación, ajuste y limpieza serán la base fundamental para el cumplimiento de dicho propósito.

Es por esto que previamente se ha realizado un análisis de fallas y un análisis de criticidad, estrategias que serán de gran utilidad para definir parte de esas actividades preventivas, sin embargo, habrá que regirse rigurosamente a las recomendaciones hechas por el fabricante, así como a la experiencia adquirida a través de los diferentes proyectos en los que ha estado la trituradora y el personal involucrado en el mantenimiento.

7.1 ACTIVIDADES PREVENTIVAS

Se empezará por considerar en primer lugar que las actividades de prevención se pueden clasificar en dos tipos, una de ellas es basada en el tiempo, es decir, en la frecuencia y la segunda basada en la condición de desgaste, para este proyecto se acudirá y trabajará con ambos tipos.⁷

Ahora bien, estas tareas traerán consigo la ventaja de detectar condiciones o estados inadecuados en equipos o elementos que puedan ocasionar un paro en la producción o el deterioro de la máquina, sin embargo, existe una pequeña desventaja ante todo esto y es que los elementos, componentes o consumibles que sean sustituidos no son aprovechados en su máxima vida útil.

7.1.1 Actividades basadas en el tiempo (frecuencia). Las actividades preventivas que tienen asignada una frecuencia de ejecución, se realizan en la mayoría de veces sin importar la condición en la que se encuentre el equipo o elemento, muchas veces siguiendo un criterio de uso; dentro de estas tareas se destacan: labores de inspección y lubricación.

La frecuencia determina el intervalo de tiempo establecido entre cada intervención, para este caso, debido al contexto operacional, la frecuencia estará regida únicamente por las horas de servicio u operación, registro que será de fácil control gracias al reporte diario de operación que se lleva de la máquina.

Aunque el fabricante recomiende en general y de manera macro, hacer labores de mantenimiento a las 250, 1500 y 2500 horas, existen actividades que por la alta exigencia operativa de la máquina requieren realizarse de manera diaria, semanal

⁷ MORA GUTIERREZ. Op. Cit., p. 320

o mensual, lo que significa que se tendrán frecuencias adicionales con intervalos de 8, 50 y 170 horas respectivamente, considerando un promedio de operación diario de 8 horas. En el siguiente cuadro se muestran las frecuencias establecidas y su equivalencia.

Cuadro 16. Frecuencias

F	FRECUENCIA	INTERVALO
F0	Diaria	8 h
F1	Semanal	50 h
F2	Mensual	170 h
F3		250 h
F4		1500 h
F5		2500 h

Fuente: elaboración propia

Vale la pena aclarar que las frecuencias adicionales que se establecieron y no están contempladas por el fabricante de la máquina en su manual de operación y mantenimiento, fueron determinadas a partir de la experiencia.

7.1.2 Actividades de mantenimiento basadas en la condición de estado. Las actividades basadas en la condición, son implementadas precisamente para evaluar y vigilar el funcionamiento de la máquina, comparando ciertos parámetros de funcionamiento con los establecidos. En su gran mayoría estas tareas están asociadas a labores de inspección y ajuste y limpieza.

Debido a la condición operativa de la trituradora las actividades establecidas para estos casos estarán en primer lugar enfocadas en el seguimiento y control del estado y desgaste en los componentes que tienen como función la reducción de material dentro del molino impactor. En segundo lugar, se encuentran los elementos y componentes de los transportadores y finalmente pero no menos importante está el análisis ferrográfico del aceite hidráulico.

Se establece de esta manera debido a que no siempre el material que se procesa tiene las mismas características, en algunas ocasiones el porcentaje de dureza varia al igual que el porcentaje de sílice, esto quiere decir que la velocidad de desgaste de los componentes no va ser la misma siempre por lo que se debe hacer un seguimiento constante de estos.

Dicho lo anterior se establecieron las actividades y procedimientos básicos de inspección, lubricación, ajuste y limpieza, con su respectiva frecuencia de ejecución o análisis de condición, como se muestra a continuación.

7.2 PROCEDIMIENTOS

7.2.1 Procedimiento de inspección. Cuando se habla de inspección, según la norma GTC 62 es un “reconocimiento crítico efectuado a un mecanismo”⁸, actividad que permite diagnosticar la situación actual de la máquina.

La inspección continua de la trituradora antes, durante y después de la operación es un factor importante y crucial para la determinación y prevención de fallas, así como también es una herramienta que facilita la programación e intervención de mantenimientos al prever herramientas, repuestos, personal y recursos.

Cabe resaltar que las inspecciones planteadas para este proyecto van a ser principalmente visuales, acústicas y al tacto de componentes, aquellas que el operador pueda realizar sin el uso de tecnologías o métodos avanzados; apoyado en recursos manuales, herramientas básicas e insumos de uso continuo.

7.2.2 Procedimiento de Ajuste y Limpieza. Las actividades de ajuste y limpieza no son apropiadas dentro de muchas empresas, debido a que demandan un tiempo adicional en la jornada de producción, sin embargo, estas tareas son las más efectivas a la hora de conservar un equipo.

La limpieza está considerada como un mantenimiento autónomo que va permitir fomentar en el operador no solo el sentido de pertenencia con la máquina sino también la responsabilidad, el compromiso y valor dentro de la gestión del mantenimiento.

La limpieza no es solamente el aspecto visual que pueda tener la trituradora, también implica una serie de factores que facilitan la prevención de fallas, como: mejorar la disipación de calor, facilitar la evidencia de fugas, permitir detectar anomalías ocultas, entre otras.

Aunque el ajuste es una tarea de mayor complejidad y que toma más tiempo, tiene una gran ventaja al permitir prever fallas a causa de vibraciones, desgaste o desajuste, condiciones que propician la ruptura prematura de elementos o componentes que pueden llegar afectar tanto al equipo como al personal.

7.2.3 Procedimiento de lubricación. La lubricación es uno de los factores más importantes dentro de cualquier sistema mecánico, además de reducir la fricción, el desgaste, transferir calor y arrastrar impurezas, garantiza el correcto funcionamiento y asegura la vida útil de los elementos y componentes.

⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. GTC 62. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1999. p 14

Para la trituradora móvil 1012T la lubricación pasa de ser un simple procedimiento de mantenimiento a ser parte vital del funcionamiento de esta, debido a que no solo se contempla la lubricación de sistemas motrices y del motor diésel, sino que también se tiene en cuenta el desempeño de bombas, motores y del embrague del molino impactor, que como se mencionaba anteriormente operan con aceite hidráulico, el cual presenta el mismo comportamiento de un aceite lubricante y por lo tanto debe ser controlado y renovado en las frecuencias recomendadas.

Es importante tener en cuenta que por el contexto operacional en el cual trabaja la trituradora, y por su funcionalidad, es inminente no tener presencia de agentes extremadamente contaminantes en el sistema hidráulico y en los sistemas de lubricación, haciendo referencia al material particulado (Sílice) que se deriva de la trituración y a la presencia de agua por la exposición a cielo abierto.

Dicho lo anterior, el operador debe estar completamente consiente de que la lubricación aparte de que se debe realizar dentro de las frecuencias adecuadas, debe ejecutarse con las condiciones de limpieza más adecuadas y dentro de los parámetros exigidos por el fabricante, para esto, se plantean una serie de recomendaciones mostradas a continuación;

- ✓ No mezclar grasas ni aceites lubricantes que no sean compatibles entre sí, es decir, que no correspondan a la misma referencia y especificación.
- ✓ No exceder las cantidades recomendadas y establecidas en la ruta de lubricación
- ✓ Ajustarse a las frecuencias de lubricación y engrase, evite exceder los tiempos recomendados

7.3 RUTA DE MANTENIMIENTO

La ruta de mantenimiento es una serie de actividades que se establecen para cada uno de los sistemas de la trituradora, partiendo de los puntos de inspección, ajuste y limpieza que se derivan del correspondiente análisis de fallas y criticidad de los equipos, de la experiencia del personal involucrado y de las recomendaciones del fabricante.

Es importante que estas actividades se encuentren registradas en un formato o instructivo que le permita al personal encargado ejecutar cada una de las tareas sin ningún imprevisto, a continuación, se ilustra la ruta de mantenimiento.

Cuadro 17. Ruta de mantenimiento

		RUTA DE MANTENIMIENTO					PAG 1 DE 8				
							Versión 0.1				
	Advertencia						F0	8h			
	<p>•El personal de mantenimiento deberá contar con los elementos de protección personal y hacer buen uso de estos. (Guantes, Mascarilla, Casco, Botas, Gafas, Auditivos)</p> <p>•El símbolo del recuadro "SEG" identifica el estado en el que debe estar la máquina para realizar la actividad</p> <p>↑ Maquina Encendida Δ Maquina apagada</p>						F1	50h			
						F2	170h				
						F3	250h				
						F4	1500h				
						F5	2500h				
SISTEMA	SEG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA						RECURSOS	OBSERVACIONES	
			F0	F1	F2	F3	F4	F5			
GENERACIÓN MOTOR CAT C13	Δ	Drenar agua del separador de combustible	X							•Recurso Manual	•Drene hasta que se observe salir ACPM
	Δ	Limpia y sacudir filtros de aire	X							•Cepillo o compresor	•Si utiliza un compresor, sacuda de adentro hacia afuera •No golpee el filtro con elementos rígidos y evite exponerlos al agua
	Δ	comprobar nivel de líquidos (Combustible, Aceite lubricante y Refrigerante)	X							•ACPM •Refrigerante •Aceite 15W40	•Verifique nivel min y adicione de ser necesario
	Δ	Limpia y sacudir el radiador	X							•Cepillo o compresor	•Asegúrese que puede visualizar luz a través del panel
	↑	Monitorear la temperatura del motor	X							•Lectura en el Display	•La temperatura no debe superar los 93 °C
	↑	Monitorear las RPM	X							•Lectura en el Display	•Durante la operación deben permanecer en 1800 rpm
	↑	Inspeccionar presencia de fugas	X							•Inspección Visual	•Contemple si existen fugas de ACPM, de aceite o de refrigerante
	Δ	Limpia contactos eléctricos		X						•Limpia Contactos •Pinzas •Cinta aislante	•Desconecte los terminales y aplique limpia contactos en buena cantidad •Realizar inspección a los terminales y cables y sustituir en caso de daño
	Δ	Reiniciar el Vacuometro de saturación de filtros		X						•Recurso Manual	•Suelte el vacuometro de saturación y oprima el botón "Reset" en su parte superior
	Δ	Revisar correas de transmisión			X					•Inspección Visual	•Revise posibles grietas o deformación •Verifique Tensión
	↑	Verificar funcionamiento de inyectores		A Condición							•Juego de llaves •Inspección Visual •Estopa o Weipper

Cuadro 17. (Continuación)

SISTEMA		SEG	ACTIVIDAD	FRECUCENCIA						RECURSOS	OBSERVACIONES			
				F0	F1	F2	F3	F4	F5					
GENERACIÓN MOTOR CAT C13		↑	Verificar funcionamiento Bomba de Agua y Termostato	A Condición •Recalentamiento •Líquido refrigerante a nivel •No hay presencia de fugas •sensor Temperatura ok						•Pirómetro •Inspección Visual •Juego de llaves •Recurso manual	•Verifique que exista un diferencial de temperatura en la manguera superior e inferior del radiador •Suelte la manguera superior y compruebe que haya paso de agua por el Termostato			
		↑	Verificar funcionamiento de la bomba de alimentación	A Condición •motor prende pero no se sostiene •Filtro de combustible vacío						•Recipiente con ACPM •Manguera •Juego de llaves	•llene un recipiente con ACPM y ubíquelo en una posición superior al filtro •Con una manguera haga llegar por gravedad el combustible al filtro •Encienda el equipo			
HIDRAULICO BOMBA PRINCIPAL		Δ	Verificar nivel de Aceite Hidráulico	X							•Inspección Visual •Aceite ISO 68	•compruebe que el nivel de aceite se muestra en la mirilla por encima del nivel 2 y adicione de ser necesario		
		Δ	Limpia y Sacudir Radiador	X								•Cepillo o compresor	• sacuda siempre de adentro hacia afuera, no utilice agua a presión •verifique que pueda ver a través del panel	
		↑	Verificar temperatura de operación	X								•Pirómetro	•la temperatura no debe superar los 80 °C	
		↑	Inspeccionar presencia de fugas	X								•inspección visual •juego de llaves	•Verifique el grafado y acople de las mangueras y apriete de ser necesario •verifique fugas en válvulas, motores y mandos	
		Δ	Muestra de aceite							X		•Kit de muestreo	•Realice la toma de muestra después de 20 min de operación •según resultados programe cambio	
		Δ	Verificar acople									A Condición •vibración excesiva de la bomba •Cabeceo en la bomba	•Juego llaves Mixtas •juego llaves Bristol •Inspección visual	•Compruebe desgaste o posibles fisuras •verifique alineación •verifique apriete de pasadores
		Δ	Cambiar O-Ring Líneas de Succión y Descarga									A Condición •Después de ajustar acoples la fuga persiste •O-Ring Cristalizado •Mala instalación	•Juego de llaves Bristol •Kit de O-Ring •Estopa o Weipper •Tornillo Bristol M10 o M12	•Suelte la manguera (Sin Acople) •Suelte el Acople y libere el O-ring viejo •limpie la canal del O-ring e inserte el nuevo •Coloque el acople y Cambie los tornillos de sujeción •Acople nuevamente la manguera

Cuadro 17. (Continuación)

SISTEMA		SEG	ACTIVIDAD	RUTA DE MANTENIMIENTO						RECURSOS	OBSERVACIONES	
				FRECUCENCIA								
				F0	F1	F2	F3	F4	F5			
ELÉCTRICO	↑	Comprobar voltaje de las baterías	X								•Lectura en el Display	•verifique el voltaje de las baterías en el display del tablero de control, antes y durante la operación
	↑	Verifique temperatura de las baterías	X								•Pirómetro	•La temperatura de operación no puede ser mayor a
	Δ	Verifique nivel de ácido de las baterías		X							•Destornillador •Inspección Visual	•Compruebe que el ácido de las baterías cubra las plaquetas •Adicione agua de ser necesario
	Δ	Limpia contactos (Relays, Fusibles, Conectores)			X						•Limpia contactos •Kit de Fusibles	•Suelte uno a uno los contactos (Relays, Fusibles, Conectores) y aplique en los Terminales limpia contactos
	↑	Verificar funcionamiento de paros de emergencia y hacer limpieza			X						•Recurso manual •Destornillador •Limpia contactos •Pinza Pelacables	•Oprima uno a uno los paros de emergencia •Si no acciona, destape la caja y revise las conexiones •Aplique limpia contactos y haga empalme nuevamente
	Δ	Cambiar las baterías			A Condición •Baterías Sopladas o sulfatadas •Se descargan en 1 día • >1500 h de Operación						•Bat. 4D 12V 1400A	•Remueva las baterías viejas, limpie depósito y coloque un caucho o madera en el fondo •Monte las baterías nuevas •Asegúrese de que los cables de poder hagan buen contacto en los bornes
ALMACENAMIENTO TOLVA	↑	Verificar fugas en cilindros y mangueras	X								•inspección visual •juego de llaves	•Compruebe presencia de fugas en las mangueras y empaquetaduras del cilindro
	↑	Inspeccionar pasadores de los cilindros y de anclaje lateral		X							•Inspección Visual •Pin R •Maseta de 4 Lb	•Verifique que los pasadores de los cilindros se encuentren pasantes con su correspondiente Pin R •Ajuste de ser necesario
	Δ	Verificar el desgaste superficial			X						•Inspección Visual	•Determine el nivel de desgaste de los laterales y compruebe que no hay fisuras •levante medidas para la instalación de una ruana

Cuadro 17. (Continuación)

		RUTA DE MANTENIMIENTO						PAG 4 DE 8			
								Versión 0.1			
SISTEM A	SEG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA						RECURSOS	OBSERVACIONES	
			F0	F1	F2	F3	F4	F5			
ALIMENTACIÓN ALIMENTADOR VIBRATORIO GRIZZLY	↑	Verificar temperatura del motor	X							•Pirómetro	•La temperatura de operación no debe superar los 80°C
	↑	Verificar que el alimentador vibra libremente	X							•Inspección Visual •Flexómetro	•compruebe que existe una luz de 30 mm con la tolva •verifique que no golpea contra ningún perfil estructural
	Δ	comprobar alineación y estado de los resortes		X						•inspección visual •Escuadra Metálica •Flexómetro	•Compruebe si existe desviación del muelle •verifique presencia de posibles grietas •Verifique deflexión Max permitida
	Δ	Verificar desgaste superficial de las barras o chapa perforada		X						•Inspección Visual •Juego de llaves	•Determine el nivel de desgaste y verifique que no hay fisuras •Re-torquee tornillería de sujeción
	Δ	Comprobar estado de los componentes de la transmisión			X					•Juego de llaves •juego de llaves Bristol •Inspección visual	•Desacople la transmisión y verifique el estado del acople flexible, los manguitos y Manzana •compruebe alineación del sistema
	Δ	Comprobar nivel de lubricante de los engranajes			X					•llave 16 •Grasa NLGI 000	•Retire el tapón de nivel y compruebe altura del lubricante •Adicionar de ser necesario, por la parte de arriba hasta que salga por el tapón de nivel
	Δ	Cambiar del Acople Flexible		A Condición •El Acople pierde su geometría •Vibración Excesiva						•Juego de llaves •Acople 180	•Desacople la transmisión, retire el Acople dañado y inspección la manzana metálica •coloque el acople nuevo, verifique alineación
TRITURACIÓN MOLINO IMPACTOR	Δ	Verificar el desgaste superficial de los Martillos, Revestimientos y Placas de impacto	X							•Flexómetro •Inspección Visual	•Revise los límites de desgaste para cada uno de los elementos nombrados, no exponga la carcasa ni el rotor a daños prematuros •Verifique la existencia del elemento a sustituir antes de programar el cambio
	Δ	Verificar estado del Rotor (Guías, Platinas de sujeción, eje)	X							•Inspección visual	•Gire el rotor lentamente en búsqueda de fisuras, si es posible aplique agua para mayor claridad

Cuadro 17. (Continuación)

		RUTA DE MANTENIMIENTO						PAG 5 DE 8			
								Versión 0.1			
SISTEMA	SEG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA						RECURSOS	OBSERVACIONES	
			F0	F1	F2	F3	F4	F5			
TRITURACIÓN MOLINO IMPACTOR	△	Verificar nivel de aceite del embrague	X							<ul style="list-style-type: none"> •Inspección Visual •Aceite ISO 68 	•Compruebe que el nivel de aceite este por encima del nivel mínimo y adicione de ser necesario
	↑	Inspeccionar la temperatura y presión del embrague hidráulico	X							<ul style="list-style-type: none"> •Inspección Visual 	<ul style="list-style-type: none"> •Compruebe a través del manómetro que la presión no exceda los 2 Bar •Compruebe a través del termómetro que la temperatura de operación no exceda los 90 C
	↑	Verificar fugas en cilindros y mangueras	X							<ul style="list-style-type: none"> •inspección visual •juego de llaves 	•Compruebe presencia de fugas en las mangueras y empaquetaduras del cilindro
	△	Re-torquear los tornillos de sujeción de los revestimientos y Placas de Impacto		X						<ul style="list-style-type: none"> •Juego de llaves •Maseta de 4 lb •llave Bristol 3/4 	<ul style="list-style-type: none"> •Golpee uno a uno los revestimientos y placas de impacto en búsqueda de placas sueltas (Recurso Acústico) •Re-torquee donde vea necesario
	△	Realizar limpieza y ajuste a la electroválvula del Embrague		X						<ul style="list-style-type: none"> •Destornillador •Limpia contactos 	<ul style="list-style-type: none"> •Suelte el capuchón eléctrico y aplique limpia contactos en los terminales •suelte el solenoide y realice la prueba de imantación
	△	Comprobar estado y tensión de las correas			X					<ul style="list-style-type: none"> •Juego de llaves •Recurso Manual •Inspección Visual 	<ul style="list-style-type: none"> •Desarme la guarda de Protección •Gire la polea manualmente y verifique una a una que no tengan desgaste ni fisuras •Compruebe la alineación y coloque nuevamente la guarda
	△	Cambiar Martillos	<p>A condición</p> <ul style="list-style-type: none"> •Espesor menor a 50 mm •Si el martillo se rompió y genera desbalanceo en el rotor <p>*Si uno de los martillos se rompió deberá cambiar tanto el roto como el martillo que se encuentra opuesto para conservar el rotor balanceado</p>						<ul style="list-style-type: none"> •Diferencial •Eslinga de Carga •Juego de llaves •Maseta 18 lb 	<ul style="list-style-type: none"> •Retire las platinas de sujeción lateral •Con ayuda de la diferencial y la eslinga ize el martillo para sacarlo de las guías del rotor, golpeándolo con la Maseta de 18 lb •si uno de los lados no se ha usado, gire el martillo he introduzca la otra cara en el rotor •Si el martillo ha sido usado por ambas caras, retírelo y monte un juego nuevo 	

Cuadro 17. (Continuación)

		RUTA DE MANTENIMIENTO						PAG 6 DE 8		
								Versión 0.1		
SISTEMA	SEG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA						RECURSOS	OBSERVACIONES
			F0	F1	F2	F3	F4	F5		
TRITURACIÓN MOLINO IMPACTOR	Δ	Cambiar revestimientos	A Condición •Si el revestimiento tiene menos de 10 mm de espesor						•llave o Copa 24 •Tornillo M16 x 50 •Maseta de 4 lb	•Suelte los tornillos de sujeción de la placa desgastada, en caso de que se rompa el tornillo utilice equipo de Oxicorte •Centre la placa nueva y fijela correctamente •Evite que haya luz entre la carcasa y la placa
	Δ	Cambiar Placa de impacto	A Condición •Si la placa tiene menos de 50 mm de espesor •si la palca se fisuro por uno de los tornillos						•Equipo de Oxicorte •Tornillo M27 x 100 •Tuerca de Seg M27 •Copa de impacto	•Corte los tornillos de sujeción y retire la placa •Monte la Placa nueva y fijela con los tornillos •Golpee la cabeza del tornillo para asentar la cabeza y Re-torquee nuevamente •Repita el procedimiento 3 veces
	Δ	Cambiar Correas de transmisión	A Condición •Las correas perdieron su geometría, presentan desgaste excesivo •las correas se saltan durante la operación •El equipo está trabajando con menos correas						•Juego de Correas SPC8500 •Juego de llaves cepillo	•Destencione la trasmisión por medio de la base corrediza del motor •Retire la guarda de protección y las correas viejas •Limpie las canales de las poleas e inspeccione las pestañas •Monte la correas nuevas y tense el sistema •Verifique alineación
DESCARGA T. PRODUCTO & T. LATERAL	↑	Verificar alineación de las bandas	X						•Inspección visual •Juego de llaves	•compruebe durante el funcionamiento del equipo que la banda no se recuesta hacia ninguna lado y no halla caída de material •De ser necesario ajuste el sistema tensor
	Δ	Inspeccionar rodillera	X						•Inspección Visual	•Verifique que todos los rodillos giran libremente y no hay ninguno atascado •Reporte el rodillo que requiera ser cambiado
	Δ	Verificar estado de limpiadores y guardillas	X						•Inspección Visual	•Compruebe que los raspadores estén haciendo contacto directo con la banda •Verifique que no hay atrapamiento de material en los tambores de cola •Compruebe que no hay derrame de material

Cuadro 17. (Continuación)

		RUTA DE MANTENIMIENTO					PAG 7 DE 8					
							Versión 0.1					
SISTEM A	SEG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA						RECURSOS	OBSERVACIONES		
			F0	F1	F2	F3	F4	F5				
DESCARGA T. PRODUCTO & T. LATERAL	↑	Verificar temperatura de operación	X							•Pirómetro	<ul style="list-style-type: none"> •Compruebe que la temperatura de los rodamientos no esté por encima de 70 C •compruebe que la temperatura de los motores hidráulicos no esté por encima de 80 C •Compruebe que la temperatura de reductor no esté por encima de 90 C 	
	Δ	Comprobar estado de las cintas		X						•Inspección Visual	<ul style="list-style-type: none"> •verifique si existe un desgaste superficial excesivo sobre la cinta •verifique la profundidad de las rupturas •verifique punto de empalme, parches y reparaciones que tenga 	
	Δ	Comprobar nivel de aceite del reductor		X						•Inspección Visual •Aceite ISO 150 •llaves Bristol	<ul style="list-style-type: none"> •Retire el tapón de nivel y compruebe altura del lubricante •Adicionar de ser necesario, por la parte de arriba hasta que salga por el tapón de nivel 	
	Δ	Comprobar estado de los componentes de la transmisión			X					•Juego de llaves •juego de llaves Bristol •Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> •Desacople la transmisión y verifique el estado del acople flexible, los manguitos y Acople •compruebe alineación del sistema 	
	Δ	Cambiar del Acople Flexible		A Condición							•Juego de llaves •Acople 230	<ul style="list-style-type: none"> •Desacople la transmisión, retire el Acople dañado y inspección la manzana metálica y el Manguito •coloque el acople nuevo, verifique alineación
	Δ	Cambiar Cinta		A Condición							•Cinta ANL 450 4L 6mm x 2 mm	<ul style="list-style-type: none"> •Asegurar disponibilidad de corriente 110 V y 220 V para el contratista que hace el cambio •Revisar estado de la rodillera •Revisar estado de la cama de impacto
	Δ	Cambiar barras de impacto		A condición							•Barra de impacto •Juego de llaves •Bisturí	<ul style="list-style-type: none"> •se debe programar el cambio simultáneamente con el cambio de la cinta por el nivel de complejidad •Aquellas que no estén deterioradas se les debe refilar el acrílico y pasarlas a los extremos •las barras nuevas siempre deben ir ubicadas en el centro

Cuadro 17. (Continuación)

		RUTA DE MANTENIMIENTO						PAG 8 DE 8		
								Versión 0.1		
SISTEMA	SEG	ACTIVIDAD	FRECUENCIA						RECURSOS	OBSERVACIONES
			F0	F1	F2	F3	F4	F5		
DESPLAZAMIENTO ORUGAS	△	Inspeccionar presencia de fuga en el moto reductor y válvulas	X						<ul style="list-style-type: none"> •Inspección Visual •Juego de llaves 	•Compruebe no halla rastro de derrames o salpicaduras
	△	Comprobar tensión de las orugas			X				<ul style="list-style-type: none"> •Recurso Manual •Boquilla o perfil metálico •Flexómetro 	•Ubique el perfil sobre las orugas y compruebe la deflexión o pandeo que tiene la cadena , no puede ser superior a 20 mm
	△	Comprobar nivel de aceite de los engranajes			X				<ul style="list-style-type: none"> •llaves Bristol •Inspección Visual •Aceite 80W90 	<ul style="list-style-type: none"> •Gire la transmisión hasta que el tapón de llenado quede en la parte superior y que el tapón de nivel lateralmente •Retire el tapón de nivel y compruebe, adicione de ser necesario

Fuente: elaboración propia

Como se muestra en el formato anterior, la ruta de mantenimiento tiene para cada actividad establecida, las condiciones de seguridad para ejecutarla, una frecuencia, unos recursos, unos parámetros de medición o comparación y unas observaciones en donde se indica de manera general en lo que consiste la actividad.

7.4 RUTA DE LUBRICACIÓN

Las actividades de lubricación al igual que las actividades de inspección, ajuste y limpieza, fueron evaluadas a partir de las recomendaciones del fabricante y experiencia del personal involucrado, en donde se determinaron los aceites lubricantes, las grasas, la frecuencia, la cantidad y observaciones para cada una de estas.

Dentro del plan de lubricación, fue importante determinar las engrasadoras con las que cuenta la empresa para poder ajustarse a las cantidades establecidas en la ruta de lubricación, en donde se determinó lo siguiente;

1. De la engrasadora manual de 1 libra hay que realizar 4 inyecciones para obtener 4 gramos de grasa
2. De la engrasadora industrial de 30 libras, una inyección equivale a 15 gramos

La ruta de lubricación es un instructivo para el operador, el cual, le va permitir ejecutar cada actividad con precisión, como se ilustra a continuación;

Cuadro 18. Ruta de lubricación

		RUTA DE LUBRICACIÓN						PAG 1 DE 3		
								Versión 0.1		
	Advertencia							F0	8h	
	<p>•El personal de mantenimiento deberá contar con los elementos de protección personal y ambiental a la hora de realizar las intervenciones de lubricación (Guantes de nitrilo, Mascarilla, Kit de derrames)</p> <p>•4g de grasa es el equivalente a 4 inyecciones de una engrasadora manual estándar (1 Lb)</p>							F1	50h	
								F2	170h	
								F3	250h	
								F4	1500h	
								F5	2500h	
SISTEMA	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA						INSUMOS	CANTIDAD	OBSERVACIONES
		F0	F1	F2	F3	F4	F5			
GENERACIÓN MOTOR CAT C13	Cambiar aceite lubricante				X			CAT 15W40	36 Lt	<ul style="list-style-type: none"> •Realice el cambio después de la jornada de operación o caliente el equipo por aprox 20 min antes de drenar •Abra la válvula del Carter y drene el aceite •Adicione y compruebe el nivel
	Cambiar kit de filtros				X			Kit de filtros	1 und	<ul style="list-style-type: none"> •llene previamente los filtros de aceite y combustible •Asegúrese de colocar adecuadamente el sello en cada filtro •Utilice la llave para filtros y evite estrangular el filtro
HIDRAULICO BOMBA PRINCIPAL	Cambiar aceite hidráulico					X		Aceite ISO 68	850 Lt	<ul style="list-style-type: none"> •Realice el cambio después de la jornada de operación o caliente el equipo por aprox 20 min antes de drenar •Suelte las mangueras de succión de la bomba y utilice estas para vaciar el tanque •Asegúrese tener el tanque completamente vacío antes de adicionar el aceite nuevo •Instale nuevamente las mangueras y retire la compuerta superior de llenado del tanque para verter el aceite
	Cambiar filtro de succión						X	Element Filter	2 und	<ul style="list-style-type: none"> •Suelte la unidad filtrante del sistema •Retire el filtro viejo y lave con un poco de aceite el porta filtro •instale el filtro nuevo •Asegúrese que no halla fuga
ALIMENTACIÓN ALIMENTADOR VIBRATORIO	Lubricar rodamientos		X					Grasa Multipropósito Base Litio EP2	8 gr	<ul style="list-style-type: none"> •Limpie la grasera previamente •No exceda la cantidad recomendada

Cuadro 18. (Continuación)

		RUTA DE LUBRICACIÓN						PAG 2 DE 3		
		FRECUECIA						Versión 0.1		
SISTEMA	DESCRIPCIÓN	F0	F1	F2	F3	F4	F5	INSUMOS	CANTIDAD	OBSERVACIONES
		ALIMENTACIÓN ALIMENTADOR VIBRATORIO	Cambiar aceite lubricante							
Lubricar rodamientos			X					Grasa Multipropósito Base Litio EP2	16 gr	<ul style="list-style-type: none"> •Limpie la grasera previamente •No exceda la cantidad recomendada
TRITURACIÓN MOLINO IMPACTOR	Cambiar filtro aceite embrague						X	Filtro Baldwin BT731	1 und	<ul style="list-style-type: none"> •llene previamente el filtro de aceite •Asegúrese de colocar adecuadamente el sello •Utilice la llave para filtros y evite estrangular el filtro
	Cambiar aceite embrague						X	Aceite ISO 68	60 Lt	<ul style="list-style-type: none"> •Realice el cambio después de la jornada de operación o caliente el equipo por aprox 20 min antes de drenar •Retire el tapón de drenaje y drene el aceite •Adicione y compruebe el nivel
DESCARGA T. LATERAL & T. PRODUCTO	Lubricar los rodamientos de los tambores del transportador lateral		X					Grasa Multipropósito Base Litio EP2	4 gr	<ul style="list-style-type: none"> •Limpie la grasera previamente •No exceda la cantidad recomendada
	Lubricar los rodamientos de los tambores del transportador de producto		X					Grasa Multipropósito Base Litio EP2	8 gr	<ul style="list-style-type: none"> •Limpie la grasera previamente •No exceda la cantidad recomendada
	Lubricar los rodamientos de los rodillos de retorno		X					Grasa Multipropósito Base Litio EP2	4 gr	<ul style="list-style-type: none"> •Limpie la grasera previamente •No exceda la cantidad recomendada
	Cambiar aceite lubricante del reductor						X	Aceite ISO 150	3,5 Lt	<ul style="list-style-type: none"> •Drene el aceite lubricante retirando el tapón de drenaje •Adicione aceite lubricante hasta el tapón de nivel

Cuadro 18. (Continuación)

		RUTA DE LUBRICACIÓN						PAG 3 DE 3		
								Versión 0.1		
SISTEMA	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA						INSUMOS	CANTIDAD	OBSERVACIONES
		F0	F1	F2	F3	F4	F5			
DESPLAZAMIENTO ORUGAS	Lubricar carriles inferiores				X			Aceite 85W90	---	•Retire el tapón de llenado y aplique 2 bombazos con la aceitera
	Cambiar aceite lubricante del reductor						X	Aceite 80W90	3,5 Lt	<ul style="list-style-type: none"> •Gire la transmisión hasta que el tapón de nivel quede apuntando hacia el piso •drene el aceite retirando el tapón de nivel •Gire la transmisión nuevamente hasta que el tapón de nivel quede lateralmente •Adicione el aceite por el tapón de llenado y verifique que el nivel llegue al tapón de nivel

Fuente: elaboración propia

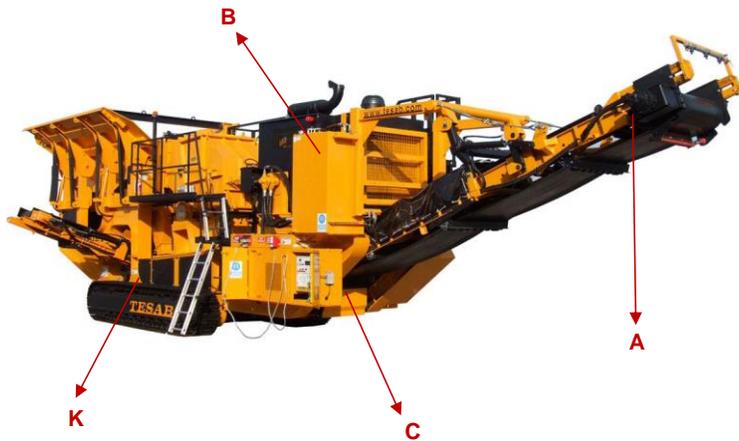
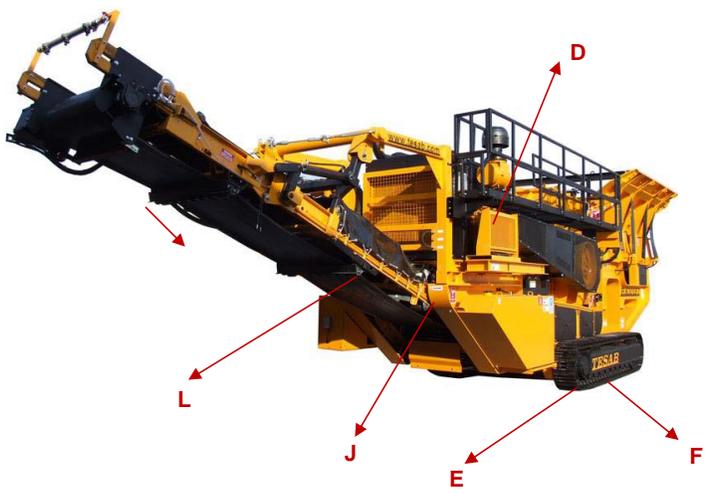
7.5 CARTA DE LUBRICACIÓN

Con el fin de obtener mejores prácticas de lubricación y evitar riesgos en la ejecución de las actividades, se ha propuesto establecer una carta de lubricación como complemento de la gestión.

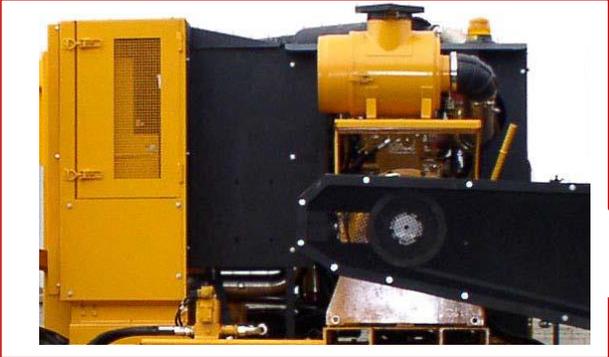
En primer lugar, una carta de lubricación es un formato en el cual se estandarizan los lubricantes según sus propiedades y aplicación, lo que finalmente predomina en el momento de seleccionar un lubricante. En segundo lugar, es un formato mucho más conveniente para el operador al ser más gráfico y explicativo, lo que permite la plena identificación de los puntos de lubricación evitando pasar por alto puntos importantes, finalmente, la carta de lubricación contempla detalles del modo y tipo de lubricación de cada uno de los componentes o sistemas a lubricar.

A continuación, se ilustra la carta de lubricación establecida para la trituradora móvil 1012T.

Cuadro 19. Carta de lubricación

		CARTA DE LUBRICACIÓN		
		Elaboro Luis Jiménez	VERSION HOJA	
 <p>Advertencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • El personal de mantenimiento debera contar con los elementos de proteccion personal y ambiental a la hora de realizar las intervenciones de lubricación (Guantes de nitrilo, mascarilla, Kit de derrames) • 4g de grasa es el equivalente a 4 inyecciones de una engrasadora manual estandar 			0.1	
			1 DE 2	
			F0	8 h
			F1	50 h
			F2	170 h
			F3	250 h
			F4	1500 h
		F5	2500 h	
	PUNTO A			
	F4			
	•Reductor Transportador Pricipal			
	PUNTO B			
	F4			
	•Deposito de Aceite Hidráulico			
	PUNTO C			
	F4			
	•Filtros Hidráulicos			
	PUNTO D			
	F5			
	•Embrague Hidráulico			
PUNTO E				
F5				
•Reductor Orugas				
PUNTO F				
F3				
•Carriles Inferiores				

Cuadro 19. (Continuación)

		CARTA DE LUBRICACIÓN			Elaboro	VERSION	0.1
					Luis Jiménez	HOJA	2 DE 2
				PUNTO G			
				F1			
				•Rodamientos Molino			
				PUNTO H			
F4							
•Engranajes Alimentador Vibratorio							
				PUNTO I			
				F3			
				•Motor CAT C13			
							
PUNTO J		PUNTO K		PUNTO L			
F1		F1		F1			
•Rodamientos Transportador Principal		•Rodamientos Grizzly		•Rodamientos Rodillos de Retorno			
		•Rodamientos Trans. L.					
PUNTO	LUBRICANTE	ESPECIFICACIÓN	GRADO	METODO	CANTIDAD	OBSERVACIONES	
A	Aceite	Engranajes	ISO 150	Baño	3,5 Lt	•No exceda las cantidades recomendadas	
B	Aceite	Hidráulico	ISO 68	-----	850 Lt		
C	NA	Element Filter	-----	-----	2 Und		
D	Aceite	Hidráulico	ISO 68	Chorro	60 Lt	•No exceda los intervalos de lubricacion recomendados	
E	Aceite	Transmision	80W90	Baño	3,5 Lt		
F	Aceite	Transmision	85W90	Baño	-----	•No mezcle diferentes tipos de grasa	
G	Grasa	EP Base Litio	NLGI 2	Manual	16 gr		
H	Grasa	Chasis Grease	NLGI 000	Salpique	4 Lt		
I	Aceite	Lubricante de Motor	15W40		36 Lt	*Referirse a la "RUTA DE LUBRICACIÓN" para mas detalle	
J	Grasa	EP Base Litio	NLGI 2	Manual	8 gr		
K	Grasa	EP Base Litio	NLGI 2	Manual	4gr / 8 gr		
L	Grasa	EP Base Litio	NLGI 2	Manual	4 gr		

Fuente: elaboración propia

8. ESTUDIO DE REPUESTOS

Es importante saber que dentro de los principales hechos que generan la no funcionalidad y la no disponibilidad de equipos, se encuentran los retrasos en el suministro de repuestos, insumos, materias primas de mantenimiento o recurso humano

De ahí que resulta importante establecer una estrategia que permita controlar el manejo de insumos y repuestos de mantenimiento “ya que mediante su aplicación se logran sustanciales ahorros en la gestión y la operación del mantenimiento, como también se logran mejoras logísticas en el servicio de mantenimiento”⁹

Como se mencionó en el apartado 2.2, la gestión de insumos y repuestos está dada a partir de que se genera la falla, de donde se derivan una serie de procesos y pasos para la consecución del mismo, sin embargo, DISMET S.A.S. no tiene establecido un stock definitivo de repuestos para sus máquinas, por lo cual se propone el siguiente estudio de repuestos dentro del proyecto.

Cabe aclarar que, dentro del alcance del proyecto, en el estudio de repuestos no se contemplara ni precios ni proveedores, debido a que surge como una propuesta que no necesariamente debe ser implementada durante el proyecto.

Hecha la anterior salvedad se procede a establecer los criterios que definirán el stock requerido, para esto se utilizara la metodología propuesta por Santiago García Garrido¹⁰ en su libro Organización y gestión integral de mantenimiento, capítulo 5.

En primera instancia se debe realizar una selección de repuestos basado en una serie de criterios, en segunda instancia se deberá hacer una clasificación de los repuestos según la responsabilidad que tienen dentro del equipo y el tipo de aprovisionamiento y finalmente se seleccionaran los repuestos que deben permanecer en stock según la necesidad de la trituradora y sus condiciones operativas.

8.1 SELECCIÓN DE REPUESTOS

Para la selección de repuestos se tendrán en cuenta cuatro aspectos importantes, la criticidad del equipo en el que está situado, su consumo, el tiempo perdido de producción en caso de fallo y el plazo de aprovisionamiento. A continuación, se explica cada uno de estos.

⁹ MORA GUTIERREZ. Op. Cit., p. 361

¹⁰ GARCÍA GARRIDO, Santiago. Gestión de repuestos. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Díaz de los Santos, 2003. p. 119-130.

- Criticidad del equipo. Como se determinó en el apartado 5.3 cada uno de los equipos obtuvo un grado de criticidad en donde se estableció una jerarquización, dicho esto se infiere que el stock deberá estar formado por componentes y elementos para los equipos de riesgo alto y en menor medida para los de medio y bajo riesgo.
- Consumo. Para este criterio en especial, como no se cuenta con un registro histórico fiable en el que se pueda obtener datos, se recurrirá a la frecuencia de la falla, adicionalmente se deberán tener en cuenta aquellos consumibles de cambio frecuente.
- Tiempo perdido de producción. Si el tiempo perdido de producción que genera la falla es elevado, será importante estudiar cada fallo que pueda tener el equipo y prever que piezas pueden ser necesarias para acometer cualquier posible contingencia
- Plazo de aprovisionamiento. Algunas piezas se encuentran en stock permanente de proveedores cercanos, otras, en cambio se fabrican bajo pedido, por lo que su disponibilidad no es inmediata, e incluso su entrega puede demorarse meses. Aquellas piezas que pertenezcan a equipos críticos cuya entrega no sea inmediata, deberán integrar el almacén de repuesto, al igual que aquellas piezas que puedan suponer un largo tiempo fuera de servicio.

8.2 CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS

Para empezar, se definirán cada una de las categorías en las que se puede clasificar un repuesto según la responsabilidad que tiene dentro del equipo.

- Piezas sometidas a desgaste. En este grupo se encuentran todos los elementos que unen piezas fijas y móviles o aquellas que están sometidas a desgaste y abrasión, como lo son: cojinetes, bandas, mangueras, retenes, empaques, entre otros.
- Consumibles. Son aquellos elementos de duración inferior a un año, con una vida fácilmente predecible, que generalmente se sustituyen sin esperar a que den síntomas, su fallo y su desatención pueden provocar grandes averías, dentro de los más comunes para la trituradora se encuentran: filtros, lubricantes, revestimientos, martillos y tornillos.
- Elementos de regulación y mando mecánico. Son aquellos elementos cuya misión es garantizar el proceso y el funcionamiento adecuado de la máquina, su fallo frecuente es por fatiga a pesar de no estar sometidos a condiciones desfavorables, como lo son: válvulas, cigüeñales, muelles, entre otros.

- Piezas móviles. Son aquellas piezas destinadas a transmitir movimiento, como: engranajes, ejes, correas, cadenas, reductores, motores, etc. Su fallo habitual es por fatiga.
- Componentes electrónicos. A pesar de su altísima fiabilidad, un problema en ellos suele suponer una parada del equipo, su fallo habitual es por calentamiento, cortocircuito o sobretensión
- Piezas estructurales. Difícilmente fallan al estar trabajando en condiciones muy por debajo de sus capacidades. Son bastidores, soportes, basamentos, entre otros.

Teniendo en cuenta que los retrasos en la obtención y suministro de repuestos afectan de manera significativa la disponibilidad y gestión del mantenimiento, es importante clasificar los repuestos según el plazo y tipo de aprovisionamiento, para lo cual se han definido de la siguiente manera.

- Locales. Estos pueden ser de entrega inmediata o de fabricación, los productos de entrega inmediata tardan entre 1 y 3 días en llegar a sitio o almacén según se requiera y los productos de fabricación pueden tardar entre 7 a 15 días.
- Importados. Por lo general estos repuestos son suministrados por el fabricante de la trituradora, debido a la alta complejidad en su ubicación y consecución, tardan alrededor de dos meses en llegar al almacén

Dentro de la clasificación de repuestos existe una que va a definir en su gran mayoría el stock sugerido y es “Según la necesidad de la planta”, categoría que se desglosa de la siguiente manera;

- Repuesto A. Piezas que son necesarias mantener en stock ya sea porque tienen una gran rotación, como lo son consumibles o por que pueden utilizarse en multitud de equipos.
- Repuesto B. Piezas que son necesarias tener localizadas, con proveedor, teléfono y plazo de entrega
- Repuesto C. Piezas que no son necesario prever, pues un fallo en ellas no afecta la operatividad de la máquina (como mucho supondrán ligeros inconvenientes), dentro de esta categoría están aquellas que pueden ser desmontadas y enviadas a reparación sin afectar el funcionamiento.

En el siguiente cuadro se listan las diferentes categorías y clasificaciones para cada uno de los repuestos;

Cuadro 20. Clasificación de repuestos

CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS					
RESPONSABILIDAD					
Desgaste	Consumible	Regulación	Móviles	Electrónico	Estructurales
D	C	R	M	E	S
TIPO DE APROVISIONAMIENTO					
Local Inmediata		Local Fabricación		Importados	
LI		LF		IM	
NECESIDAD					
Repuesto A		Repuesto B		Repuesto C	
A		B		C	

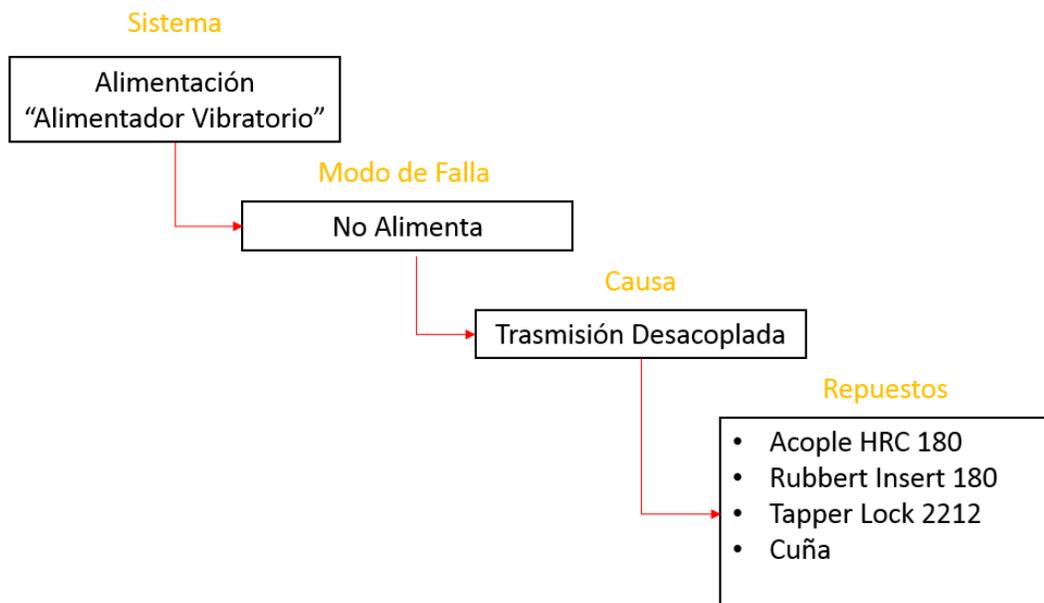
Fuente: elaboración propia

8.3 DETERMINACIÓN DEL STOCK

Una vez definidos los parámetros y criterios para la clasificación de repuestos se procede a establecer el stock sugerido para este proyecto, en donde en un primer lugar se listan todos aquellos insumos, consumibles y piezas de desgaste que están sometidas a abrasión que utiliza la trituradora.

En segundo lugar, se decidió hacer un análisis sobre los repuestos que serían necesarios para intervenir cada una de las causas que generan los modos de falla en los diferentes equipos, cada uno con su referencia y marca, para comprender mejor se ilustra el siguiente ejemplo.

Figura 6. Análisis de repuestos



Fuente: elaboración propia

Listados uno a uno los repuestos necesarios, el paso a seguir es clasificarlos según los conceptos definidos previamente.

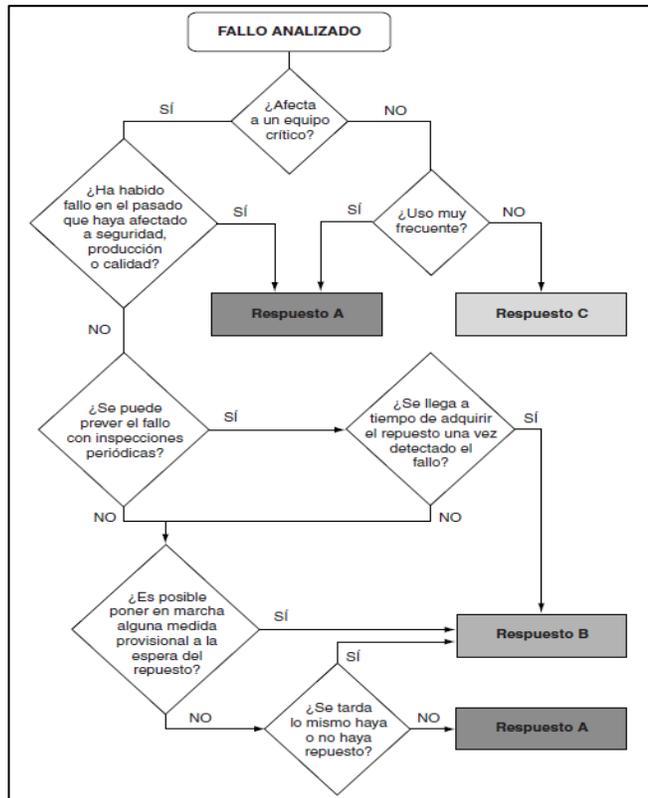
Cuadro 21. Ejemplo clasificación

DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CLASIFICACIÓN		
		RESPONSABILIDAD	APROVISIONAMIENTO	NECESIDAD
Acople HRC	HRC 180	M	IM	B
Rubber Insert	180	D	IM / LF	A
Tapper Lock	2212	M	LI	C
Cuña	1/2 x 2 in	D	LI	A

Fuente: elaboración propia

Llegados a este punto se debe utilizar el diagrama propuesto por Santiago Garrido para definir cuales repuestos deben o no permanecer en el stock sugerido, en esta selección no solo se tuvo en consideración que la maquina opera en zonas rurales de Colombia en donde el aprovisionamiento puede tardar por cuestiones de logística, sino también la importancia del repuesto y el tipo de aprovisionamiento

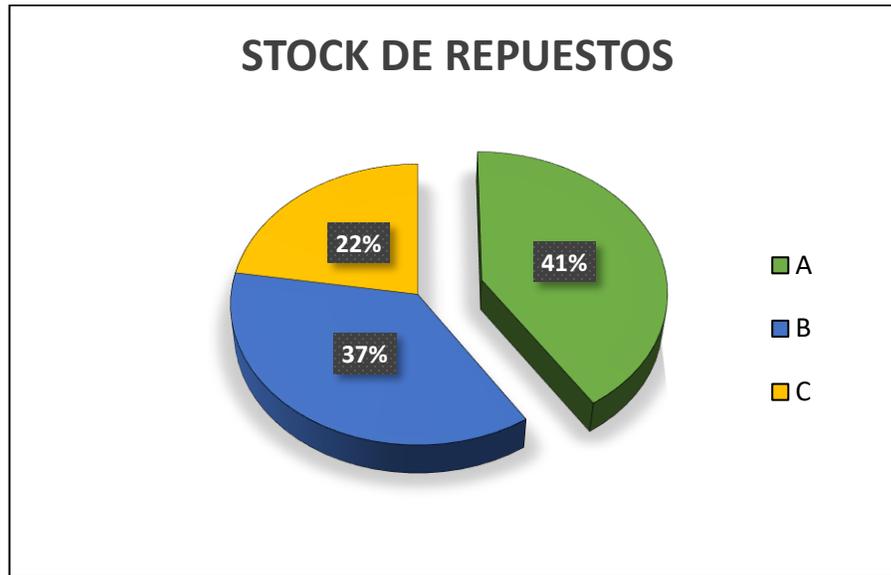
Figura 7. Determinación del Stock



Fuente: GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. Madrid: Díaz de los Santos, 2003. 124 p. ISBN: 8479785489.

En la determinación del stock de repuestos se obtuvo que los repuestos tipo A representan el 41 % del total de los propuestos, los tipo B el 37% y los tipo C el 22%, como muestra el siguiente grafico;

Grafico 2. Determinación del Stock



Fuente: elaboración propia

Finalmente debe establecerse la cantidad para cada uno de los repuestos que en definitiva permanecerán en almacén, en este punto se asume que la trituradora va estar alquilada y operativa todo el año, lo que sería equivalente alrededor de 1.800 horas de operación, sin embargo, las cantidades de las piezas sometidas a desgaste que son cambiadas a condición se definirán según la demanda registrada en el último año, obteniendo el siguiente stock de repuestos mostrado en el cuadro 21.

Definidas ya las cantidades será el área de almacén quien se encargue de mantener su adecuado aprovisionamiento para evitar cualquier retraso o inconveniente y así cumplir con la demanda requerida desde servicio técnico y postventa.

Es importante aclarar que los repuestos que quedaron clasificados dentro de los repuestos tipo B y C (Anexo D), no contemplan cantidades debido a que no tienen un demanda o rotación, adicionalmente se recomienda saber su disponibilidad y su tiempo de entrega; para estos casos en particular se sugiere en lo posible contar con el proveedor más cercano al lugar de operación.

Cuadro 22. Stock de repuestos

STOCK DE REPUESTOS							
DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	CANTIDAD	UNIDAD	CLASIFICACIÓN		
					RESPONSABILIDAD	APROVISIONAMIENTO	NECESIDAD
Aceite lubricante	15W40	CAT	80	gl	C	LI	A
Aceite hidráulico	ISO 68	PETROBRAS	150	gl	C	LI	A
Raspador Poliuretano	1100 mm	TESAB	2	Und	C	IM	A
Tornillo Sujeción placas de impactor	Bristol M27x3x90	NA	24	Und	C	IM	A
Tornillo sujeción revestimientos	Hex M16x2x50	NA	200	Und	C	LI	A
Kit de O-Ring	ABN Metric set	Parker	1	Und	C	LI	A
Kit Arandelas Vulcanizadas	-----	NA	1	Und	C	LI	A
Filtro Primario de Aire	9I2509	CAT	8	Und	C	LI	A
Filtro Secundario de Aire	9I2510	CAT	8	Und	C	LI	A
Filtro de Aceite	1R1808	CAT	8	Und	C	LI	A
Filtro de Combustible	1R0762	CAT	8	Und	C	LI	A
Filtro Trampa de Agua	326-1643	CAT	8	Und	C	LI	A
Filtro Aceite	BT-351	BALDWIN	1	Und	C	LI	A
Limpia Contactos	-----	-----	3	Und	C	LI	A
Martillo	2-423-3N	NA	44	Und	C	LF	A
Barron	3-604	NA	16	Und	C	LF	A
Placa de impacto	2-431	NA	6	Und	C	LF	A
Placa de impacto	2-432	NA	6	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-820N	NA	18	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-821N	NA	2	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-822N	NA	2	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-823N	NA	2	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-824N	NA	2	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-825N	NA	2	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-826N	NA	6	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-827N	NA	2	Und	C	LF	A

Cuadro. 21 (Continuación)

STOCK DE REPUESTOS							
DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	CANTIDAD	UNIDAD	CLASIFICACIÓN		
					RESPONSABILIDAD	APROVISIONAMIENTO	NECESIDAD
Revestimiento	4-829N	NA	2	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-830N	NA	2	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-831N	NA	2	Und	C	LF	A
Revestimiento	4-832N	NA	2	Und	C	LF	A
Kit de Fusibles Vehiculares (5 - 25	-----	NA	1	Und	E	LI	A
Relay 24V 20 Amp	-----	DURITE	1	Und	E	LI	A
Relay 24V 40 Amp	-----	DURITE	1	Und	E	LI	A
Relay 24V 100 Amp	-----	DURITE	1	Und	E	IM	A
Acople Flexible	CENTA 50 A	TESAB	1	Und	D	IM	A
Rubber Insert	230	-----	2	Und	D	IM / LF	A
Rubber Insert	180	-----	2	Und	D	IM / LF	A
Rubber Insert	150	-----	2	Und	D	IM / LF	A
Reductor Transportador de producto	PG501MC	COMER	1	Und	M	IM	A
Motor Hidráulico Transportador P	104-3616-006	EATON	1	Und	M	IM	A
Motor Hidráulico Transportador L	109-1246-006	EATON	1	Und	M	IM	A
Motor Hidráulico Alimentador V	104-1384-006	EATON	1	Und	M	IM	A
Motor Hidráulico Hidroventilador	PLM 20.20R0	CASSAPA	1	Und	M	IM	A
Bomba Hidráulica	159304	HYDRECO	1	Und	M	IM	A
Bomba Auxiliar	01-02-4444A	RONZIO	1	Und	M	IM	A
Bomba de Alimentación Embrague	0102TF5935AA	TRANSFLUID	1	Und	M	IM	A
Válvula Rotativa de distribución	01-10-0256	TESAB	1	Und	R	IM	A
Electroválvula Embrague	01-10-002024	TESAB	1	Und	R	IM	A
Cama de Impacto	06-55-0001	TESAB	18	Und	D	IM	A
Pin Master	MGP 811-DL	STRICKLAND	1	Und	S	IM	A
*La sigla NA hace referencia a producto nacional							
*La acotación "-----" indica que no aplica ninguna referencia o marca para dicho repuesto							

Fuente: elaboración propia

9. ANÁLISIS SOBRE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En este capítulo se pretende traer a colación las medidas de seguridad que se deben tomar a la hora de realizar cualquier intervención de mantenimiento, por medio de un análisis que permita identificar los peligros y valorar los riesgos a los que están sometidos los operadores y personal de mantenimiento.

Aunque DISMET S.A.S. está certificada en OHSAS 18001 y tiene en cabeza de la implementación al coordinador HSEQ, quien se encarga de proporcionar, asegurar y divulgar las condiciones de seguridad y salud laboral, solo se tienen contempladas aquellas actividades de mantenimiento que generan un alto impacto como: trabajos de soldadura, oxicorte, pulidora, reconstrucción, izaje de cargas, entre otras. El objetivo de este análisis es ampliar el espectro de evaluación de riesgos y complementar la gestión para los equipos móviles de trituración y clasificación.

Para el desarrollo y cumplimiento de este objetivo se empleará la metodología establecida en la Guía GTC 45 del 2012, *Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional*¹¹. Norma avalada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.

El propósito general de esta sección es entender los peligros que se pueden generar en el desarrollo de las actividades preventivas establecidas en el capítulo 7, con el fin de que se pueda establecer los controles necesarios, al punto de asegurar que cualquier riesgo sea aceptable.

Para que la identificación de peligros y valoración de riesgos sean útiles en la práctica en primer lugar se deberá definir el instrumento de recolección de datos, para lo cual se utilizara como base la matriz de riesgos propuesta en la GTC 45.

En segundo lugar, se deberá clasificar los procesos, actividades y tareas, para de esta manera proceder a identificar los peligros y los controles existentes para cada uno de estos. Finalmente se debe realizar la valoración del riesgo en donde se tiene que evaluar el riesgo asociado a cada peligro, definir los criterios para la aceptabilidad del riesgo, definir si es un riesgo aceptable y establecer el plan de acción o medidas de intervención.

Es importante consultar personal experto en seguridad y salud ocupacional, por lo consiguiente una vez documentados los resultados de la valoración, el coordinador HSEQ en apoyo con el ARL se asegurarán de que los controles propuestos son efectivos y verificaran que los riesgos son aceptables.

¹¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC 45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. p 4-19.

9.1 CLASIFICACIÓN DE PROCESOS, ACTIVIDADES Y TAREAS

Al igual que la operación, el mantenimiento es catalogado como un subproceso dentro de contexto operacional de la trituradora, subproceso al cual en el capítulo 7 se le ha asignado una serie de tareas preventivas la cuales se encuentran asociadas en tres grandes categorías: Inspección, lubricación, ajuste y limpieza.

Es indispensable que estas tareas estén agrupadas de forma racional y se cuente con la información necesaria para poder realizar su correspondiente análisis, esta información puede ser: descripción, insumos, recursos, requisitos legales, medidas de control, entre otros.

Cuadro 24. Procesos y actividades

PROCESO	SUB - PROCESOS	ACTIVIDADES	RUTINARIA
TRITURADORA MOVIL 1012T	MANTENIMIENTO	INSPECCIÓN	Si
		AJUSTE Y LIMPIEZA	Si
		LUBRICACIÓN	Si

Fuente: elaboración propia

9.2 IDENTIFICAR LOS PELIGROS

Siguiendo la metodología empleada en la GTC 45¹², se recomienda que ante cada actividad y/o tarea establecida se plantee una serie de preguntas como las siguientes;

- ✓ ¿existe una situación que pueda generar daño?
- ✓ ¿Quién o qué puede sufrir daño?
- ✓ ¿Cómo puede ocurrir el daño?
- ✓ ¿Cuándo puede ocurrir el daño?

¹² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Op. Cit., p.10.

Esto permitirá en gran medida conocer el alcance y potencial de riesgo que tiene cada una de las tareas listadas anteriormente.

9.2.1 Descripción y clasificación de los peligros. Para la descripción y clasificación de los peligros se tendrá en cuenta el cuadro 25 propuesto por la GTC 45, sin embargo, también se tendrá en cuenta el carácter propio de las actividades y los sitios en que se realiza el trabajo.

9.2.2 Efectos Posibles. Establecer los efectos posibles sobre la integridad o salud de los trabajadores y partes involucradas será una clave vital para la valoración del riesgo. Se deben tener en cuenta tanto las consecuencias a corto plazo como las de largo plazo y para esto se tomará como referencia el siguiente cuadro;

Cuadro 25. Descripción de niveles de daño

Categoría del daño	Daño leve	Daño moderado	Daño extremo
Salud	Molestias e irritación (ejemplo: dolor de cabeza), enfermedad temporal que produce malestar (ejemplo: diarrea)	Enfermedades que causan incapacidad temporal. Ejemplo: pérdida parcial de la audición, dermatitis, asma, desordenes de las extremidades superiores.	Enfermedades agudas o crónicas, que generan incapacidad permanente parcial, invalidez o muerte
seguridad	Lesiones superficiales, heridas de poca profundidad, contusiones, irritaciones del ojo por material articulado.	Laceraciones, heridas profundas, quemaduras de primer grado; conmoción cerebral, esguinces graves, fracturas de huesos cortos.	Lesiones que generen amputaciones, fracturas de huesos largos, trauma craneo encefálico, quemaduras de segundo grado y tercer grado, alteraciones severas de mano, de columna vertebral con compromiso de la medula espinal, oculares que comprometan el campo visual, disminuyan la capacidad auditiva.

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC 45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 11 p.

9.2.3 Identificar los controles existentes. Se deberá identificar los controles que se tienen actualmente implementados para cada uno de los peligros identificados y clasificarlos en;

- ✓ Fuente
- ✓ Medio
- ✓ Individuo

Se deberán considerar los controles administrativos que se han implementado para disminuir el riesgo, por ejemplo: inspecciones, horarios de trabajo, entre otros.

Cuadro 26. Ejemplo peligros

Descripción	Clasificación						
	Biológico	Físico	Químico	Psicosocial	Biomecánicos	Condiciones de Seguridad	Fenómenos naturales*
Virus	Ruido (de impacto, intermitente o continuo)	Polvos orgánicos inorgánicos	Gestión organizacional (estilo de mando, pago, contratación, participación, inducción y capacitación, bienestar social, evaluación del desempeño, manejo de cambios)	Postura (prolongada mantenida, forzada, antigravitacional)	Mecánico (elementos o partes de máquinas, herramientas, equipos, piezas a trabajar, materiales proyectados sólidos o fluidos)	Sismo	
Bacterias	Iluminación (luz visible por exceso o deficiencia)	Fibras	Características de la organización del trabajo (comunicación, tecnología, organización del trabajo, demandas cualitativas y cuantitativas de la labor)	Esfuerzo	Eléctrico (alta y baja tensión, estática)	Terremoto	
Hongos	Vibración (cuerpo entero, segmentaria)	Líquidos (nieblas y rocíos)	Características del grupo social de trabajo (relaciones, cohesión, calidad de interacciones, trabajo en equipo)	Movimiento repetitivo	Locativo (sistemas y medios de almacenamiento), superficies de trabajo (irregulares, deslizantes con diferencia de nivel), condiciones de orden	Vendaval	
Rickettsias	Temperatura extremas (calor y frío)	Gases y vapores	Condiciones de la tarea (carga mental, contenido de la tarea, demandas emocionales, sistemas de control, definición de roles, monotonía, etc.).	Manipulación de cargas manual	Tecnológico (explosión, fuga, derrame, incendio)	Inundación	
Parásitos	Presión atmosférica	Humos metálicos, no metálicos	Interface persona- tarea (conocimientos, habilidades en relación con la demanda de la tarea, iniciativa, autonomía y reconocimiento, identificación de la persona con la tarea y la organización)		Accidentes de tránsito	Derrumbe	
Picaduras	Radiaciones ionizantes	Material particulado	Jornada de trabajo (pausas, trabajo nocturno, rotación, horas extras, descansos)		Públicos (robos, atracos, asaltos, atentados, de orden público, etc.)	Precipitaciones, (lluvias, granizadas, heladas)	
Mordeduras	Radiaciones				Trabajo en alturas		
Fluidos o					Espacios confinados		
*Tener en cuenta únicamente los peligros de fenómenos naturales que afecten la seguridad y bienestar de las personas en el desarrollo de una actividad. En el plan de emergencia de cada empresa, se consideran todos los fenómenos naturales que pudieran afectarla							

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 19 p.

9.3 VALORACIÓN DEL RIESGO

La valoración del riesgo es sin duda el factor más importante dentro de este análisis y para esto se deberá contemplar en primer lugar la evaluación del mismo, teniendo en cuenta la suficiencia de los controles existentes, la definición de los criterios de aceptabilidad del riesgo y la decisión de si son aceptables o no, con base en los criterios definidos.

9.3.1 Evaluación de los riesgos. “La evaluación de los riesgos corresponde al proceso de determinar la probabilidad de que ocurran los eventos específicos y la magnitud de sus consecuencias”¹³

Para evaluar el nivel de riesgo (*NR*), se debe determinar lo siguiente;

Ecuación 2. Nivel de riesgo

$$NR = NP * NC$$

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 12 p.

Donde

NP: Nivel de probabilidad

NR: Nivel de consecuencia

A su vez, para determinar el nivel de probabilidad se requiere;

Ecuación 3. Nivel de probabilidad

$$NP = ND * NE$$

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 13 p

Donde

ND: Nivel de deficiencia

NE: Nivel de exposición

¹³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Op. Cit., p.12

Para determinar el nivel de deficiencia se utiliza el cuadro 26 propuesto por la GTC 45, en donde las determinaciones de los niveles de deficiencia están dadas de la siguiente manera.

Cuadro 27. Determinación del nivel de deficiencia

Nivel de deficiencia	Valor de ND	Significado
Muy Alto (MA)	10	Se ha(n) detectado peligro(s) que determina(n) como posible la generación de incidentes, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existente respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos
Alto (A)	6	Se ha(n) detectado algún(os) peligro(s) que puedan dar lugar a incidentes significativa(s) o la eficacia de medidas preventivas existentes es baja, o ambos
Medio (M)	2	Se han detectado peligros que puedan dar lugar a incidentes poco significativos o de menor importancia o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada o ambos
Bajo (B)	No se Asigna Valor	No se ha detectado peligro o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es alta, o ambos. El riesgo está controlado. Estos peligros se clasifican directamente en el nivel de riesgo y de intervención cuatro (IV)

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 13 p.

Al igual que en el (*ND*), en el nivel de exposición también se tiene como referencia el siguiente cuadro.

Cuadro 28. Determinación del nivel de exposición

Nivel de Exposición	Valor de NE	Significado
Continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral
Frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos
Ocasional (EO)	2	La situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto
Esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 13 p.

La GTC 45 ha planteado los siguientes valores para la determinación del nivel de probabilidad.

Cuadro 29. Determinación del nivel de probabilidad

Niveles de probabilidad		Nivel de exposición (NE)			
		4	3	2	1
Nivel de deficiencia (ND)	10	MA - 40	MA - 30	A - 20	A - 10
	6	MA - 24	A - 18	A - 12	M - 6
	2	M - 8	M - 6	B - 4	B - 2

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 14 p.

Una vez determinado el nivel de probabilidad, su resultado se interpreta a través del cuadro 29, en donde los niveles de probabilidad están definidos de la siguiente manera;

Cuadro 30. Significado de los diferentes niveles de probabilidad

Nivel de probabilidad	Valor de NP	Significado
Muy Alto (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alto (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en la vida laboral.
Medio (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable continua o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Bajo (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo aunque puede ser concebible.

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 14 p.

Por otra parte, el nivel de consecuencia se define como la medida de la severidad de las consecuencias, para lo cual se toma como referencia el siguiente cuadro.

Cuadro 31. Determinación del nivel de consecuencias

Nivel de consecuencias	NC	Significado
		Daños personales
Mortal o Catastrófico (M)	100	Muerte (S)
Muy grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves irreparables (Incapacidad permanente, parcial o invalidez)
Grave (G)	25	Lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal (ILT)
Leve (L)	10	Lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 14 p.

Los resultados obtenidos de los cuadros 29 y 30 se combinan en el siguiente cuadro para obtener el nivel de riesgo, el cual será interpretado de acuerdo a los criterios del cuadro 32.

Cuadro 32. Determinación del nivel de riesgo

Nivel de riesgo y de intervención NR = NP x NC		Nivel de Probabilidad (NP)			
		40 - 24	20 - 10	8 - 6	4 - 2
Nivel de consecuencias (NC)	100	I 4000-2400	I 2000-1000	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-600	II 480-360	II 240 III 120
	25	I 1000-600	II 500-250	II 200-150	III 100-50
	10	II 400-240	II 200 III 100	III 80-60	III 40 IV 20

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 15 p.

Cuadro 33. Significado del nivel de riesgo

Nivel de riesgo	Valor de NR	Significado
I	4000 - 600	Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo este bajo control. Intervención urgente.
II	500 - 150	Corregir y adoptar medidas de control inmediato.
III	120 - 40	Mejorar si es posible. sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
IV	20	Mantener las medidas de control existentes, considerar soluciones o mejores y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo es aceptable

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 15 p.

9.3.2 Aceptación del riesgo. Determinado el nivel de riesgo se decide en conjunto con el coordinador HSEQ cuales riesgos son aceptables y cuáles no dentro de la compañía, con base a sus políticas, valores, objetivos y metas. Para esto se utilizará el cuadro propuesto a continuación.

Cuadro 34. Ejemplo de aceptabilidad del riesgo

Nivel de Riesgo	Significado Explicación	
I	No Aceptable	Situación crítica, corrección urgente
II	No Aceptable o Aceptable con control específico	Corregir o adoptar medidas de control
III	Mejorable	Mejorar el control existente
IV	Aceptable	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012. 15 p.

9.4 CONTROL DE RIESGOS

El nivel de riesgo que se haya determinado en cada uno de los peligros identificados es la base no solo para decidir si se requiere o no mejorar los controles existentes, sino que también determina la prioridad para crear o mantener el control del riesgo.

9.4.1 Criterios para establecer los controles. Identificados los peligros y valorados los riesgos se tendrá en consideración dos de los tres criterios propuestos por la GTC 45 para establecer o mantener los controles y medidas de intervención, estos son;

- ✓ Número de trabajadores expuestos
- ✓ Peor consecuencia

Cabe resaltar que, aunque se han identificado los efectos posibles, se debe tener en cuenta que el control que se va implementar evite siempre la peor consecuencia al estar expuesto al riesgo.

9.4.2 Medidas de intervención. Se deberá determinar, evaluar y retroalimentar si los controles existentes son suficientes o necesitan mejorarse; con el objetivo de prevenir los riesgos laborales y crear espacios seguros de trabajo, las medidas adoptadas disminuirán la probabilidad de ocurrencia y la severidad potencial de la lesión.

Si las medidas de intervención son nuevas debe considerarse que los controles deben establecerse en primer lugar en la fuente, seguido del medio y por último en el individuo, sin embargo, siguiendo la metodología planteada por ICONTEC¹⁴ hay una jerarquía en la implementación de nuevos controles, como se muestra a continuación;

¹⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Op. Cit., p. 17

- Eliminación. Modificar un diseño para eliminar el peligro, por ejemplo, introducir dispositivos mecánicos de levantamiento para eliminar el peligro de la manipulación manual.
- Sustitución. Reemplazar por un material menos peligroso o reducir la energía del sistema, por ejemplo, reducir la fuerza, el amperaje, la presión, la temperatura, etc.
- Controles de ingeniería. Instalar sistemas de ventilación, protección para las máquinas, enclavamiento, cerramientos acústicos, etc.
- Controles administrativos. Señalización, advertencias, instalación de alarmas, procedimientos de seguridad, inspección de los equipos, capacitación del personal.
- Equipos / Elementos de protección personal. Gafas de seguridad, protección auditiva, protección respiratoria, sistema de detección de caídas, guantes, entre otros.

Definidos cada uno de los términos de la matriz de riesgos y la metodología a implementar, se procedió a evaluar las actividades y tareas preventivas que se establecieron dentro de la ruta de mantenimiento y la ruta de lubricación; el diligenciamiento de la matriz se realizó en supervisión del coordinador HSEQ y con el apoyo del ARL. La evaluación y resultados se encuentran en el anexo F.

10. IMPACTO AMBIENTAL

Como se mencionaba en el primer capítulo, DISMET S.A.S. es una empresa que no solo es reconocida en el sector industrial por su calidad, innovación y soporte técnico, sino también, por su responsabilidad social, demostrando su compromiso ambiental a través de la certificación en ISO 14001, certificación que la califica a la altura de entidades de talla mundial.

Si bien es cierto que esta certificación contempla cada uno de los riesgos e impactos ambientales que se generan a partir de los procesos y subprocesos dentro de una empresa, DISMET S.A.S. no tiene aún establecida la evaluación de aspectos e impactos generados por el mantenimiento preventivo de equipos móviles de trituración y clasificación, esto debido en gran parte a que muchos de los clientes donde se encuentra el equipo en operación son los encargados de realizar esta gestión, además del apropiado manejo y disposición de residuos.

En este orden de ideas, es muy importante que la empresa identifique aquellos riesgos ambientales que se generan dentro de este subproceso, su impacto y prevención, al igual que el control y disposición de residuos. Esto permitirá mantener el reconocimiento y compromiso con la protección del medio ambiente.

Para el desarrollo y cumplimiento de este objetivo se trabajará en base a los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC – ISO 14001 del 2015, *Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso*¹⁵. Y en la metodología propuesta por la Guía Técnica Colombiana GTC 104 del 2009, *Gestión del Riesgo Ambiental. Principios y Proceso*¹⁶. Normas avaladas por el Instituto de Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.

En primer lugar, se debe conocer el contexto operacional en el cual trabaja la trituradora y tener claro cada una de las intervenciones de mantenimiento que esta recibe, para esto es importante que haya una comunicación entre operadores, técnicos y administrativos, ya que permitirá abarcar en lo posible la gran totalidad de riesgos.

En segundo lugar, estará la identificación, análisis y evaluación de los riesgos, etapa en donde las partes interesadas comprenderán el impacto ambiental que tienen cada una de las actividades desarrolladas dentro del mantenimiento, finalmente se desatarán las decisiones y acciones que se deben tomar para el apropiado tratamiento de los riesgos.

¹⁵ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 14001. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2015.

¹⁶ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión del riesgo ambiental. Principios y proceso. GTC 104. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2009.

10.1 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

Una vez identificadas las actividades y tareas preventivas que se derivan del mantenimiento de la trituradora y el uso de insumos y repuestos utilizados para estas, se procede a determinar el aspecto e impacto ambiental generado por cada una. Según la NTC ISO 14001 el aspecto ambiental es el “elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente”¹⁷, algunos ejemplos son: Emisiones, derrames, consumo de agua, generación de calor, desechos, entre otros.

Mientras que el impacto ambiental se define como el “Cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización”¹⁸, algunos impactos pueden ser: Contaminación del recurso de agua, agotamiento de recursos naturales, sobrepresión del relleno sanitario, afectación a la fauna, entre otros.

Dicho lo anterior, las actividades, sus aspectos e impactos ambientales quedan definidos de la siguiente manera;

Cuadro 35. Identificación de aspectos e impactos ambientales

IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES				
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD		ASPECTO AMBIENTAL		IMPACTO AMBIENTAL
Proceso	Actividad	Descripción del aspecto	Condición de operación	Descripción
MANTENIMIENTO	Drenar el separador de combustible	•Derrame hacia el suelo	Normal	•Contaminación del suelo y agua
	Limpiar contactos eléctricos	•Emisión de Vapores •Generación de residuos electrónicos	Normal	•Afectación a la salud humana •Aumento en la cantidad de residuos peligrosos
	Lubricar rodamientos	•Derrame hacia el suelo	Normal	•Contaminación del suelo y agua
	Cambiar aceite lubricante	•Derrame hacia el suelo •Generación de residuos peligrosos	Normal	•Contaminación del suelo y agua •Sobrepresión del relleno sanitario
	Cambiar Refrigerante	•Derrame hacia el suelo •Generación de aguas residuales industriales	Normal	•Contaminación del suelo y agua •Aumento de aguas residuales
	Cambiar aceite hidráulico	•Derrame hacia el suelo •Generación de residuos peligrosos	Normal	•Contaminación del suelo y agua •Sobrepresión del relleno sanitario

¹⁷ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Op. Cit., P.17

¹⁸ *Ibíd.*, p. 17

Cuadro 34. (Continuación)

IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES				
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD		ASPECTO AMBIENTAL		IMPACTO AMBIENTAL
Proceso	Actividad	Descripción del aspecto	Condición de operación	Descripción
MANTENIMIENTO	Cambiar filtros	•Generación de desechos sólidos contaminados con aceite y grasa	Normal	•contaminación del suelo y agua •Aumento de la cantidad de residuos peligrosos
	Muestreo de Aceite	•Derrame hacia el suelo	Normal	•Contaminación del suelo y agua
	Cambiar Mangueras	•Potenciales fugas •Generación de desechos sólidos contaminados con aceite	Emergencia	•contaminación del suelo y agua •Aumento de la cantidad de desechos
	Cambiar de empaquetaduras	•Potenciales Fugas •Generación de desechos sólidos contaminados con aceite	Normal	•contaminación del suelo y agua •Aumento de la cantidad de desechos
	Cambiar de guardillas y limpiadores	•Generación de residuos especiales	Normal	•Aumento en la cantidad de desechos
	Cambiar barras de impacto	•Generación de residuos no aprovechables	Normal	•Aumento en la cantidad de desechos
	Cambiar correas de transmisión	•Generación de residuos especiales	Normal	•Aumento en la cantidad de desechos
	Cambiar Cintas de los trasportadores	•Generación de residuos especiales	Normal	•Aumento en la cantidad de desechos
	Cambiar acoples flexibles	•Generación de residuos no aprovechables	Normal	•Aumento en la cantidad de desechos
	Cambiar piezas de desgaste Molino	•Generación de Chatarra	Normal	•Agotamiento de los recursos naturales •Aumento en la cantidad de desechos
	Cambiar baterías	•Generación de residuos electrónicos	Normal	•Agotamiento de los recursos naturales •Aumento en la cantidad de residuos peligrosos
	Almacenar aceites y grasas	•Derrames •conato de incendio	Emergencia	•Afectación a la salud humana •Contaminación del suelo
	Lavado de maquina	•Consumo de agua, combustibles y detergentes •Generación de aguas residuales industriales	Normal	•Agotamiento de los recursos naturales •Contaminación del suelo

Fuente: elaboración propia

10.2 EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

“La evaluación de los aspectos ambientales significativos y sus impactos asociados es necesaria para determinar cuándo se necesita control o mejora y para establecer prioridades para acciones de gestión”¹⁹. Por tal razón, se procede a evaluar su significancia a través de la metodología propuesta en la Guía Técnica para la Identificación de Aspectos e Impactos ambientales del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio climático.

La evaluación de la significancia se caracteriza por que no se tiene en cuenta si el aspecto tiene las condiciones o equipos para su control, en lugar de esto se analizan los siguientes criterios: requisito legal, impacto ambiental y partes interesadas.

El requisito legal está relacionado con la existencia de la normatividad disponible vigente referente al impacto y el cumplimiento con la normatividad identificada, su cuantificación y ecuación, para calcularla se muestra el cuadro a continuación;

Cuadro 36. Criterio legal

CRITERIO LEGAL		
CRL = Existencia x Cumplimiento		
EXISTENCIA	10	Existe legislación y está reglamentada
	5	Existe legislación y no está reglamentada
	1	No existe legislación
CUMPLIMIENTO	10	No se cumple la legislación
	5	se cumple con la legislación
	1	No aplica

Fuente: Elaboración propia con base en (INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO. Guía técnica para la identificación de aspectos e impactos ambientales. PLE-GU-01. Bogotá D.D.: 2015, p. 8.)

El impacto ambiental está relacionado con la frecuencia, severidad y alcance, definidos por la Guía Técnica para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales de la siguiente manera²⁰;

- Frecuencia. Hace referencia a las ocasiones en que se está presentando el impacto en su interacción con el ambiente
- Severidad. Describe el tipo de cambio sobre el recurso natural, generado por el impacto ambiental
- Alcance. Área de influencia que pudiera verse afectada por el impacto ambiental

Su cuantificación y ecuación para calcularla se muestra en el siguiente cuadro.

¹⁹ INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO. Guía técnica para la identificación de aspectos e impactos ambientales. PLE-GU-01. Bogotá D.D.: 2015, p. 7.

²⁰ *Ibíd.*, p. 8-9

Cuadro 37. Criterio impacto ambiental

CRITERIO IMPACTO AMBIENTAL		
CIA = (Frecuencia x 3,5) + (severidad x 3,5) + (Alcance x 3)		
FRECUENCIA	10	Diario / Semanal
	5	Mensual / Bimensual / Trimestral
	1	Semestral / Anual
SEVERIDAD	10	Cambio drástico
	5	Cambio Moderado
	1	Cambio Pequeño
ALCANCE	10	Extenso (El impacto tiene efecto o es tratado fuera de los límites de la organización)
	5	Local (El impacto no rebasa los límites o es tratado dentro de la organización)
	1	Puntual (El impacto tiene efecto en un espacio reducido dentro de la organización)

Fuente: Elaboración propia con base en (INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO. Guía técnica para la identificación de aspectos e impactos ambientales. PLE-GU-01. Bogotá D.D.: 2015, p. 8.)

Finalmente, el ultimo criterio a tener en cuenta son las partes interesadas, en donde se hace referencia a la comunidad, clientes, proveedores y contratistas. Este criterio evalúa la exigencia de las partes y la gestión en cuanto a las acciones emprendidas, su cuantificación y ecuación para calcularla se muestra a continuación;

Cuadro 38. Criterio partes interesadas

CRITERIO PARTES INTERESADAS		
CPI = Exigencia x Gestión		
EXIGENCIA	10	Si existe reclamo o acuerdo formalizado con alguna parte interesada
	5	Cualquiera de las anteriores sin implicaciones legales
	1	Si no existe acuerdo o reclamo
GESTIÓN	10	No existe gestión en cuanto a las acciones emprendidas contra la organización o la gestión no ha sido satisfactoria o bien sea no se ha cumplido el acuerdo
	5	La gestión ha sido satisfactoria o el acuerdo sigue vigente
	1	No aplica

Fuente: Elaboración propia con base en (INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO. Guía técnica para la identificación de aspectos e impactos ambientales. PLE-GU-01. Bogotá D.D.: 2015, p. 9.)

Determinados los cálculos anteriores, el nivel de significancia se determina y categoriza bajo los siguientes parámetros;

Cuadro 39. Nivel de significación

NIVEL DE SIGNIFICACIÓN	
SIG = (CRL x 0,45) + (CIA x 0,45) + (CPI x 0,1)	
NIVEL	CALIFICACIÓN
Aspecto ambiental bajo	0 A 30 Puntos
Aspecto ambiental Moderado	31 a 60 Puntos
Aspecto ambiental alto	61 a 100 Puntos

Fuente: Elaboración propia con base en (INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO. Guía técnica para la identificación de aspectos e impactos ambientales. PLE-GU-01. Bogotá D.D.: 2015, p. 10.)

Teniendo claro cada uno de los criterios, se valora y evalúa la significancia de los aspectos e impactos ambientales identificados en el cuadro 34 a través de la matriz propuesta a continuación.

Cuadro 40. Matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales significativos

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS																
IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES					VALORACIÓN DE SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL									SIGNIFICANCIA DEL ASPECTO		
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD		ASPECTO AMBIENTAL		IMPACTO AMBIENTAL	LEGAL			IMPACTO AMBIENTAL				PARTES INTERESADAS		Significancia	Valoración	
Proceso	Actividad	Descripción del aspecto	Condición de operación	Descripción	Existencia	Cumplimiento	Total Criterio Legal	Frecuencia	Severidad	Alcance	Total Criterio Impacto	Exigencia / Acuerdo	Gestión			Total Criterio Partes Interesadas
MANTENIMIENTO	Drenar el separador de combustible	•Derrame hacia el suelo	Normal	•Contaminación del suelo y agua	10	1	10	10	1	1	41,5	1	1	1	23,3	Bajo
	Limpiar contactos eléctricos	•Emisión de Vapores •Generación de residuos electrónicos	Normal	•Afectación a la salud humana •Aumento en la cantidad de residuos peligrosos	5	10	50	5	1	1	24	1	1	1	33,4	Medio
	Lubricar rodamientos	•Derrame hacia el suelo	Normal	•Contaminación del suelo y agua	10	1	10	10	1	1	41,5	1	1	1	23,3	Bajo
	Cambiar aceite lubricante	•Derrame hacia el suelo •Generación de residuos peligrosos	Normal	•Contaminación del suelo y agua •Sobrepresión del relleno sanitario	10	5	50	1	5	1	24	1	1	1	33,4	Medio
	Cambiar Refrigerante	•Derrame hacia el suelo •Generación de aguas residuales industriales	Normal	•Contaminación del suelo y agua •Aumento de aguas residuales	10	1	10	1	5	1	24	1	1	1	15,4	Bajo
	Cambiar aceite hidráulico	•Derrame hacia el suelo •Generación de residuos peligrosos	Normal	•Contaminación del suelo y agua •Sobrepresión del relleno sanitario	10	5	50	1	10	5	53,5	1	1	1	46,7	Medio
	Cambiar filtros	•Generación de desechos sólidos contaminados con aceite y grasa	Normal	•contaminación del suelo y agua •Aumento de la cantidad de residuos peligrosos	10	5	50	5	1	1	24	1	1	1	33,4	Medio
	Muestreo de Aceite	•Derrame hacia el suelo	Normal	•Contaminación del suelo y agua	10	5	50	1	1	1	10	1	1	1	27,1	Bajo

Cuadro 39. (Continuación)

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS																
IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES					VALORACIÓN DE SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL									SIGNIFICANCIA DEL ASPECTO		
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD		ASPECTO AMBIENTAL		IMPACTO AMBIENTAL	LEGAL			IMPACTO AMBIENTAL			PARTES INTERESADAS			Significancia	Valoración	
Proceso	Actividad	Descripción del aspecto	Condición de operación	Descripción	Existencia	Cumplimiento	Total Criterio Legal	Frecuencia	Severidad	Alcance	Total Criterio Impacto	Exigencia / Acuerdo	Gestión			Total Criterio Partes Interesadas
MANTENIMIENTO	Cambiar Mangueras	•Potenciales fugas •Generación desechos sólidos contaminados con aceite	Emergencia	•contaminación del suelo y agua •Aumento de la cantidad de desechos	10	5	50	5	5	1	38	1	1	1	39,7	Medio
	Cambiar de empaquetaduras	•Potenciales Fugas •Generación de desechos sólidos contaminados con aceite	Normal	•contaminación del suelo y agua •Aumento de la cantidad de desechos	10	1	10	1	1	1	10	1	1	1	9,1	Bajo
	Cambiar de guardillas y limpiadores	•Generación de residuos especiales	Normal	•Aumento en la cantidad de desechos	10	10	100	5	1	1	24	1	1	1	55,9	Medio
	Cambiar barras de impacto	•Generación de residuos no aprovechables	Normal	•Aumento en la cantidad de desechos	10	1	10	1	1	1	10	1	1	1	9,1	Bajo
	Cambiar correas de transmisión	•Generación de residuos especiales	Normal	•Aumento en la cantidad de desechos	10	10	100	1	1	1	10	1	1	1	49,6	Medio
	Cambiar Cintas de los trasportadores	•Generación de residuos especiales	Normal	•Aumento en la cantidad de desechos	10	10	100	1	1	1	10	1	1	1	49,6	Medio
	Cambiar acoples flexibles	•Generación de residuos no aprovechables	Normal	•Aumento en la cantidad de desechos	10	10	100	5	1	1	24	1	1	1	55,9	Medio
	Cambiar piezas de desgaste Molino	•Generación de Chatarra	Normal	•Agotamiento de los recursos naturales	10	1	10	5	1	1	24	1	1	1	15,4	Bajo

Cuadro 39. (Continuación)

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS																
IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES					VALORACIÓN DE SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL									SIGNIFICANCIA DEL ASPECTO		
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD		ASPECTO AMBIENTAL		IMPACTO AMBIENTAL	LEGAL			IMPACTO AMBIENTAL			PARTES INTERESADAS			Significancia	Valoración	
Proceso	Actividad	Descripción del aspecto	Condición de operación	Descripción	Existencia	Cumplimiento	Total Criterio Legal	Frecuencia	Severidad	Alcance	Total Criterio Impacto	Exigencia / Acuerdo	Gestión			Total Criterio Partes Interesadas
MANTENIMIENTO	Cambiar baterías	•Generación de residuos electrónicos	Normal	•Agotamiento de los recursos naturales •Aumento en la cantidad de residuos peligrosos	10	5	50	1	5	1	24	1	1	1	33,4	Bajo
	Almacenar aceites y grasas	•Derrames •conato de incendio	Emergencia	•Afectación a la salud humana •Contaminación del suelo	10	10	100	5	1	1	24	1	1	1	55,9	Medio
	Lavado de maquina	•Consumo de agua, combustibles y detergentes •Generación de aguas residuales industriales	Normal	•Agotamiento de los recursos naturales •Contaminación del suelo	5	10	50	5	1	10	51	1	1	1	45,6	Medio

Fuente: Elaboración Propia con base en (SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Programa Gestión ambiental empresarial. [Citado 17 abr., 2019]. Disponible en: http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=9716fa88-58c5-42a1-9c36-e0f8f95e69b2&groupId=24732)

10.3 MEDIDAS DE CONTROL

Obtenida la significancia de cada uno de los aspectos e impactos, se procede a analizar y determinar las medidas de control y prevención para cada una de las actividades evaluadas, cabe aclarar que los aspectos que cuentan con una valoración baja se les realizara un seguimiento que garantice que las condiciones se mantienen y no incrementan su valoración.

Algunas de las opciones para minimizar los impactos adversos según la GTC 104 siguen una o más de las siguientes estrategias;

- ✓ Evitar el riesgo
- ✓ Mitigar el riesgo
- ✓ Reducir la posibilidad
- ✓ Reducir las consecuencias
- ✓ Transferir el riesgo
- ✓ Separar físicamente
- ✓ Transformar el riesgo

Las medidas de control que se plantearan, son actividades simples de bajo costo que generan resultados positivos para la empresa, tomando como referencia las estrategias de reducción de la posibilidad y reducción de las consecuencias; apoyadas y supervisadas por el coordinador HSEQ.

La concientización del personal operativo, técnicos, administrativos y demás partes involucradas en el mantenimiento de la trituradora, sobre el cuidado y prevención del medio ambiente es de vital importancia, a partir de esta responsabilidad y actitud comienza el cambio.

10.3.1 Reducir la posibilidad. “Las acciones para reducir o controlar la posibilidad pueden incluir, por ejemplo, la planificación inicial de actividades o el diseño de procesos y controles, el seguimiento continuo del cumplimiento, el mantenimiento preventivo, la capacitación, la supervisión, las auditorías y las revisiones”²¹

Dicho lo anterior se consolida la relación que se tiene y se ha establecido a lo largo del proyecto, la planificación de actividades a través de la ruta de mantenimiento y

²¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión del riesgo ambiental. Principios y proceso. GTC 104. Op. Cit., p. 45.

ruta de lubricación permitirá que durante las intervenciones se prevengan aquellos aspectos ambientales detectados en la evaluación.

Realizar planes de minimización en el uso de insumos y consumibles como: estopas, trapos, thinner, detergentes, consumo de agua, entre otros, permitirá reducir la generación de desechos y residuos peligrosos además que traerá con sí un beneficio económico a largo plazo.

Por otra parte, la concientización del personal se realizará por medio de capacitaciones y campañas, bien sea planteadas por la empresa o solicitadas a través del ARL, la evaluación y seguimiento de las mismas permitirá mantener el compromiso ambiental.

10.3.2 Reducir la consecuencia. Reducir el impacto ambiental es sin duda uno de los principales propósitos en los que se debe centrar la gestión ambiental, y para esto se propone implementar medidas como la planificación y preparación de respuestas ante contingencias y emergencias y adoptar, promover y fortalecer aquellas que ya están implantadas dentro de otros procesos de la empresa.

Dentro de la implementación de nuevas medidas se plantea buscar nuevas oportunidades para valorizar los residuos, por ejemplo, la venta de aceites usados para la producción de combustibles, la entrega de partes usadas como aporte monetario para la sustitución de estas, entre otras.

La adopción de medidas y estrategias como el uso del kit antiderrames, recuperación de chatarra, demarcación de áreas de almacenamiento implementadas en los diferentes procesos de la empresa, son medidas que sin lugar a duda pueden empezar a promoverse en el mantenimiento de equipos móviles de trituración y clasificación en donde el cliente no apropia la correspondiente gestión.

Cabe mencionar que hay medidas que por ser obvias no deben dejarse a la libertad e interpretación de los operadores, como las que se nombran a continuación;

- ✓ Nunca verter productos tóxicos a la red pública
- ✓ Clasificar los diferentes tipos de residuos
- ✓ Evitar el almacenamiento a la intemperie y mantener limpia el área de almacenamiento
- ✓ Aislar los productos peligrosos
- ✓ Reutilizar en lo posible materiales y componentes
- ✓ No emplear agua en la limpieza de derrames de aceite, combustible, grasas, etc.

10.4 MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

Como complemento a las medidas de control, se debe considerar el debido manejo y gestión de residuos, para dicho cumplimiento se ha tomado como referencia la Guía Técnica colombiana GTC 24 del 2009, *Gestión ambiental. Residuos sólidos, Guía para la Separación en la Fuente*²². Guía avalada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.

En el siguiente cuadro se clasifican los residuos sólidos y peligrosos, siguiendo los parámetros propuestos por la guía;

Cuadro 41. Clasificación de los residuos sólidos y peligrosos

TIPO DE RESIDUO	CLASIFICACIÓN	EJEMPLOS	RECIPIENTE	MANEJO
Residuo no peligroso	Aprovechables	Cartón y papel		•Reciclaje y Reutilización
		•Fotocopias, hojas, carpetas •Cajas de cartón •periódicos		
		Plásticos		•Reciclaje
		•Bolsas •Envolturas •Recipientes plásticos		
		Textiles		•Reciclaje
	•Trapos •Ropa			
	Residuo metálico		•Almacenamiento temporal •Transporte interno •Reciclaje y Reutilización	
•Fundición •Acero •Hierro •Tubería metálica				
No aprovechables	Papel tissue		•Disposición Final	
	•Toallas de manos Materiales de empaque y embalajes sucios			
Residuos peligrosos		•Baterías de automotores •Pilas •Elementos Electrónicos •Aceites y lubricantes usados •Filtros •Mangueras •Empaques hidráulicos •Pinturas y solventes •Estopa •Elementos contaminados con aceite , grasas o hidrocarburos		•Almacenamiento temporal •Transporte interno o Entrega de los residuos al prestador de servicios de recolección
Residuo especial		•Cauchos •Cintas transportadoras •Correas de transmisión •Barras de impacto		•Almacenamiento temporal •Transporte interno

Fuente: elaboración propia

²² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía Para la separación en la fuente. GTC 24. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2009.

Del anterior cuadro se puede inferir que las actividades de mantenimiento generan en una gran cantidad residuos peligrosos al igual que residuos metálicos, por lo cual la gestión y sensibilización del manejo de residuos deberá estar enfocada principalmente en estos; los demás residuos se generan en un porcentaje menor, sin embargo, no se deben despreciar.

La estrategia de separación en la fuente permite obtener una mejor calidad de los residuos optimizando su aprovechamiento o disposición final, sin embargo, es importante que después de la separación se haga una adecuada recolección selectiva de los residuos seleccionados para que el ciclo este completo, dicho esto se plantean algunas recomendaciones;

- ✓ Contar con contenedores apropiados, según la cantidad, peso y tipo de residuos
- ✓ Señalizar los puntos de almacenamiento y el tipo de residuo que deben almacenar
- ✓ Los contenedores no deben estar en áreas publicas
- ✓ Almacenar las baterías en zonas ventiladas y cubiertas del sol
- ✓ Se debe contar con un kit anti-derrames y antiincendios para casos de emergencia
- ✓ Formar al personal en la identificación y clasificación de residuos
- ✓ Contratar con una empresa legalmente constituida para la disposición final de los residuos
- ✓ Formar acuerdos con los clientes para facilitar la gestión de residuos

Finalmente, es importante conocer y tener en cuenta el método de recolección que emplea la empresa prestadora del servicio de recolección, ya que esto facilitara el dinamismo de la gestión, en caso de que el transporte corra por parte de un particular garantice en lo posible que sea en horarios y frecuencias diferentes a los de la recolección convencional; cual sea el método que se utilice, compruebe que la entidad cumple con los requisitos mínimos legales y está certificada para dicha labor.

11. BASE DE DATOS

La gestión del mantenimiento es un proceso que genera datos de manera abundante, día a día, actividad tras actividad, datos, que de no ser recopilados y administrados de forma adecuada perderían su valor durante la gestión, impidiendo obtener estadísticas, indicadores, proyecciones, cálculos, entre otros. Es por esto, que deben ser tratados de manera adecuada y ordenada para poder convertirlos en información útil y favorable.

Dicho lo anterior, se ha propuesto el uso de una base de datos diseñada a través del programa Microsoft Access, el cual es un sistema de gestión de base de datos incluido en la suite ofimática de Microsoft Office. En esta base de datos se registrará toda la información generada y requerida en la gestión del mantenimiento, cabe resaltar que esta base de datos se diseñó con el objetivo de llevar a cabo el registro no solo de la trituradora móvil 1012T sino también de los diferentes equipos móviles de trituración y clasificación de DISMET S.A.S., sin embargo, por el momento solo contempla información referente a la trituradora en cuestión.

La base de datos recibe el nombre de “Gestión de Equipos” y en esta se puede visualizar información tal como: ficha técnica, hoja de vida, manual de operación y plan de mantenimiento, también se podrá registrar cada una de las solicitudes de servicio y ordenes de trabajo efectuadas, esta última con la opción de ser impresa. Adicional a esto, se diseñó un formato para el registro de operación diaria, el cual aportara información valiosa para cálculo de indicadores.

11.1 MANEJO DE LA BASE DE DATOS

Para acceder a la base de datos de mantenimiento se debe registrar un usuario y una contraseña definidas previamente. En la siguiente imagen se observa la ventana de inicio de sesión;

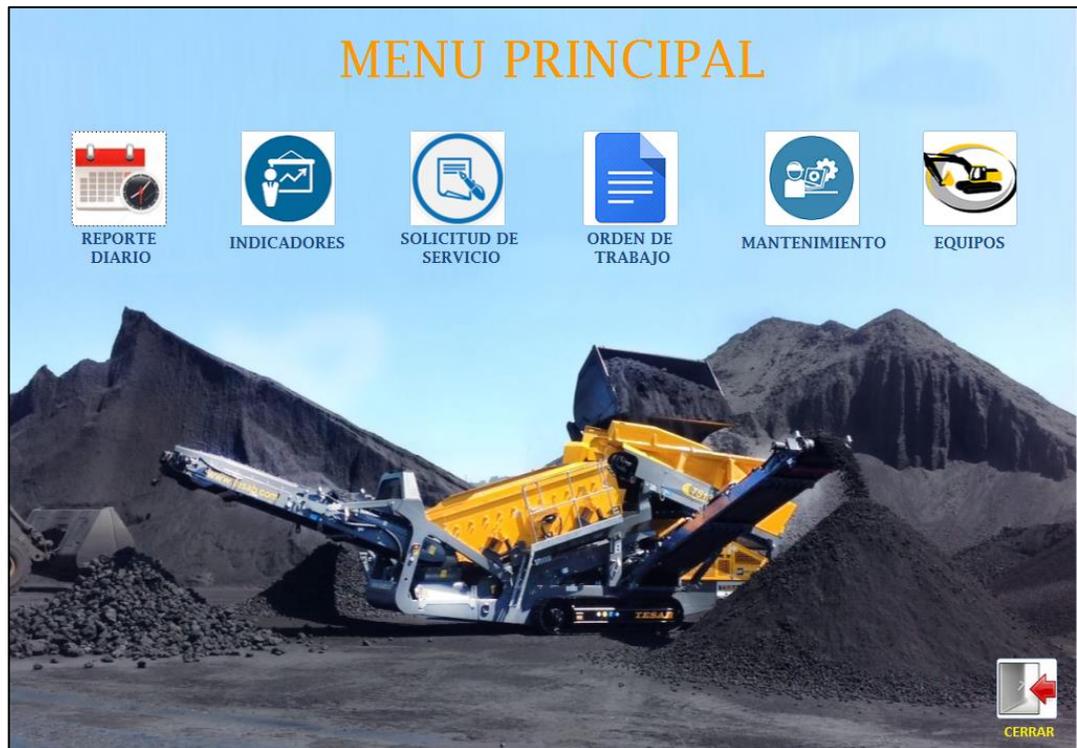
Imagen 21. Ventana inicio de sesión



Fuente: elaboración propia

Una vez ingresado el usuario y la contraseña, se le da clic en el icono aceptar, y automáticamente ingresara a la ventana del menú principal de la base de datos, como se muestra en la imagen 22, si el usuario y contraseña no coinciden se mostrará un mensaje indicando que el usuario y contraseña son incorrectos.

Imagen 22. Ventana menú principal



Fuente: elaboración propia

Inicialmente la base de datos se compone de seis iconos, cada uno con un formulario diferente que hará más fácil la administración de los datos, para ingresar a cada uno basta con hacer un clic, adicionalmente se programó un icono para poder cerrar la ventana y salir de la base de datos. A continuación, se explicará a manera de ejemplo el contenido de cada uno de los siguientes iconos;

- **Reporte diario.** Este formulario se diseñó con el objetivo de llevar un reporte diario de la operación del equipo, en él se registra la fecha, el proyecto al cual está asociado, el operador al mando, el horometro inicial, el horometro final, las novedades durante la operación, el uso o requerimiento de insumos y/o repuestos y finalmente un recordatorio de ser necesario. Al dar clic en el icono "Reporte Diario" automáticamente se despliega el siguiente formulario;

Imagen 23. Formulario reporte diario

Fuente: elaboración propia

Lo primero que se debe hacer para poder registrar la información es seleccionar la fecha y equipo, automáticamente se habilitaran los demás campos para poder completar el registro, dentro de este formulario se han creado dos botones el primero de estos (1) guarda el registro y habilita los campos para uno nuevo, el segundo (2) cierra el formulario y se devuelve al menú principal.

Guardada la información, el formulario permite filtrar y visualizar el registro histórico de operación del equipo, como se muestra en la siguiente imagen;

Imagen 24.Registro histórico del reporte diario

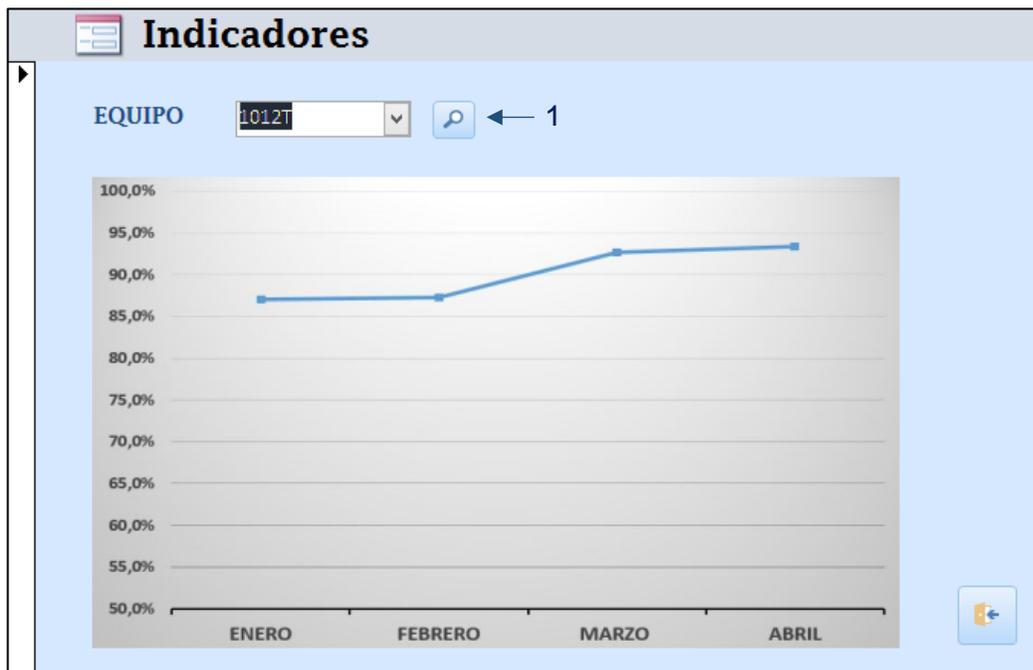
FECHA	EQUIPO	PROYECTO	OPERADOR	HOROMETRO INICIAL	HOROEMTRO FINAL	HORAS TRAJA	NOVEDAD	INSUMOS	RECORDATORIO
20/05/2019	1012T(2010)	170347	Jaime O.	6191	6191	0	Equipo disponible, no se opera por falta de	NA	NA
21/05/2019	1012T(2010)	170347	Jaime O.	6191	6200	9	Operación normal	Se solicita Aceite de	NA
22/05/2019	1012T(2010)	170347	Jaime O.	6200	6207	7	Operación suspendida por falta de material	Ninguno	Cambio de Revestimientos

Fuente: elaboración propia

- **Indicadores.** Este formulario se diseñó únicamente para poder visualizar la disponibilidad del equipo mes a mes a través de una gráfica, no permite modificaciones ni alteraciones. El objetivo principal de este formulario es obtener de una manera rápida el comportamiento y desempeño del equipo.

Basta con filtrar el equipo en el cual se está interesado y dar clic en el icono (1) el cual mostrara automáticamente la gráfica correspondiente, adicionalmente se creó un icono para poder cerrar la ventana y devolverse al menú principal. A continuación, se muestra el formulario de indicadores;

Imagen 25. Formulario indicadores



Fuente: elaboración propia

- **Solicitud de servicio.** En este formulario se van a registrar cada una de las solicitudes de servicio efectuadas por el operador del equipo, una vez este entregue diligenciado el formato que se diseñó en el apartado 6.1.2 se deberá registrar la información dentro de la base de datos. El primer paso es seleccionar la fecha y equipo para que automáticamente se genere un número de solicitud, este número será único para cada registro.

Registrados los datos en los campos del formulario se debe dar clic en el icono (1) el cual guarda el registro y habilitara los campos para uno nuevo. A continuación, se muestra el formulario de solicitud de servicio;

Imagen 26. Formulario solicitud de servicio

Fuente: elaboración propia

Guardada la información, el formulario permite filtrar y visualizar el registro histórico de las solicitudes de servicio, como se muestra en la siguiente imagen;

Imagen 27. Registro histórico solicitudes de servicio

FECHA	EQUIPO	# SOLICITUD	PROYECTO	OPERADOR	HOROMETRO	INTERVENCIÓN	AFECTACION	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA
22/05/2019	1012T(2010)	7	170347	Jaime O.	6207	Prevencion	Ninguna	El Acople de la bomba presenta mucha vibracion
28/05/2019	1012T(2010)	8	170347	Jaime O.	6250	Correccion	Ninguna	La banda de finos presenta una fisura transversalmente
30/05/2019	1012T(2010)	9	170347	Jaime O.	6261	Inspeccion	Ninguna	El embrague se esta desacomplando

Fuente: elaboración propia

- Orden de trabajo. Al ingresar en este formulario se encontrará el formato diseñado para las ordenes de trabajo del apartado 6.1.3, en el deberá registrarse la información requerida para llevar acabo la ejecución de intervenciones y/o mantenimientos.

Para poder generar una orden de trabajo se debe seleccionar en primer lugar la fecha y equipo, seguido a esto se le debe asignar una solicitud de servicio, hecho esto, automáticamente se generará un número para la orden de trabajo, número que será único para cada orden. A continuación, se muestra en forma de ejemplo un formato diligenciado;

Imagen 28. Formulario orden de trabajo

Orden de Trabajo				VERSION		0.1	
ORDEN DE TRABAJO				HOJA		1	
Fecha	# Solicitud	Tipo de Intervención	Equipo	# OT			
27/05/2019	7	Preventiva	1012T	5			
DESCRIPCION DEL TRABAJO							
Descripción de la Falla				Plan de Ejecución			
El acople de la bomba hidraulica principal presenta muchas vibraciones				En primer lugar ices la bomba con ayuda de la eslinga-Suelte el flanche de sujecion de la bomba-Suelte los prisioneros del acople y saque la bomba-Revise el estado superficial del acople y determine si debe cambiarse-Monte el acople nuevo e introduzca el eje de la bomba en el acople, ajuste gradualmente los prisioneros del acople y verifique la alineacion-Ajuste el flanche de sujecion-Por ultimo realice pruebas			
Solicitante				Responsable			
Jaime O.				Gelver Moreno			
RECURSOS							
HERRAMIENTAS				INSUMOS Y REPUESTOS			
Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad				
Juego de llaves Mixtas	1	Centa Coupling 50A	1				
Juego de llaves bristol	1						
Eslinga	1						
SEGUIMIENTO							
Horometro Inicial	Fecha Inicio Trabajo			DD	MM	AA	Gastos Operativos
Horometro Final	Fecha Fin Trabajo			DD	MM	AA	H-H
							Viaticos
							Recursos
OBSERVACIONES				RECOMENDACIONES Y/O PENDIENTES			
Firma Solicitante		Firma Responsable		Firma Supervisor			

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Fuente: elaboración propia

Una vez diligenciado el formato, el formulario permite ejecutar diferentes acciones por medio de cinco iconos, el icono (1) limpia los campos y los habilita para un nuevo registro, el icono (2) permite exportar el formato en pdf, el icono (3) permite imprimir de forma directa el formato para ser entregado al responsable de la ejecución, el icono (4) guarda el registro en la base de datos, por último, el icono (5) cierra la ventana del formulario y regresa al menú principal.

Guardada la información, el formulario permite filtrar y visualizar el registro histórico de las ordenes de trabajo, como se muestra en la siguiente imagen;

Imagen 29. Registro histórico ordenes de trabajo

Fecha	# Solicitud	Solicitante	# Orden	Tipo de Inte	Descripcion	Equipo	Responsabl
27/05/2019	7	Jaime O.	5	Preventiva	El acople de la bomba hidraulica principal presenta muchas vibraciones	1012T	Gelver Moreno
30/05/2019	9	Jaime O.	6	Inspeccion	El embrague se esta desacoplando	1012T	Sergio Saavedra

Fuente: elaboración propia

- **Mantenimiento.** Este formulario se diseñó con el objetivo de hacer un seguimiento y control a las actividades preventivas de mantenimiento definidas en la ruta de mantenimiento y ruta de lubricación; en él se podrá registrar la fecha en el que se realizó la actividad y proyectar la próxima intervención.

Basta con filtrar el equipo en el cual se está interesado y dar clic en el icono (1) el cual mostrara automáticamente el listado de actividades y su correspondiente seguimiento, adicionalmente se creó un icono para poder cerrar la ventana y devolverse al menú principal. A continuación, se muestra el formulario de mantenimiento;

Imagen 30. Formulario de mantenimiento

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

EQUIPO: 1012T

SISTEMA	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ULTIMA	PROXIMA
Generación	Limpiar contactos eléctricos	Semanal (50 h)		
Generación	Reiniciar el Vacuometro de saturacion de filtros	Semanal (50 h)		
Generación	Cambiar aceite lubricante	250 h		
Generación	Cambiar kit de filtros	250 h		
Generación	Verificar funcionamiento de inyectores	A condición		
Generación	Verificar funcionamiento Bomba de Agua y Termostato	A condición		
Generación	Verificar funcionamiento de la bomba de alimentación	A condici162n		
Hidraulico	Muestra de aceite	100 h		
Hidraulico	Cambiar aceite hidraulico	1500 h		
Hidraulico	Cambiar filtro de succión	1500 h		
Hidraulico	Verificar acople	A condición		
Hidraulico	Cambiar O-Ring Lineas de Succion y Descarga	A condición		
Eléctrico	Limpiar contactos (Relays, Fusibles, Conectores)	Mensual (170 h)		
Eléctrico	Verificar funcionamiento de paros de emergencia y hacer limpieza	Mensual (170 h)		
Eléctrico	Cambiar las baterias	A condición		
Tolva	Verificar el desgaste superficial	Mensual (170 h)		
Alimentación	comprobar alineacion y estado de los resortes	Mensual (170 h)		
Alimentación	Verificar desgaste superficial de las barras o chapa perforada	Mensual (170 h)		
Alimentación	Comprobar estado de los componenetes de la trasmisión	Mensual (170 h)		
Alimentación	Comprobar nivel de lubricante de los engranajes	Mensual (170 h)		
Alimentación	Lubricar rodamientos	Semanal (50h)		
Alimentación	Cambiar aceite lubricante	1500 h		
Alimentación	Cambiar del Acople Flexible	A Condición		
Trituración	Re-torquar los tornillos de sujecion de los revestimientos y Placas de Impacto	Semanal (50h)		
Trituración	Realizar limpieza y ajuste a la electovalvula del Embrague	Mensual (170h)		
Trituración	Comprobar estado y tension de las correas	Mensual (170h)		

Registro: 44 de 44 Sin filtro Buscar

Fuente: elaboración propia

- Equipos. Como se mencionaba anteriormente, esta base de datos se diseñó en principio para todos los equipos móviles de trituración y clasificación con los que cuenta la empresa, es por esto que la sección de equipos no es un formulario, sino, una ventana adicional en el cual se encuentran cinco iconos, uno por cada clase de equipo, como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 31. Ventana Equipos



Fuente: elaboración propia

En este capítulo únicamente se explicará a manera de ejemplo el caso particular de la trituradora de impacto 1012T, para esto basta con hacer clic en el icono (1) el cual desplegará un formulario llamado “Especificaciones”, en él se podrá consultar información técnica como: el manual de operación y mantenimiento y la ficha técnica, adicionalmente permite visualizar la hoja de vida del equipo y calcular los indicadores mes a mes.

Al ingresar en el formulario deberá seleccionar el equipo en el cual está interesado, automáticamente se llenarán los demás campos y se habilitarán los iconos correspondientes para realizar la consulta; el formulario cuenta con seis iconos, el icono (1) borra la información contenida en los campos para una nueva búsqueda, el icono (2) cierra el formulario y se devuelve a la ventana de equipos, el icono (3) abre automáticamente la ficha técnica del equipo consultado, el icono (4) abre el manual en formato pdf, el icono (5) permite visualizar la hoja de vida y por último el icono (6) muestra los indicadores. A continuación, se muestra el formulario de especificaciones.

Imagen 32. Formulario especificaciones

ESPECIFICACIONES

EQUIPOS

Equipo	Serial	Modelo
1012T	071218684	2010
1012TS	1234567	2015

Equipo
Ficha Técnica

Serial
Manual

Modelo
Hoja De Vida

Fuente: elaboración propia

Basta con hacer clic en el icono (6) para poder visualizar la hoja de vida del equipo dentro del formulario, como se muestra en la siguiente imagen;

Imagen 33. Hoja de Vida

ESPECIFICACIONES

EQUIPOS

Equipo	Serial	Modelo
1012T	071218684	2010
1012TS	1234567	2015

Equipo
Ficha Técnica

Serial
Manual

Modelo
Hoja De Vida

HOJA DE VIDA

FECHA	PROYECTO	OPERADOR	HOROMETRO	MANTENIMIENTO	# OT	COD FALLA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO OUT
28/05/2019	170347	Jaime O.	6207	Corrección	5	HD-A-3	Se cambia Acople de la bomba hidraulica	0:00
*								0:00

Registro: 1 de 2 de 2 Sin filtro Buscar

Fuente: elaboración propia

12. INDICADORES

La implementación y cálculo de indicadores es una estrategia que permite valorar de una manera cuantitativa y objetiva la gestión del mantenimiento; aunque existe una amplia variedad de indicadores que determinan el comportamiento y desempeño dentro de un departamento o una empresa hay tres que son esenciales y están denominados como los indicadores de gestión universal, estos son: Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad.

Según la Guía Técnica Colombiana GTC 62 de 1.999, *Seguridad de Funcionamiento y calidad de Servicio. Mantenimiento. Terminología*²³. Guía avalada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC Los indicadores nombrados se pueden definir de la siguiente manera;

- **Mantenibilidad.** Es la aptitud de un dispositivo para ser mantenido o restablecido al estado en que pueda cumplir su función requerida, cuando el mantenimiento se cumple en las condiciones dadas, con los procedimientos y medios prescritos.
- **Confiabilidad.** Capacidad de una entidad para efectuar su función específica en unas condiciones y con un rendimiento definidos durante un periodo de tiempo determinado. Puede expresarse como la probabilidad de que un equipo funcione correctamente en las condiciones operativas de diseño durante un determinado periodo de tiempo.
- **Disponibilidad.** Puede expresarse como la probabilidad de que un elemento pueda encontrarse disponible para su utilización en un determinado momento o durante un determinado periodo de tiempo. La disponibilidad de una entidad no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

Debido a que DISMET S.A.S. no cuenta con ningún indicador que mida el comportamiento de sus equipos en alquiler ni la eficacia en su gestión de mantenimiento, se propone adoptar los tres indicadores mencionados anteriormente, para lo cual se deberá evaluar en primer lugar el comportamiento de estos en la actualidad y así poder comparar la efectividad de lo propuesto en este proyecto una vez se determine implementar el plan de mantenimiento.

Para dar cumplimiento a lo propuesto se debe contar previamente con un historial confiable que refleje las horas trabajadas, las fallas, sus intervenciones y los tiempos de parada, dicho esto, se tomara como referencia el reporte diario de operación, comprendido entre enero y abril del 2.019, para un total de cuatro meses.

²³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. GTC 62. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1999. p. 6-9.

12.1 CALCULO DE INDICADORES

12.1.1 Confiabilidad. “la medida de la confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas. Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable; si la frecuencia es baja, la confiabilidad del equipo es aceptable, pero si es muy alta, el equipo es poco confiable”²⁴. Se relaciona directamente con el TMER (*Tiempo Medio Entra Fallas*) también conocido por sus siglas en inglés como MTBF (*Mean Time Between Failures*) y se evaluará mediante la siguiente ecuación;

Ecuación 4. Tiempo medio entre fallas

$$TMEF = \frac{\text{Horas Trabajadas}}{\# \text{ de fallas}}$$

Fuente: ZERRAGA, Manuel. Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. En: Ciencia y Desarrollo [En línea]. Enero-junio, 2016, no 19, [Citado 23 abr., 2019]. ISSN 2409-2045. Disponible en: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/1219/1189>

12.1.2 Mantenibilidad. “la forma más clara de medir la mantenibilidad es en términos de los tiempos empleados en las diferentes restauraciones, reparaciones o realización de las tareas de mantenimiento requeridas para llevar nuevamente el elemento o equipo a su estado de funcionalidad y normalidad”²⁵. Está caracterizada por el TMPR (*Tiempo Medio Para Reparar*) también conocido por sus siglas en inglés MTTR (*Medium Time To Repair*) y su ecuación es la siguiente;

Ecuación 5. Tiempo medio para reparar

$$TMPR = \frac{\Sigma \text{Tiempo de reparaciones}}{\# \text{ de fallas}}$$

Fuente: ZERRAGA, Manuel. Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. En: Ciencia y Desarrollo [En línea]. Enero-junio, 2016, no 19, [Citado 23 abr., 2019]. ISSN 2409-2045. Disponible en: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/1219/1189>

12.1.3 Disponibilidad. El modelo universal para pronosticar la disponibilidad propuesto por Mora²⁶, en su libro *Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control*,

²⁴ MORA GUTIERREZ, Alberto. Op. Cit., p. 95

²⁵ MORA GUTIERREZ, Alberto. Op. Cit., p. 104

²⁶ MORA GUTIERREZ, Alberto. Op. Cit., p. 71

contempla diferentes aspectos a la hora de evaluarla, se debe escoger la más adecuada de acuerdo a los datos que se posean y con las expectativas de la empresa.

Dicho lo anterior la disponibilidad factible a calcular será la inherente o intrínseca la cual es muy útil cuando se trata de controlar las actividades de mantenimiento no planeados (correctivos y/o Modificativos), no incluye los tiempos logísticos, ni los tiempos administrativos, ni los tiempos de demora en suministros, asume idealmente que todo está listo al momento de realizar la reparación.

Ecuación 6. Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

Fuente: MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega, 2009. 80 p. ISBN: 9789586827690

A continuación, se muestra el registro operacional de enero hasta abril del 2019, en donde se pueden apreciar las horas trabajadas, el número de fallas y el tiempo de reparación, esta información está contemplada mes a mes para facilitar el cálculo de los indicadores y poder realizar la correspondiente valoración y análisis.

Cuadro 42. Indicadores de gestión universal

INDICADORES							
MES	EQUIPO	HORAS TRABAJADAS	TIEMPO DE REPARACION	NUMERO DE FALLAS	TMEF	TMPR	DISPONIBILIDAD
Enero	1012T	153,1	22,7	5	30,6	4,5	87,1%
Febrero	1012T	177,6	25,9	6	29,6	4,3	87,3%
Marzo	1012T	170,1	13,52	3	56,7	4,5	92,6%
Abril	1012T	154,7	11	2	77,4	5,5	93,4 %

Fuente: elaboración propia

Cabe aclarar que los resultados obtenidos se encuentran expresados en horas a excepción de la disponibilidad que se expresa en términos porcentuales.

12.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez calculados los indicadores de gestión universal se procede a interpretar cada uno de los resultados, de donde se infieren las siguientes conclusiones;

La confiabilidad de la trituradora móvil 1012T durante los meses de enero a abril se puede interpretar como: A mayor sea el TMEF mayor será la confiabilidad de la trituradora.

De igual manera, la confiabilidad se puede representar en términos porcentuales utilizando el factor de fiabilidad (FF), representado en la ecuación 7, de donde se obtiene que durante el periodo de evaluación la trituradora presento un 88.8 % de confiabilidad.

Ecuación 7. Factor de fiabilidad

$$FF = \frac{HT - HMC}{HT}$$

Fuente: MORENO, Antonio. Mantenimiento Industrial: recopilación parte II [En línea]. 2010. 13 p. [Citado 14 jul., 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ARMXXX/ii-mantenimiento-industrial-recopilacin>

Donde;

FF = Factor de fiabilidad

HT = Horas Trabajadas

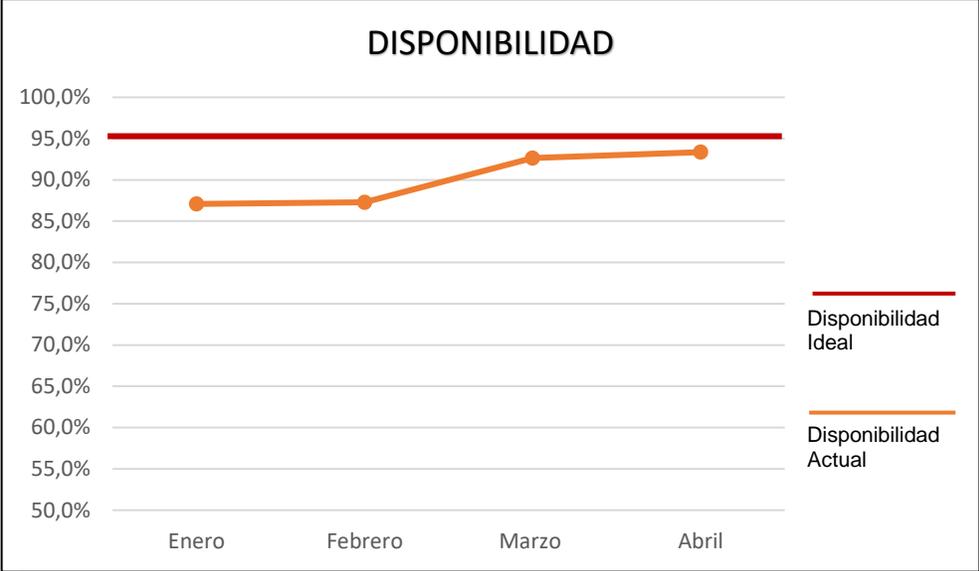
HMC = Horas de Mantenimiento correctivo (Σ Tiempo de reparaciones)

Por otra parte, la mantenibilidad puede interpretarse como: A menor tiempo se tome el operador o técnico en hacer la reparación (tiempo medio para reparar), mayor será la mantenibilidad. Este indicador se puede ver directamente afectado si hay errores en la consecución de repuestos, por la incapacidad técnica o tecnológica para realizar la intervención, entre otras.

La disponibilidad de equipos es sin lugar a duda la prioridad más grande en toda gestión de mantenimiento y para DISMET S.A.S. cuando de alquiler se trata, tener su máquina disponible puede traerle mayores beneficios económicos de lo esperado, ya que como se mencionaba previamente, la disponibilidad no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

Mediante el siguiente grafico se puede apreciar el comportamiento de la disponibilidad durante los cuatro meses de evaluación, en donde se evidencia que se encuentra por debajo del promedio general para este tipo de maquinaria, es decir del 95%.

Grafico 3. Disponibilidad



Fuente: elaboración Propia

13. EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se evalúa financieramente la implementación del plan de mantenimiento, en primer lugar, se va a tener en cuenta la inversión inicial del proyecto, en donde se contemplan todos los gastos ingenieriles para la creación y planeación de lo propuesto, en segundo lugar, se evaluará el costo que tendrá la ejecución del plan, teniendo en cuenta los costos de las rutas de mantenimiento y lubricación, por último, se realizará un análisis del costo de la no disponibilidad por fallas.

13.1 INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO

Para establecer los costos de la inversión inicial del proyecto, se analizaron los gastos de planeación, en donde se incluyen recursos técnicos, tecnológicos, humanos, fungibles y otros valores.

A continuación, se muestra el cuadro donde se especifican los valores anteriormente descritos.

Cuadro 43. Costo inversión inicial

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UND (\$)	TOTAL (\$)
RECURSO HUMANO				
Proyectista	H-H	560	7.500	4.200.000
TOTAL	4.200.000			
RECURSO TECNOLÓGICO				
Computador	Unidad	1	2.000.000	2.000.000
Licencia Microsoft office	Unidad	1	179.000	179.000
Celular	Unidad	1	450.000	450.000
TOTAL	2.629.000			
FUNGIBLES				
Libros	Unidad	7	85.000	595.000
Papel	Resma	2	15.000	30.000
Tinta	Paginas	600	50	30.000
TOTAL	655.000			
OTROS GASTOS				
Viajes a Campo	Unidad	2	500.000	1.000.000
Transportes	Pasajes	32	10.000	320.000
TOTAL	1.320.000			
TOTAL ANTES DE IMPREVISTOS			8.804.000	
IMPREVISTOS (4%)			352.160	
TOTAL			9.156.160	

Fuente: elaboración propia

13.2 COSTO DE EJECUCIÓN

La implementación del plan de mantenimiento tiene que tener en cuenta el costo de ejecución de las rutas establecidas en el capítulo 7 “*Ruta de Mantenimiento*” & “*Ruta de Lubricación*”, estos costos se calculan de acuerdo al tiempo de duración para cada actividad, al personal designado y a los insumos y repuestos requeridos.

13.2.1 Proyección de costos. Antes de realizar la proyección de costos se debe establecer un periodo de implementación o ejecución, para lo cual se ha decidido como mínimo un año, lo que equivale en promedio a 1800 horas de operación.

Para el periodo establecido se tendrán en cuenta las actividades que por frecuencia de ejecución logran estar contempladas durante las 1800 h de operación, en cuanto a las actividades a condición será la experiencia y el registro del último año quien indique cuales de estas y en qué cantidad logran ejecutarse durante un año.

Dicho lo anterior, el primer paso es establecer el valor de la hora hombre(H-H) del personal involucrado en el plan de mantenimiento, para este cálculo se tomó el salario mensual con prestaciones y se llevó al costo/hora para cada uno, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 44. Costo hora hombre

CARGO	SALARIO MENSUAL	COSTO H-H
Asistente Servicio Técnico y Postventa	1.387.824	11.558.33
Mecánico Supervisor	3.000.000	15.000.00
Operario	2.100.000	10.500.00

Fuente: elaboración Propia

Los costos anuales se determinaron únicamente de acuerdo al tiempo que requiere el personal para realizar la planeación, ejecución y control de las tareas propuestas en este plan de mantenimiento, es decir que solo se tiene en cuenta el tiempo demandado por la trituradora móvil 1012T y no el costo salarial anual del personal.

Cuadro 45. Costo anual del personal

EQUIPO	CARGO	VALOR	VALOR TOTAL
Trituradora Móvil 1012T	Asistente Servicio Técnico & Postventa	1.769.869.28	14.252.981.78
	Mecánico Supervisor	6.984.000.00	
	Operador	5.499.112.50	

Fuente: elaboración propia

El costo de cada una de las rutas se proyectó de acuerdo a los insumos y repuestos requeridos para cada una de las actividades propuestas.

Cuadro 46. Costo de rutas

Ruta	Costo	Total
Ruta de Lubricación	18.306.887,89	31.095.373,41
Ruta de Mantenimiento	12.788.485,45	

Fuente: elaboración propia

En el siguiente cuadro se suman los costos generales del plan de mantenimiento;

Cuadro 47. Costo total plan de mantenimiento

CONCEPTO	VALOR
Personal Involucrado	14.252.981,78
Ruta de Lubricación	18.306.887,89
Ruta de Mantenimiento	12.788.485,45
TOTAL	45.348.355,19

Fuente: elaboración propia

13.3 COSTO POR INDISPONIBILIDAD

Conocer el costo de indisponibilidad permite saber cuánto deja de ganar la empresa en una hora, en el caso particular de los equipos en alquiler el costo de la hora por indisponibilidad no está directamente involucrado con el costo de producción, el costo del material perdido y/o reprocesado ni el costo de la hora del operador, por lo tanto, este costo se calcula de acuerdo al valor que tienen el alquiler de la trituradora por hora.

Cuadro 48. Costo alquiler por hora

EQUIPO	VALOR DEL CONTRATO	STAND BY	\$ / HORA
TRITURADORA MOVIL 1012T	42.000.000,00	170 h	247.058,82

Fuente: elaboración propia

Según la disponibilidad de la trituradora móvil 1012T, calculada en el capítulo 12, durante el periodo de enero a abril del año 2019 se dejó de operar en promedio 16 horas mensuales, lo que equivale a \$ 3.934.104,85, de esta manera se puede esperar que con la implementación del plan de mantenimiento se logre alcanzar un aumento en las ventas del 9,4 % mensualmente.

14. CONCLUSIONES

- Aunque DISMET S.A.S tiene una alta capacidad de respuesta para dar solución inmediata a sus clientes, Se identificó que su filosofía de mantenimiento responde únicamente a solucionar fallas funcionales de las cuales no se tiene una planeación adecuada que permita llevar un control y registro, esto en parte a que el mantenimiento no se ha establecido dentro de ninguna de las áreas que conforman la empresa, sin embargo, requiere de una participación integral de las distintas áreas.
- La clasificación de elementos y componentes tuvo que limitarse a aquellos que están considerados dentro del alcance de la operación y que son elementales para el funcionamiento de la máquina, esto con el fin de que el operador o personal relacionado con el mantenimiento de la maquina pudiese identificarlos y reconocerlos fácilmente.
- A través del análisis del modo y efecto de falla (AMEF) se lograron identificar las principales fallas y causas que propician la baja disponibilidad de la trituradora, en donde se identificó que las fallas más frecuentes o denominadas crónicas asumen el mayor tiempo de no funcionalidad. Adicionalmente de los controles actuales de prevención y detección se logró identificar que no cubren en su totalidad las posibles causas.
- El análisis de criticidad realizado a través del numero prioritario de riesgo (NPR), permitió establecer una jerarquía para los sistemas de la trituradora, definiendo prioridades dentro de las actividades de mantenimiento, situando en primer lugar al sistema de generación (Motor).
- Debido al contexto operacional de la trituradora fue necesario proponer tanto actividades preventivas basadas en la frecuencia de intervención como actividades basadas en la condición de desgaste. Adicionalmente, debido a la limitada capacidad técnica de los operadores y el limitado recursos técnico y tecnológico dentro de la empresa, las actividades de inspección se limitaron a inspecciones visuales, acústicas y al tacto de componentes.
- Además de seguir las recomendaciones del fabricante y la experiencia adquirida a través de los diferentes proyectos, las actividades preventivas propuestas lograron cubrir en gran parte aquellos vacíos que fueron identificados en los controles actuales de prevención y detección, procurando que las causas de los modos de falla sean en su totalidad abarcadas por las inspecciones y ajustes.
- Establecer una clasificación para los repuestos a partir de su necesidad y tipo de aprovisionamiento, complementado con el análisis de fallo propuesto por

Santiago Garrido, permitió que el stock de repuestos se redujera un 69 % de lo sugerido inicialmente

- Del análisis de seguridad y salud en el trabajo realizado a través de la matriz de riesgos, se logró establecer que ninguna de las actividades de mantenimiento propuesta para este proyecto presenta un alto riesgo que pudiera afectar la integridad del personal; de otro modo se logró ratificar el cumplimiento de la certificación por parte de DISMET S.A.S.
- Se logra concluir que la planeación de actividades a través de la ruta de mantenimiento y la ruta de lubricación toma importancia en el control y prevención de los impactos ambientales al reducir y controlar la posibilidad de afectación, contribuyendo de esta manera al compromiso ambiental adquirido por la empresa a través de la certificación ISO 14001.
- La gestión de mantenimiento requiere la implementación de una base de datos como herramienta para el control y administración de información, debido a la gran cantidad de datos que se generan.
- Toda administración, proceso o gestión requiere ser evaluado para determinar su buen desempeño, para este proyecto debido al contexto operacional y condiciones comerciales en las que se alquila la trituradora el cálculo de indicadores fue el determinante del comportamiento actual del mantenimiento y el futuro desempeño en caso de implementación.
- Los datos obtenidos a partir del análisis financiero evidencia la viabilidad e importancia de la implementación del plan de mantenimiento al visualizar y proyectar una ganancia económica al lograr aumentar la disponibilidad de la trituradora
- Finalmente se puede llegar a la conclusión de que cambiar la forma en la que es vista la gestión de mantenimiento puede traer grandes beneficios no solo económicos sino también a nivel operativo y corporativo al ofrecer mejores condiciones, mayor rendimiento y mejor rentabilidad, permitiendo un crecimiento en la imagen de la empresa dentro del sector.

15. RECOMENDACIONES

- Seguir el plan de implementación propuesto en el anexo G, evaluar los tiempos sugeridos y establecer las prioridades del departamento.
- Elaborar capacitaciones para el personal involucrado en el mantenimiento, orientadas a la interpretación de los códigos establecidos para los sistemas, subsistemas, elementos y componentes, al igual que la codificación de las fallas.
- Elaborar capacitaciones para el operador sobre la interpretación y ejecución de la ruta de mantenimiento y ruta de lubricación incluyendo los riesgos a los que está expuesto tanto el como el medio ambiente.
- Antes de realizar cualquier cambio en la ruta de mantenimiento o ruta de lubricación consultar detenidamente el manual del fabricante y socializar con el personal involucrado en el mantenimiento
- Establecer un formulario dentro de la base de datos que permita controlar el aprovisionamiento y existencia de los insumos y repuestos generados a partir del estudio de repuestos
- Evaluar la posible implementación de indicadores clase mundial que se acomoden al contexto operacional de la maquina
- Realizar un seguimiento adecuado a los mantenimientos y servicios externos en donde se exija al proveedor la entrega de un diagnóstico y reporte de servicio técnico para que la información pueda ser consignada dentro de la hoja de vida del equipo.
- Se recomienda el estudio para la implementación de recursos tecnológicos que permitan aumentar la fiabilidad de los diagnósticos.

BIBLIOGRAFÍA

DISMET S.A.S. Política Integral de Gestión. Bogotá D.C.: DISMET S.A.S., 2017.

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Gestión de repuestos. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Díaz de los Santos, 2003.

GUTIERREZ SABOGAL, Eduard. Desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento planificado para las máquinas de la empresa MANRIQUE LOSADA Y COMPAÑIA S.A.S. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. 2017

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN9789588585673 153 p.

_____ Gestión del riesgo ambiental. Principios y proceso. GTC 104. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2009.

_____ Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía Para la separación en la fuente. GTC 24. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2009.

_____ Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC 45. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2012.

_____ Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008.

_____ Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. GTC 62. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1999.

_____ Sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. NTC-ISO 14001. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2015.

INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO. Guía técnica para la identificación de aspectos e impactos ambientales. PLE-GU-01. Bogotá D.D.: 2015.

MIER, Kevin y RUIZ, Sergio. Desarrollo de un programa de mantenimiento planificado para la empresa INDUSTRIAS PAYASITO S.A.S. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. 2017.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Mexico: Alfaomega, 2009.

TESAB ENGINEERING LTD. Especificación Técnica: Equipo Móvil de Trituración 1012TS. Omagh. 2013.

_____ Operation & Parts Manual: 1012T Impact Crusher CAT C13 Engine Version. Omagh, 2010.

STRICKLAND TRACKS LTD. Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento. Pershore: Strickland Group, 2004.

ZERRAGA, Manuel. Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. En: Ciencia y Desarrollo. Enero-junio, 2016, no 19

ANEXO A. REPORTE DIARIO/TURNO EQUIPO

DISMET <small>Sociedad de Proyectos - Diseño - Ingeniería</small> <small>FON. 0210 2294 0112-15</small>		REPORTE DIARIO/TURNO EQUIPO									
OPERADOR		<i>Juana Osorio</i>		FECHA							
EQUIPO		<i>1012 T</i>		<i>Mercedes 18</i>		<i>Julio</i>		<i>2018</i>			
CONTROL DE PARADAS DE EQUIPO				HORAS DE OPERACIÓN							
CAUSA	INICIO	FIN	HOROMETRO INICIO IMPACTOR	<i>4582.2</i>	HOROMETRO FIN IMPACTOR	<i>4571.9</i>	BUENO	REGULAR	MALO		
—	—	—	HOROMETRO INICIO CRIBA		HOROMETRO FIN CRIBA						
Verificar vacuometro saturacion de filtro / sacudir filtros aire Revise el equipo en busca de partes faltantes, tornilleria suelta, golpes... Revisar tension correas Verificar acople motriz en bandas Drenar trampa de agua							<input checked="" type="checkbox"/>				
INSPECCIÓN PREOPERACIONAL											
H. INICIO IMPACTOR	<i>7:00</i>	H. FIN IMPACTOR	<i>8:00</i>	Revisar estado de cintas de bandas transportadoras						<input checked="" type="checkbox"/>	
H. INICIO CRIBA		H. FIN CRIBA		Revisión de niveles (hidraulico, refrigerante, motor, reductores...)					<input checked="" type="checkbox"/>		
CANTIDADES DE RELLENO											
COMBUSTIBLE (GALÓN)		Revisión de fugas lineas hidraulicas y componentes							<input checked="" type="checkbox"/>		
ACEITE HIDRAULICO (GALON)		Acelerar el equipo y probar todos los sistemas					<input checked="" type="checkbox"/>				
ACEITE MOTOR (GALON)		Asegurese de que todos los elementos giran libremente					<input checked="" type="checkbox"/>				
REFRIGERANTE (GALON)		Pruebe sistemas de seguridad guardas, barandas y paros de emergencia									
OTROS (ESPECIFIQUE)		Engrase de componentes de equipo según plan de engrase					<input checked="" type="checkbox"/>				
REPUESTOS INSUMOS MTTTO Y HERRAMIENTAS											
		Abrir impactor y revisar martillos revestimientos y elementos de desgaste					<input checked="" type="checkbox"/>				
		Revisión de estado de rodillos y chumaceras					<input checked="" type="checkbox"/>				
		Remueva acumulacion de material					<input checked="" type="checkbox"/>				
		Revise desgaste de las mallas y elementos de zaranda									
		Verificar setting.					<input checked="" type="checkbox"/>				
		Encender el equipo y dejarlo en ralenti minimo 1'					<input checked="" type="checkbox"/>				
		Acelerar el equipo a 1800 RPM y probar todos los sistemas					<input checked="" type="checkbox"/>				
REPORTE DE FALLAS, PROBLEMAS Y/O MANTENIMIENTOS REALIZADOS											
<i>Se Aproximara Cambio de Aceite, Debe cambiarse el Pasador del Pack Carries.</i>											
OBSERVACIONES DEL ENCARGADO DE EQUIPOS											
<i>Juana Osorio</i> Operador					 Encargado de equipos						

ANEXO B. REPORTE SERVICIO TÉCNICO



DISMET
Desarrollo de Proyectos - Diseño - Ingeniería
Nº. 800.229.512-6

REPORTE DE SERVICIO TÉCNICO



No. DE REPORTE **D- 0451** FECHA 15-12-18

SOLICITADO POR: Juane Chorro FECHA SOLICITUD 13-12-18 # CONTACTO _____

CORRECTIVO PROGRAMADO PREVENTIVO CORRECTIVO NO PROGRAMADO

EQUIPO 1012T MODELO _____ SERIAL _____

CLIENTE/ PROYECTO PR170397 MOTOR MARCA C13 SERIAL LEK08196

VOLTAJE _____ AMP _____ RPM _____ HOROMETRO _____ RESPONSABLE _____

DAÑO O PROBLEMA REPORTADO

Banda Rota, Rodillo de cabeza desgastado.

PROBLEMA ENCONTRADO, TRABAJO REALIZADO DATOS TÉCNICOS (V, A, P, T)

Se realiza cambio de Banda de Producto, el pegue se realiza in Fuego por problemas con el suministro de energía

Se reviste el tambor de cabeza, para garantizar el Alineamiento de la Banda y evitar el patinamiento.

Se realiza cambio de rodillera de retorno, con sus respectivas chumaceras.

FECHA	HORA INICIO	HORA FIN	TOTAL HORAS	RECOMENDACIONES Y/O PENDIENTES
<u>15-12-18</u>	<u>7:00</u>	<u>9:30</u>		<u>Cambio de guardilla del encusador Puesto que la banda es mas gruesa</u>
<u>16-12-18</u>	<u>7:00</u>	<u>9:30</u>		

LIQUIDACION SERVICIO TÉCNICO

CANT	REFERENCIA	DESCRIPCION	VALOR TOTAL	GASTOS OPERATIVOS	
				MANO DE OBRA	
				REPUESTOS	
				VIATICOS	
				TRANSPORTES	

Juane Chorro
FIRMA CLIENTE / OPERADOR

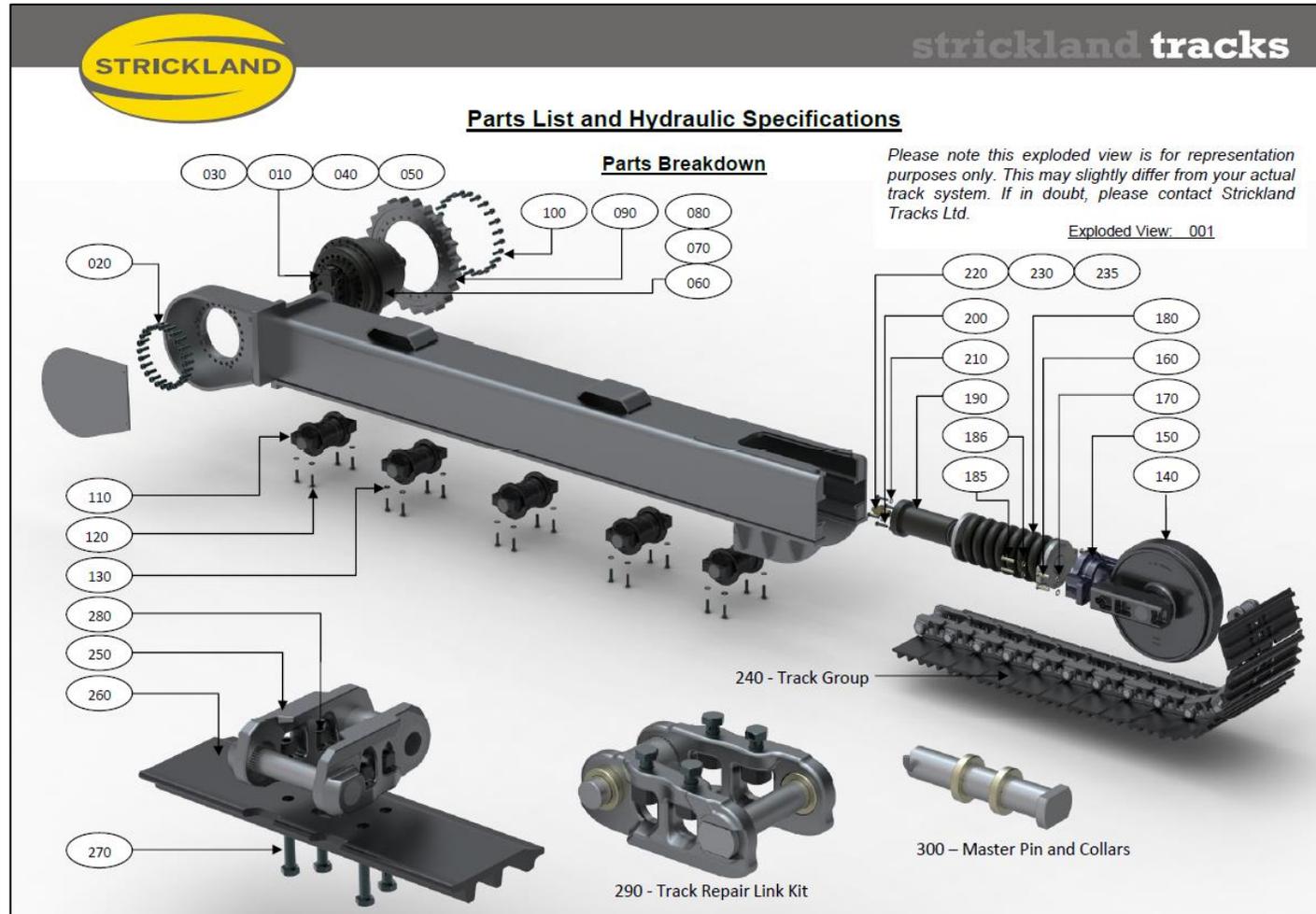

SERVICIO TÉCNICO DISMET

Versión: 1

Fecha septiembre de 2015

Aprobado por: Gerencia

ANEXO C. COMPONENETES ORUGA





Parts List and Hydraulic Specifications

DL384W1WA194DBSDT230H

1. Parts List for Track System

Item No.	Strickland Part No.	Description	Qty per Track	Qty per Pair
010	FDM782-WA194DB	Track Drive Gearbox c/w Hydraulic Motor	1	2
020	BHM520-250075-12-PS	Socket Head Capscrew (Gearbox to Track Frame)-Torque to 675 Nm (499 lbs/ft)	24	48
030	N/A	Motor Integrated Into Gearbox (Not Available Separately)	N/A	N/A
040	FDG BON-DRNPLG	Oil Fill/Drain Plug	2	4
050	POL 00280W/90-0	Gear oil SAE 80W/90	4.0L	8.0L
060	N/A	Brake Release Stand-off Pipe	N/A	N/A
070	N/A	Brake Release Adaptor	N/A	N/A
080	N/A	Brake Release Seal	N/A	N/A
090	SPA 300-DLJA23	Drive Sprocket	1	2
100	BHM520-250090-12-PS	Socket Head Capscrew (Sprocket to Gearbox) – Torque to 675 Nm (499 lbs/ft)	24	48
110	LRG 000SC40A-A	Single Flanged Lower Roller	8	16
120	BHM016-200090-10-PS	Hex Head Bolt (Roller to Track Frame) -Torque to 289 Nm (214 lbs/ft)	32	64
130	WFH 019-2	Hardened Washer	32	64
140	IDG 502-A	Front Idler Group	1	2
150	IDY 171-502-XHD	Idler Yoke	1	2
160	BHM012-175050-88-PS	Hex Head Bolt (Yoke to Idler) –Torque to 84 Nm (62 lbs/ft)	4	8
170	WSH 023-HD-3	Spring Washer	4	8
180	RSA 171-502-XHD	Spring Recoil	1	2
185	BHM016-200060-88-FS	Hex Head Bolt (Recoil to Yoke) –Torque to 206 Nm (152 lbs/ft)	4	8
186	WSH 015-2	Spring Washer	4	8
190	TTA 171-175-XHD	Grease Tensioner	1	2
200	BHM016-200065-10-PS	Hex Head Bolt (Tensioner to Track Frame) -Torque to 289 Nm (214 lbs/ft)	4	8
210	WSH015-2	Spring Washer	4	8
220	IDM 889-2	Tensioner Grease Fitting	1	2
230	IDM 888-6	Gasket for Grease Fitting	1	2
235	TLG 080-9	Grease Gun Adaptor	N/A	N/A
240	TG-DLS-56-K-400T-SS	Track Group	1	2
250	TCA 81156-9	Track Link Assembly	1	2
260	TBG 014400-58-0	Track Shoe (400mm Wide Triple Grouser)	56	112
270	TSB 02250-3	Track Shoe Bolt -Torque to 358 Nm (264 lbs/ft)	224	448
280	TSN 014-1	Track Shoe Nut	224	448
290	TRL 811-DL-XXXX-D	Track Repair Link Kit	N/A	N/A
300	MPG 811-DL-XXXX-D	Master Pin and Collars	1	2

ANEXO D.
REPUESTOS TIPO B Y C

REPUESTOS						
DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	UNIDAD	CLASIFICACIÓN		
				RESPONSABILIDAD	APROVISIONAMIENTO	NECESIDAD
Aceite lubricante	ISO 150	PETROBRAS	gl	C	LI	B
Aceite hidráulico	ISO 32	PETROBRAS	gl	C	LI	B
Grasa Multipropósito	EP2 Base Litio	PETROBRAS	gr	C	LI	B
Grasa	NLGI 000	TOTAL	gr	C	LI	B
Refrigerante	ECL	CAT	gl	C	LI	B
Caucho Triple Dureza	4 in x 3/4	NA	mm	C	LI	B
Guardilla	6 in x 3/8	NA	mm	C	LI	B
Filtro Succión Hidráulico	01-15-3210	TESAB	und	C	IM	B
Filtro Retorno Hidráulico	01-15-1326	TESAB	und	C	IM	B
Vacuometro de Saturación	8N-2694	CAT	und	E	LI	B
Paro de Emergencia	60-65-1166	TESAB	und	E	LI	B
Control de Desplazamiento			und	E	IM	C
Sensor de Temperatura			und	E	IM	B
Sensor de Nivel			und	E	IM	B
Indicador de Presión	02-01-0019-P Clock	TESAB	und	E	LI	B
Indicador de Temperatura	02-01-0019- T Clock	TESAB	und	E	LI	B
inyector			und	R	LI	B
Radiador Motor	BEC	CAT	und	D	IM	B
Radiador Unidad Hidráulica	01-96-1624BC	TESAB	und	D	IM	C
Ventilador	01-97-8949	TESAB	und	M	IM	C
Chumacera	SY 206	KLM	und	D	LI	C
Chumacera	SY 210	KLM	und	D	LI	C
Chumacera	SNL 517	KLM	und	D	LI	B
Rodamiento	22330-C3	-----	und	D	LI	B
Rodamiento	22115 EK	-----	und	D	LI	B

REPUESTOS

DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	UNIDAD	CLASIFICACIÓN		
				RESPONSABILIDAD	APROVISIONAMIENTO	NECESIDAD
Acople HRC	HRC 230	TESAB	und	M	IM / LI	B
Acople HRC	HRC 180	TESAB	und	M	IM / LI	B
Acople HRC	HRC 150	TESAB	und	M	IM / LI	B
Tapper Lock	3320	-----	und	M	LI	C
Tapper Lock	2212	-----	und	M	LI	C
Tapper Lock	2517	-----	und	M	LI	C
Tapper Lock	3320	-----	und	M	LI	C
Motor de Arranque	207-1556	CAT	und	M	LI	B
Alternador	177-9953 80A	CAT	und	M	LI	B
Batería	4D 12V 1400 A	-----	und	E	LI	B
Turbo	247-2965	CAT	und	M	LI	C
Reductor Orugas	FDM782-WA194DB	STRICKLAND	und	M	IM	C
Engranaje Alimentador			und	M	IM / LF	B
Bomba de Aceite			und	M	LI	B
Bomba de Agua			und	M	LI	B
Bomba de Alimentación			und	M	LI	B
Bomba de inyección			und	M	LI	B
Válvula Alivio	01-10-009002	TESAB	und	R	IM	B
Válvula Reguladora de Flujo	01-10-009008	TESAB	und	R	IM / LI	B
Válvula Reguladora de Flujo Webtec	01-10-0200	TESAB	und	R	IM / LI	B
Banco de válvulas de control 3	01-11-SD11/3	TESAB	und	R	IM	B
Banco de válvulas de control 4	01-11-SD11/4	TESAB	und	R	IM	B
Válvula de Control	01-11-SD14/1	TESAB	und	R	IM	B
Cilindro Hidráulico Lat. Tolva	01-80-0008	TESAB	und	S	IM	C
Cilindro Hidráulico Trasero Tolva	01-80-0010	TESAB	und	S	IM	C
Cilindro Hidráulico Apertura Molino	01-80-0018	TESAB	und	S	IM	C
Cilindro Hidráulico Ajuste Molino	01-80-7014	TESAB	und	S	IM	C

REPUESTOS

DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA	UNIDAD	CLASIFICACIÓN		
				RESPONSABILIDAD	APROVISIONAMIENTO	NECESIDAD
Cilindro Hidráulico Despliegue TP	01-80-0007	TESAB	und	S	IM	C
Electroválvula Orugas			und	R	IM	C
Cinta Transportador Lateral	26in /3L/ 5 x 1,5 mm	NA	mm	C	LF	B
Cinta Transportador Principal	40in/ 4L/ 8 x 2 mm	NA	mm	C	LF	B
Rodillera de Carga	06-03-004020	TESAB	und	D	LF	C
Rodillera de Carga TP	06-25-0007	TESAB	und	D	LF	C
Rodillera de Retorno TL	06-15-5020	TESAB	und	D	LF	C
Rodillera de Retorno TP	06-15-3043	TESAB	und	D	LF	C
Rodillera Guía	06-18-0130	TESAB	und	D	LF	C
Resorte	65-10-0004	TESAB	und	S	IM	B
Correas Trasmisión	SPC 8500	TESAB	und	M	IM / LI	B
Correa Alternador	7M-7477	CAT	und	M	LI	B
Limpiador Primario	06-65-70024	TESAB	und	D	LF	C
Limpiador Secundario	-----	-----	und	D	LF	C
Rodillo inferior	LGR000SC40A-A	STRICKLAND	und	M	IM	C
Link	TRL811-DL-XXXX-D	STRICKLAND	und	M	IM	C

*La sigla NA hace referencia a producto nacional

*La acotación "-----" indica que no aplica ninguna referencia o marca para dicho repuesto

ANEXO E.
PLANO HIDRÁULICO

(Ver CD)

ANEXO F.
MATRIZ DE RIESGOS

(Ver CD)

ANEXO G. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

El éxito de una buena implementación depende en gran parte de la capacidad técnica y compromiso del personal designado para ejecutar las actividades propuestas; es un trabajo en conjunto en donde la sinergia de los involucrados facilitara el desarrollo oportuno y eficaz del plan de mantenimiento.

Dicho lo anterior, la primera fase de la implementación estará enfocada en capacitar al personal sobre el propósito e importancia de llevar a cabo una adecuada gestión mantenimiento, en este punto se pretende generar una cultura de cambio dentro de la organización evaluando su adaptabilidad y compromiso con el mejoramiento continuo.

De igual modo y siguiendo con el plan de formación y capacitación se debe empezar en primer lugar con socializar el sistema de codificación y clasificación definido para los sistemas y subsistemas, en este punto se debe realizar énfasis en que el personal identifica claramente la trituradora y tenga claro el alcance de esta clasificación. Si bien es cierto que la adopción de códigos no será fácil, es importante reiterar una y otra vez su interpretación y lectura.

En segunda instancia y quizás uno de los más importantes aspectos, es la formación sobre los posibles modos de falla y sus causas en este punto el operador deberá aprender a identificar cada uno de ellos para que pueda tomar acciones correctivas frente a los efectos presentados durante la operación, esto facilitara en gran parte la prevención de fallas.

Para terminar, se deberá capacitar al personal sobre el correcto uso e implementación de cada uno de los formatos establecidos, su lectura e interpretación, la importancia que tienen sobre la gestión de mantenimiento en función de mejorar el control y registro de intervenciones. En ese momento cada una de las personas involucradas estará en la capacidad de completar cada uno de los requerimientos de los formatos como: condigo de falla, tipo de intervención, sistema involucrado, entre otros.

Es importante que durante esta fase sean evaluadas las capacitaciones con el fin de garantizar el aprendizaje, así como también se recomienda el uso de medios audiovisuales y prácticos.

La segunda fase de la implementación está enfocada directamente en la ejecución, control y registro de las actividades propuestas, es en este punto en donde se empieza a consolidar el plan de mantenimiento

Para empezar, se deberá realizar un entrenamiento y acompañamiento al personal sobre la interpretación y ejecución de la ruta de mantenimiento y ruta de lubricación,

en lo posible se recomienda llevar a la práctica cada una de las intervenciones, en donde se aclaren los aspectos a tener en cuenta, el orden de los procedimientos y demás observaciones. De igual modo, es importante que durante este punto se enfatice en los aspectos e impactos ambientales que se generan de la ejecución de cada una de las rutas, al igual que los riesgos y peligros a los que está sometido el personal.

Teniendo claro los aspectos mencionados hasta este punto se puede dar inicio a la implementación de lo propuesto, sin embargo, es importante aclarar que para llevar acabo cualquier tarea de mantenimiento se debe cumplir con el siguiente procedimiento;

Se debe diligenciar una solicitud de trabajo con todos sus requerimientos, posteriormente se debe planear la orden de trabajo, es importante analizar las condiciones de seguridad y ambientales mencionadas en el capítulo 8 y 9 respectivamente, ejecutada la orden de trabajo de debe registrar toda la información en la hoja de vida de la máquina. Es aquí donde la base de datos toma importancia para llevar un adecuado control y registro de cada una de las eventualidades.

Simultáneamente con la implementación de la primera y segunda fase se sugiere que se vaya realizando la adquisición del stock sugerido, en donde es importante tener claro el tiempo de entrega, el modo de aprovisionamiento, entre otras, esto permitirá que cuando el plan se esté llevando acabo no se tengan imprevistos y eventualidades que no permitan cumplir con lo propuesto, igualmente se propone realizar una auditoría a lo largo de la implementación del plan para evaluar si los repuestos sugeridos están cumpliendo con el propósito.

Por último y con el fin de evaluar el desempeño de lo propuesto se deben calcular los indicadores de gestión universal, para esto se requiere por lo menos un mínimo de tres meses a partir de la ejecución del plan, ya que se requieren datos confiables y un adecuado control y registro de cada una de las intervenciones. Sin embargo, con la intención de evaluar el cumplimiento y progreso de la implementación del plan, se proponen los siguientes índices;

- Índice de Cumplimiento: Por medio de este índice se evaluará el cumplimiento de las solicitudes de trabajo generadas a través de la ejecución de órdenes de trabajo.

$$\text{Índice de Cumplimiento} = \frac{\text{Nº de Solicitudes de Trabajo Generadas}}{\text{Nº de Ordenes de Trabajo ejecutadas}} \times 100\%$$

- Índice de progreso: se evaluará el porcentaje de órdenes de trabajo preventivas y correctivas ejecutadas durante la implementación del plan con el fin de evaluar

si se está cumpliendo con el objetivo principal de reducir los mantenimientos correctivos.

$$\text{Indice de progreso} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Ordenes de trabajo preventivas}}{\text{N}^\circ \text{ Ordenes de Trabajo Totales}} \times 100\%$$

Es importante que el personal designado para garantizar la implementación del plan de mantenimiento establezca y proyecte los tiempos para cada fase, deberá tener en cuenta los recursos técnicos, tecnológicos y económicos. A continuación, se plantea un cronograma con tiempos sugeridos para cada fase utilizando la herramienta Microsoft Project, el cual servirá como guía e instructivo para la implementación.

