

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA UNA MÁQUINA
PILOTEADORA CMV TH 15/50 DE LA EMPRESA DISEPIL S.A.S.**

CHRISTIAN ALEJANDRO DIAZ JIMÉNEZ

Proyecto integral de grado para optar al título de ingeniero mecánico

Orientador
Edgar Chala Bustamante
Ingeniero Mecánico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2.020

Nota de Aceptación:

Nombre
Firma del director

Nombre
Firma del presidente de jurado

Nombre
Firma del presidente de jurado

Nombre
Firma del presidente de jurado

Bogotá D.C., noviembre del 2020

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector administrativo y financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Decano Facultad de Ingenierías

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director de programa Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado en primera instancia a Dios, por ser el creador de todo, a mi padre, Pedro Diaz, por la confianza y amor depositado en mí, impulsándome siempre a ser mejor, además del constante deseo de verme realizado como ingeniero, a mi madre, Luz Elena Jiménez, por ser el pilar fundamental en mi vida, la persona más importante en mi crecimiento personal, por su cariño, comprensión y su apoyo permanente en mi vida, a mi hija Luciana por ser el impulso, motivación y fuente de inspiración para seguir creciendo día a día como padre, profesional y como ser humano, a mi esposa por permanecer siempre a mi lado, brindándome su apoyo incondicional y motivándome siempre para alcanzar mis metas.

Finalmente está dedicado a todas las personas que me apoyaron en el transcurso de mi carrera profesional como ingeniero y hasta el día de hoy.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco personalmente al ingeniero Edgar Chala, por su gran apoyo en el desarrollo del proyecto de grado con el que culmine mi pregrado satisfactoriamente, a la empresa Diseños y pilotajes Disepil S.A.S., por permitirme crecer como profesional y brindarme las herramientas necesarias para desarrollar este plan de mantenimiento.

TABLA DE CONTENIDO

| | pág. |
|--|------|
| RESUMEN | 12 |
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| 1.DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA | 17 |
| 1.1 Generalidades y origen | 17 |
| 1.2 Misión y visión | 18 |
| 1.3 Objetivos empresariales y organigrama | 18 |
| 2. CONTEXTO OPERACIONAL | 20 |
| 2.1 Pilote pre excavado tipo Kelly | 20 |
| 3. DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA MAQUINA Y DEL MANTENIMIENTO QUE SE LE APLICA | 21 |
| 3.1 Características principales | 22 |
| 3.2 Situación actual del mantenimiento de la empresa | 23 |
| 3.2.1 Gestión actual de repuestos y compras | 25 |
| 3.3 Documentación actual | 26 |
| 3.4 Diagnostico | 27 |
| 3.4.1 Sistemas y sub sistemas | 29 |
| 4. CLASIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN | 55 |
| 4.1 Niveles de codificación | 55 |
| 4.2 Codificación | 58 |
| 5. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO A UTILIZAR | 63 |
| 5.1 Análisis de criticidad | 64 |
| 5.1.1 AMEF para los sistemas de la maquina piloteadora | 64 |
| 5.1.2 Codificación de fallas para la maquina | 68 |
| 5.1.3 Número prioritario de riesgo | 72 |
| 6. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO | 80 |
| 6.1 Gestión de la información | 80 |
| 6.1.1 Ficha técnica | 80 |
| 6.1.2 Solicitud de servicio | 82 |
| 6.1.3 Orden de servicio | 82 |
| 6.1.4 Hoja de vida | 83 |
| 6.2 Tareas de mantenimiento | 85 |

| | |
|---|-----|
| 6.2.1 Tarea de inspección | 86 |
| 6.2.2 Tarea de ajuste y limpieza | 86 |
| 6.2.3 Tareas de lubricación | 86 |
| 6.3 Rutas de mantenimiento | 86 |
| 6.4 Ruta de lubricación | 97 |
| 7. ANÁLISIS DE REPUESTOS | 98 |
| 7.1 Criterios para la selección de repuestos | 98 |
| 7.2 Clasificación de repuestos para stock | 99 |
| 7.3 Establecimiento del stock | 101 |
| 8. INDICADORES | 104 |
| 8.1 Cálculo de indicadores | 104 |
| 8.1.1 Confiabilidad | 104 |
| 8.1.2 Mantenibilidad | 105 |
| 8.1.3 Disponibilidad | 106 |
| 8.2 Análisis de resultados | 106 |
| 9. IMPACTO AMBIENTAL | 108 |
| 9.1 Análisis del impacto ambiental del mantenimiento preventivo | 110 |
| 9.2 Seguridad y salud en el trabajo | 114 |
| 9.2.1 Normas o reglas para la intervención de mantenimiento | 115 |
| 10. EVALUACIÓN FINANCIERA | 119 |
| 10.1 Inversión inicial | 119 |
| 10.2 Costo de ejecución | 120 |
| 10.3 Costos por no disponibilidad | 121 |
| 11. CONCLUSIONES | 126 |
| 12. RECOMENDACIONES | 127 |
| BIBLIOGRAFÍA | 128 |
| ANEXOS | |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Logo DISEPIL S.A.S | 17 |
| Figura 2. Organigrama Disepil S.A.S. | 19 |
| Figura 3. Secuencia de construcción pilotes kelly. | 20 |
| Figura 4. Piloteadora CMV TH 15/50 | 21 |
| Figura 5. Sistemas piloteadora CMV TH 15/50 | 28 |
| Figura 6. Bancos distribuidores hidráulicos | 34 |
| Figura 7. Servicios panel de motor Diesel | 35 |
| Figura 8. Servicios panel de medidores de presión | 36 |
| Figura 9. Servicios panel de indicadores | 37 |
| Figura 10. Servicios mando del cabestrante principal | 37 |
| Figura 11. Servicios mando giro torreta | 38 |
| Figura 12. Servicios mandos mástil | 38 |
| Figura 13. Servicios mandos pantógrafo | 39 |
| Figura 14. Servicios panel de servicios | 39 |
| Figura 15. Servicios panel de orugas | 40 |
| Figura 16. Panel eléctrico | 40 |
| Figura 17. Oruga piloteadora CMV TH 15/50 | 42 |
| Figura 18. Rotaria piloteadora CMV TH 15/50 | 43 |
| Figura 19. Pull-Down | 44 |
| Figura 20. Extensión del mástil | 45 |
| Figura 21. Mástil y bloque de poleas | 45 |
| Figura 22. Mástil armado | 46 |
| Figura 23. Pantógrafo | 47 |
| Figura 24. Cable 6X19 AA | 48 |
| Figura 25. Bloque de poleas | 49 |
| Figura 26. Extremos barra Kelly | 50 |
| Figura 27. Guía barra Kelly | 51 |
| Figura 28. Barrenos para arcilla | 52 |
| Figura 29. Barrenos para roca | 52 |
| Figura 30. Unión giratoria (rata) | 53 |
| Figura 31. Niveles de clasificación | 55 |
| Figura 32. Comportamiento de perdidas | 65 |

| | pág. |
|--|------|
| Figura 33. Sistema de codificación de fallas | 68 |
| Figura 34. Ficha técnica | 81 |
| Figura 35. Formato solicitud de servicio | 82 |
| Figura 36. Formato orden de servicio | 83 |
| Figura 37. Formato hoja de vida | 84 |
| Figura 38. Puntos de mantenimiento | 87 |
| Figura 39. Puntos de engrase | 96 |
| Figura 40. Proceso stock de repuestos | 102 |
| Figura 41. Botas de seguridad | 115 |
| Figura 42. Casco de seguridad | 116 |
| Figura 43. Protector auditivo | 116 |
| Figura 44. Gafas de seguridad | 117 |
| Figura 45. Respirador con protección | 117 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Diagnostico general en sistemas de la piloteadora | 34 |
| Tabla 2. Clasificación piloteadora CMV TH 15/50. | 61 |
| Tabla 3. Codificación de componentes piloteadora CMV TH 15/50. | 64 |
| Tabla 4. AMEF sistemas piloteadora CMV TH 15/50. | 71 |
| Tabla 5. Codificación de fallas piloteadora CMV TH 15/50. | 74 |
| Tabla 6. Grado de severidad | 79 |
| Tabla 7. Ocurrencia de falla | 79 |
| Tabla 8. Detección de fallas | 80 |
| Tabla 9. Numero prioritario de riesgo | 81 |
| Tabla 10. Criticidad de sistemas | 84 |
| Tabla 11. Frecuencias para actividades de mantenimiento | 90 |
| Tabla 12. Rutas de mantenimiento | 93 |
| Tabla 13. Ruta de lubricación | 103 |
| Tabla 14. Clasificación de repuestos | 107 |
| Tabla 15. Stock de repuestos | 109 |
| Tabla 16. Indicadores de gestión | 112 |
| Tabla 17. Identificación de actividades de riesgo | 115 |
| Tabla 18. Calificación de impacto ambiental | 117 |
| Tabla 19. Calificación de frecuencia y alcance | 118 |
| Tabla 20. Matriz de análisis impacto ambiental | 118 |
| Tabla 21. Plan de mitigación | 120 |
| Tabla 22. Costo de inversión inicial | 125 |
| Tabla 23. Costo hora hombre | 126 |
| Tabla 24. Costo anual del personal | 127 |
| Tabla 25. Costo de rutas | 127 |
| Tabla 26. Costo total del plan de mantenimiento | 127 |
| Tabla 27. Cotización de pilotaje | 128 |
| Tabla 28 Costo operación diario máquina | 129 |
| Tabla 29 Escenario actual | 129 |
| Tabla 30 Escenario con plan de mantenimiento | 130 |
| Tabla 31 Variación incremental del proyecto | 130 |
| Tabla 32 Flujo de caja e indicadores de viabilidad | 131 |

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

RESUMEN

El principal objetivo de este proyecto es elaborar un plan de mantenimiento para una máquina piloteadora CMV TH 15/50 de la empresa DISEPIL S.A.S. con este se busca obtener la mayor disponibilidad de los equipos, reducir al máximo las fallas recurrentes, mejorar el rendimiento en obra, evitar tiempos muertos por paradas no programadas, evitar sobre costos y aumentar la rentabilidad en los proyectos donde se use la piloteadora CMV TH 15/50.

Para el desarrollo y alcance de este objetivo, se realizó en primera medida una aproximación a la empresa, con el fin de conocer aspectos generales de esta, su actividad económica, misión, visión, el contexto operacional de la piloteadora y un estudio de la situación actual del mantenimiento, fase vital para determinar el rumbo del proyecto.

Posteriormente se realiza el diagnóstico del estado actual de la piloteadora y del mantenimiento que se le aplica, donde evaluaremos las medidas implementadas actualmente por la empresa para el control y funcionamiento de la máquina, finalizando con la clasificación de los sistemas, subsistemas, elementos componentes y su codificación.

Para la determinación del plan de mantenimiento a utilizar, se elabora un análisis de criticidad de los sistemas, en el cual se utilizan los métodos AMEF y NPR que nos permitirán determinar las actividades de mantenimiento necesarias.

Habiendo definido el tipo de mantenimiento a utilizar, se procede a la elaboración del plan de mantenimiento, específicamente a la creación de una ruta de mantenimiento donde se contemplan actividades de inspección, lubricación, ajuste y limpieza con base a la frecuencia con que deben ser realizadas; adicionalmente se elabora una ruta de lubricación que guía sobre la ubicación, cantidad y tipo de lubricantes que se requieren para controlar la pérdida de piezas por desgaste y recalentamiento.

Se realiza un análisis de repuestos donde según la clasificación de los mismos se plasma en una tabla los repuestos mínimos necesarios para que en caso de una avería la respuesta y solución se pueda dar de la manera más rápida posible, aumentando el tiempo medio entre fallas y reparaciones.

Seguido se plantea el análisis de indicadores de gestión, como mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad que permiten medir la gestión del mantenimiento y mejorando las actividades establecidas.

Finalmente se evaluaron los aspectos ambientales, planteando medidas de mitigación y control para la correcta regulación de actividades, junto al análisis financiero que permite señalar el costo de planeación, implementación y ejecución.

PALABRAS CLAVE: elaboración, piloteadora, plan de mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

El presente plan de mantenimiento se elaboró para la máquina piloteadora CMV TH 15/50 de la empresa DISEPIL S.A.S., empresa colombiana ubicada en la ciudad de Bogotá D.C con más de 25 años de experiencia en el sector de la construcción, con énfasis en la construcción de pilotes y cimentaciones profundas; con el fin de aumentar la disponibilidad y confiabilidad de la piloteadora, mejorar las condiciones operativas, evitar sobre costos, aumentar la rentabilidad en los proyectos y aportar al crecimiento de la empresa.

La elaboración del proyecto se establece con el deseo de dar solución al problema que se origina, en las paradas no programadas de los equipos, siendo esto congruente a no tener un plan de mantenimiento establecido, por lo que se generan tiempos muertos, sobrecostos, bajo rendimiento, etc.

El *objetivo* principal es “Elaborar un plan de mantenimiento para una máquina piloteadora CMV TH 15/50 de la empresa DISEPIL S.A.S.”, para el alcance de este objetivo se deben cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar el estado actual de la máquina y del mantenimiento que se le aplica.
- Determinar el tipo de mantenimiento a utilizar.
- Elaborar el plan de mantenimiento seleccionado.
- Elaborar la evaluación ambiental y financiera.

El *alcance* del *proyecto* será basado en la elaboración de un plan de mantenimiento para una máquina piloteadora CMV TH 15/50 de la empresa DISEPIL S.A.S., ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. que incluya: sistema hidráulico, sistema de generación, sistema eléctrico, cuidado de la estructura, uso de consumibles, mantenimiento general, y recomendaciones de operación.

Sera un plan de mantenimiento basado en las necesidades de disponibilidad y de producción de la empresa; no se contemplará rediseño de componentes o elementos,

tampoco se tendrán en cuenta variables dentro del proceso de pilotaje como estratigrafía, estudios de suelos, diámetros o longitudes de perforación, ni como estas afectan el rendimiento o desgaste de las piezas. Se tendrán en cuenta los accesorios de la máquina como barra Kelly, baldes, brocas o similares. Esto como *limitaciones* para el desarrollo del proyecto.

La metodología utilizada en la elaboración del proyecto estará direccionada al cumplimiento sucesivo de los objetivos planteados; primero haciendo un diagnóstico del estado actual de la máquina y del mantenimiento que se le aplica. Para esto se caracterizará la empresa y el tipo de actividad económica a la que se dedica; se describirá el proceso constructivo del tipo de pilote para el que se usa la máquina, se examinará la administración del mantenimiento dentro de la empresa y la forma en que se gestionan los repuestos, el almacén y la documentación existente, se describirá con detalle la máquina, clasificando sus sistemas, sub sistemas y accesorios que la integran en su totalidad.

La siguiente etapa corresponde a la evaluación del tipo de mantenimiento a utilizar, donde se establecerá un sistema de codificación para los sistemas que componen la máquina, se realizará un análisis de criticidad de los sistemas, a través del método de número prioritario de riesgo, se realizará un análisis pormenorizado de las fallas y modos de falla que a menudo afectan la piloteadora contemplando los costos asociados, se llevará a cabo un análisis de los diferentes tipos de mantenimiento vigentes, extrayendo las ideas que más se adapten a las necesidades de la empresa, para seleccionar el modelo de mantenimiento adecuado.

Subsecuente se elaborará el plan de mantenimiento seleccionado al procesar la información recolectada en la etapa anterior. Primero materializando los formatos necesarios para la gestión de la información como son: ficha técnica, solicitud de servicio, orden de servicio, hoja de vida. Posteriormente, se determinarán las tareas de inspección, lubricación, ajuste y limpieza, así como las rutas de mantenimiento, ruta de lubricación y carta de lubricación. Proseguirá un estudio de la administración del mantenimiento correctivo, diagnóstico y análisis de averías, se realizará una distinción de la gestión de repuestos, teniendo en cuenta la clasificación y selección

de repuestos, se llevará a cabo la evaluación de los indicadores de gestión más utilizados en mantenimiento.

Complementando este plan de mantenimiento, se realizará el análisis del impacto ambiental y evaluación financiera que determinaran la viabilidad de la aplicación de este proyecto.

La elaboración de este plan de mantenimiento será de uso exclusivo de la piloteadora CMV TH 15/50 y será base fundamental en la creación de futuros planes de mantenimiento para otras Piloteadoras y equipos de perforación propiedad de la empresa.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

DISEPIL S.A.S. es una empresa con más de 25 años de experiencia, con trayectoria en el sector de la construcción haciendo énfasis en soluciones de cimentación y reforzamiento estructural.

Imagen 1.

Logo DISEPIL S.A.S.



Nota. La figura muestra el logo y nombre de la empresa DISEPIL S.A.S. Tomado de: página web diseños pilotajes Disepil S.A.S. 2018. <http://disepil.co/>

1.1 Generalidades y origen

Diseños y pilotajes Disepil S.A.S. fue fundada por el arquitecto Pedro Antonio Díaz Ramos en el año de 1992 en la ciudad de Bogotá D.C., quien inicialmente incursionó en el campo de la cimentación con la firma de su padre, el señor Pedro Enrique Díaz Martínez (Submuraciones y pilotajes).

La empresa comienza como una firma prestadora de servicios de pilotaje en las modalidades de pilote hincado y pilote pre-excavado de tipo manual.

En el año 2001 su razón social se convierte en E.U y en 2005 con la visión de seguir creciendo se convierte en Diseños y pilotajes Disepil S.A.S. que hasta la fecha conserva su nombre.

En la actualidad DISEPIL S.A.S. cuenta con nuevos y mejores equipos en respuesta a la demanda presentada por nuevos clientes, ofreciendo soluciones de cimentación como pilotes pre excavados, tipo Kelly, hélice continua, micro pilotes, pilotes prefabricados hincados, caisson, pantallas pre excavadas y barretes, pilotes vibrados, anclajes, drenes, reforzamiento estructural y nivelación de estructuras; contratando con grandes y reconocidos clientes como CONSTRUCTORA COLPATRIA, CONINSA RAMON H, CONSTRUCTORA LAS GALIAS, COMPENSAR EPS, IC CONSTRUCCIONES, etc.

1.2 Misión y visión

«Poner al servicio de nuestros clientes todos los recursos para responder a sus necesidades y contribuir al desarrollo e innovación de la construcción y mejoramiento de la infraestructura de la misma.

Ser una empresa con un reconocimiento dentro de la actividad de la construcción nacional, la que ha desarrollado unos parámetros propios en el marco de la eficacia y la eficiencia; perfilándose cada día como una organización poseedora de herramientas modernas en función de la construcción». [1]

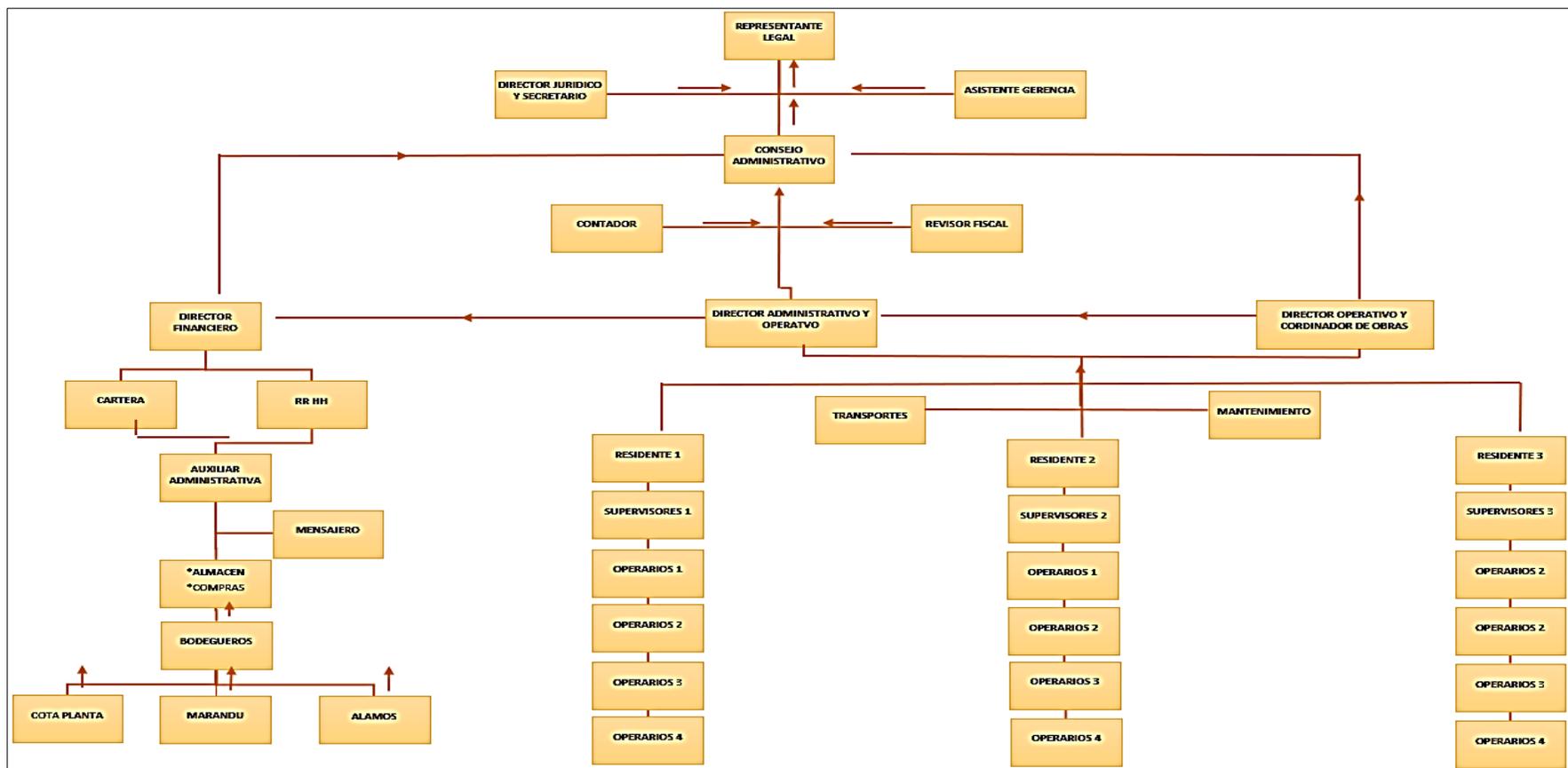
1.3 Objetivos empresariales y organigrama

“DISEÑOS Y PILOTAJES DISEPIL S.A.S, se compromete con sus clientes a garantizar la excelencia y satisfacción en los servicios que preste, bajo un estricto control de calidad, puntualidad, respeto y seguridad, generando dentro de sus colaboradores una cultura orientada al mejoramiento continuo de sus procesos.”

Según la figura 2, podemos observar que en DISEPIL S.A.S. no existe un área o departamento destinada al mantenimiento, vemos una organización destinada netamente a la producción, donde el mantenimiento se enfoca a acciones correctivas o actividades preventivas programadas por los residentes de obra y operadores.

Figura 2.

Organigrama DISEPIL S.A.S.



Nota. En la ilustración anterior se muestra la organización interna de la empresa DISEPIL S.A.S, este cuadro es elaboración propia y se desarrolló con información suministrada por la empresa.

2. CONTEXTO OPERACIONAL

En este capítulo se hace una introducción al concepto de pilote y tipo de pilote en específico que tiene como finalidad la máquina piloteadora CMV TH 15/50. Esto con el fin de entender la importancia que abarca mantener la piloteadora en óptimas condiciones que permitan el desarrollo de la obra civil, como realizadora de la cimentación.

2.1 Pilote pre-excavado tipo Kelly

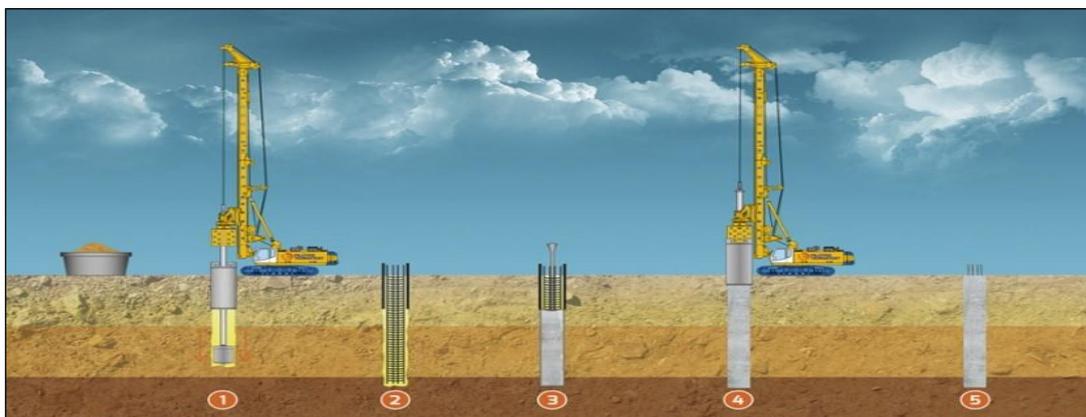
La especialidad de la piloteadora CMV TH 15/50 es la ejecución de cimentaciones a través de este tipo de pilotes.

Los pilotes tipo Kelly se utilizan para realizar pilotes perforados parcialmente revestidos, sin revestimiento o con el apoyo de lechada. El suelo se excava gracias al uso de una herramienta de perforación que se monta en la punta de una barra telescópica Kelly y el hormigonado se realiza a través de concreto descargado por medio de tubería tipo tremie.

El procedimiento de fabricación de este tipo de pilotes se muestra en la siguiente ilustración.

Figura 3.

Secuencia de construcción de pilotes tipo Kelly.



Nota. La ilustración describe de manera gráfica el proceso de construcción de los pilotes tipo Kelly. Tomado de: Cimentaciones profundas <http://ilmsur.com/cimentaciones-profundas/>

3. DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA MÁQUINA Y DEL MANTENIMIENTO QUE SE LE APLICA

La piloteadora CMV TH 15/50 modelo 1998, es una perforadora hidráulica especializada para la ejecución de pilotes tipo Kelly. Se compone de una unidad base de diseño CMV autopropulsada sobre orugas y un módulo de perforación de mesa giratoria convertible a sistema CFA por sus siglas en inglés (continuous flight auger) hélice de vuelo continuo y adaptable a equipo para excavación de muros pantalla, también puede manejar un equipo oscilador de carcacas recuperables sin depender de un equipo de potencia adicional, lo que la convierte en una máquina multipropósito.

Figura 4.

Piloteadora CMV TH 15/50



Nota. esta muestra la piloteadora para la cual se elabora el plan de mantenimiento.

3.1 Características principales

Auto erigida. La CMV TH 15/50 es una máquina auto erigida, lo que significa que esta lista para operar sin el soporte de una grúa.

Orugas extensibles. posee una base de tracción retráctil para facilitar su transporte, con un ancho mínimo de 2700 mm y máximo de 4100 mm que incrementan la estabilidad de la base de perforación. La TH 15/50 está dotada con contrapeso desmontable.

Estructura de alta resistencia a la tracción. La unidad fue manufacturada con un acero especial electrosoldado y diseñado para soportar altas tensiones de trabajo, con una longitud de 4660 mm, altura de transporte de 3313 mm y operativa de 24250 mm. Peso total operativa de 50 Ton.

Rendimiento de torque progresivo. La mesa giratoria hidráulica de la TH 15/50 desarrolla 15100 Kgm, torque suficiente para perforar incluso formaciones de roca muy duras; también puede alcanzar diámetros de excavación de hasta 2200 mm. de diámetro y una alta profundidad de perforación de hasta 54 metros con la ayuda de una barra telescópica Kelly para trabajo pesado de fricción y tipo bloqueable, hecha con acero especial reforzado y guías y juntas terminales con aleaciones especiales. La barra Kelly está hecha con 4 fundas de 14 metros de largo cada una y complementada con amortiguador de goma con bridas de acero cuadrado de 200 mm.

Maniobrabilidad. La TH 15/50 auto erigida puede ser fácilmente operada ya que cuenta con un sistema de pantógrafo que permite realizar los movimientos de elevación del mástil, brinda una inclinación de mástil (+/- 3° lateral) (-3° +15° frontales) que garantiza perfecta verticalidad en la perforación.

Está equipada con dos cabestrantes, uno principal con capacidad de 16 Ton y un auxiliar con capacidad de 7,5 Ton.

3.2 Situación actual del mantenimiento en la empresa

Durante los primeros años de la empresa, cuando se ejecutaban pilotes de forma manual o hincados con bombas hidráulicas de poco tamaño, el mantenimiento era un factor despreciable, pues para el buen funcionamiento de los equipos no era necesario tener un gran conocimiento en mecánica y los repuestos eran de fácil cambio.

En el año 2005 con la intención de aumentar la prestación de servicios, DISEPIL S.A.S. adquiere equipos y maquinaria tanto nueva como de segunda mano; su portafolio creció, así como el número de obras que debían ejecutarse sin contratiempos; sin embargo, el mantenimiento de estos equipos se basó simplemente en el manejo de consumibles como aceites, filtros o cambio de piezas por desgaste y a la realización de actividades correctivas cuando se presentaran fallas funcionales que terminaban en detenciones no programadas.

Es hasta hoy en día que el mantenimiento ha tomado un papel crucial en el objetivo de ofrecer mejores condiciones operativas, mejor servicio, aumentar el rendimiento e incrementar la rentabilidad; por esto, se ha empezado a ubicar manuales, catálogos y a la elaboración de documentación técnica, sin embargo, los recursos técnicos, tecnológicos y humanos siguen siendo limitados.

En la empresa el talento humano es restringido a las acciones del coordinador de mantenimiento, operador y del ingeniero residente que se encuentre a cargo del equipo durante determinado proyecto y su metodología es solucionar fallas funcionales a las que no se les ha hecho un seguimiento previo, convirtiéndolas en urgencias.

Existen varios involucrados en las tareas o requerimientos de mantenimiento que surgen a medida que se ejecutan los procesos de la empresa, desde el operador quien tiene el primer contacto con el equipo hasta el gerente general.

- Ayudantes de pilotaje:

Aparte de sus funciones convencionales en pilotaje, brindan apoyo en las actividades básicas de mantenimiento.

- Operador:

Cuenta con conocimientos básicos de mecánica general, y en ocasiones de soldadura, y oxicorte. Está encargado del funcionamiento general de la piloteadora, y de tareas básicas de mantenimiento, como verificación de niveles de aceite hidráulico, de transmisión, lubricante, combustible y adición de estos. Realiza tareas de lubricación general, tensión de orugas, ajuste de componentes, cambio de filtros, etc.

Dentro de sus obligaciones esta la realización de inspecciones visuales y auditivas en busca de fallas o desperfectos, en caso de encontrarlas o sucedan, debe reportar al ingeniero residente de obra, informando el tipo de falla y que se necesita para solventarla.

- Almacenista:

Maneja el inventario de repuestos y consumibles en stock, realiza cotizaciones y compras según los requerimientos hechos desde obra o del coordinador de mantenimiento.

- Residente de obra:

Como ingeniero civil, su función principal es coordinar y supervisar las actividades de pilotaje. Para el área de mantenimiento recibe el reporte del operador acerca del fallo, levanta información técnica, solicita en compañía del operador insumos, repuestos y herramientas; informa los sucesos al coordinador de mantenimiento y entre ambos se coordinan las actividades de mantenimiento dentro de la obra.

- Coordinador de obras:

Brinda apoyo logístico dentro de las operaciones de mantenimiento que se realizan en obra y actúa como canal de comunicación entre la operación en campo y el área administrativa de la empresa.

- Coordinador de mantenimiento:

Se encarga de coordinar y ejecutar las labores de mantenimiento reportadas por el coordinador de obras o los residentes de obra, elabora ordenes de servicio para actividades de mantenimiento tercerizado o que requieren atención especial, solicita insumos, repuestos y servicios según la magnitud de la falla o avería, brinda apoyo en el levantamiento de información técnica, actualiza los formatos existentes para la gestión de información.

- Gerente:

Autoriza el desembolso de dinero correspondiente a la compra de nuevos repuestos, importaciones y contratistas

3.2.1 Gestión actual de repuestos y compras

Después de originada y reportada la falla, se evalúa que elementos o recursos son necesarios para remediarla. Si el repuesto, herramienta, material y/o personal idóneo se encuentran en ese momento dentro del proyecto, inmediatamente se realiza la debida reparación. Si el repuesto, herramienta, material y/o personal idóneo se encuentran en bodega, desde el proyecto se genera el requerimiento adecuado, el cual es autorizado por el coordinador de obras y compartido al coordinador de mantenimiento; así es ordenado el transporte. Si, por el contrario, ni en el proyecto ni en bodega se cuenta con los elementos necesarios para remediar la falla, se levanta información acerca del tipo de repuesto o material necesario.

Desde el área de almacén y en cooperación con el coordinador de mantenimiento se realizan por lo menos 3 cotizaciones y se selecciona la más conveniente, si para la corrección del daño se debe pagar un costo mayor a \$ 5'000.000 o se deba realizar alguna importación, el gerente es quien revisa y aprueba una de las cotizaciones.

Una vez es comprado o recibido el repuesto, se envía a obra para que sea instalado por el operador si este es apto para el montaje, de no estar en capacidades se contrata un servicio de instalación externo.

En algunos casos debido a la falta de recursos técnicos y humanos, se vuelve necesaria la contratación de servicios especializados externos como:

- Suministro, mantenimiento, calibración e instalación de componentes hidráulicos. (motores, bombas, válvulas, cilindros, empaquetaduras, mangueras, acoples, etc.)
- Suministro, mantenimiento, reparación e instalación de componentes electrónicos. (electro válvulas, solenoides, PLC's, etc.)
- Suministro, mantenimiento, reparación e instalación de motores Diesel y componentes.
- Suministro, mantenimiento, reparación e instalación de componentes eléctricos. (arranques, alternadores, fusibles, etc.)
- Suministro, mantenimiento, reparación e instalación de componentes mecánicos
- Mecanizado y rectificado de piezas mecánicas.

3.3 Documentación actual

La empresa conserva la declaración de importación Documento primordial en las operaciones de transporte dentro y fuera de la ciudad, se cuenta con un manual en el que se hallan generalidades acerca del transporte, instalación, recomendaciones de seguridad, mantenimiento general y catálogo de partes de recambio. Existían planos hidráulicos, eléctricos, electro hidráulico y de componentes, pero debido a mala manipulación y almacenamiento hoy en día son ilegibles.

Se cuenta con un documento llamado hoja de vida y ficha técnica (ANEXO A), donde se encuentra información correspondiente a una ficha técnica. En la segunda parte

de este formato hay una sección llamada “plan de mantenimiento” donde se consigna información referente a reparaciones, cambio de repuestos y consumibles con una pequeña descripción, la fecha en que se realizó la actividad y quien la realizó.

Este fue elaborado por la coordinadora SST de la empresa, quien no es la persona idónea para elaborar este tipo de documentos, por lo que se encuentran errores dentro de la información que contiene. Existe una tercera parte donde se relacionan los costos de los mantenimientos y reparaciones ejecutadas en determinados proyectos.

Es importante contar con estos formatos, ya que a partir de la información que se encuentra contenida en estos se podrán definir los modos de falla, causas y efectos para el análisis AMEF y así determinar las actividades que se esclarecerán en las diferentes rutas de mantenimiento.

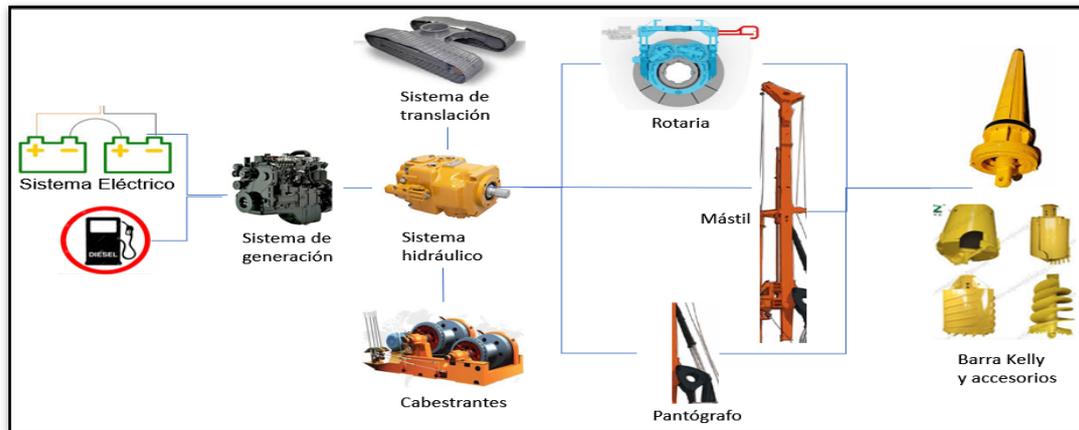
3.4 Diagnostico

En la tabla 1 se resume el estado en que se encuentran y las acciones aplicadas actualmente sobre los sistemas que componen la máquina. Posteriormente se muestra una descripción general de los mismos.

A continuación, se muestran los nueve sistemas que componen la piloteadora.

Figura 5.

Sistemas pilotadora CMV TH 15/50



Nota. Se muestran los sistemas principales que componen la máquina pilotadora.

Tabla 1.

Diagnostico general en sistemas de la pilotadora.

| SISTEMA | ESTADO ACTUAL | ACCIONES APLICADAS |
|--------------------------------|--|--|
| GENERACIÓN Cummin's 6CTA | Operativo con presencia de fugas en el subsistema de lubricación. | -Cambios de aceite y filtros según inspección visual del operador. -Cambio de piezas o mantenimiento cuando estas fallen. |
| ELÉCTRICO | Operativo con desgaste en el cableado y fallas, algunos pulsadores desactivados. | Cambio de piezas y componentes al fallo |
| HIDRÁULICO | Operativo con presencia de fugas en algunas valvulas, bomba principal reparada | -Reposición de aceite hidráulico a medida que disminuya el nivel - Cambio de piezas y componentes al fallo |
| TRASLACIÓN | Operativo con rodillos inferiores faltantes, algunos links fisurados | Cambio de piezas y componentes al fallo |
| ROTARIA | Operativo con filtraciones de aceite hidráulico en el reductor | -Reposición de aceite para transmisión a medida que disminuya el nivel - Cambio de piezas y componentes al fallo |

| SISTEMA | ESTADO ACTUAL | MANTENIMIENTO APLICADO |
|--------------------------|--|--|
| ROTARIA | Operativo con filtraciones de aceite hidráulico en el reductor | -Reposición de aceite para transmisión a medida que disminuya el nivel - Cambio de piezas y componentes al fallo |
| MASTIL | Operativo | -Limpieza -Cambio de piezas y componentes al fallo |
| PANTOGRAFO | Operativo | - Cambio de piezas y componentes al fallo |
| CABESTRANTES | Operativo con desgaste en las canales guías del | -Cambio de cable según desgaste -Cambio de piezas y componentes al fallo |
| BARRA KELLY Y ACCESORIOS | Operativo con desgaste en topes de funda barra Kelly | -Cambio de puntas o dientes según desgaste -Cambio de rodamientos en unión giratoria -Soldadura de revestimiento en topes de fundas de barra Kelly -Cambio de piezas y componentes al fallo |

Nota. Esta tabla muestra los sistemas principales que componen la máquina piloteadora. Resume el estado actual en que se encuentran y el mantenimiento aplicado a cada uno de ellos.

Es importante tener conocimiento acerca del principio de funcionamiento de cada uno de los sistemas que componen la máquina, así como la forma en que se integran para cumplir con el propósito de obtener mejor rendimiento y eficiencia. Por lo anterior si alguno de los sistemas no funciona adecuadamente la piloteadora no estaría en capacidad de realizar excavaciones para pilotes.

3.4.1 Sistemas y subsistemas

3.4.1.a Sistema de generación (motor). La piloteadora CMV TH 15/50 cuenta con un potente motor Cummin´s 6CTA 8,3 que genera 230 HP @ 2200 RPM. Es un motor alimentado por combustible Diesel de 6 cilindros, con aspiración turbo cargada e intercooler, ciclos de operación en 4 tiempos, desplazamiento de 8,3 litros, diámetro de 114 mm, carrera de 135 mm y sistema de inyección directa mecánica con bomba lineal; posee una relación de compresión de 16,5:1 con sentido de rotación horario. Peso total entre 635 – 658 Kg.

Figura 6.

Motor Cummin's 6CTA 8,3



Nota. Vista general motor Cummin's 6CTA 8,3. Tomado de: Unidad de motores Cummin's de los andes.

A continuación, se enlistan los subsistemas del sistema de generación.

- Refrigeración

Su función es mantener la temperatura del motor en un rango normal de funcionamiento entre 70°C - 100°C. Cuenta con una bomba centrífuga accionada por la correa de repartición a través de un patín tensor conectado al eje del impeler, que garantiza la circulación adecuada de fluido refrigerante al bloque del motor con una presión entre 15 – 40 PSI y un caudal de 68 gpm con el motor funcionando a 2000 RPM, posee un termostato que inicia apertura a una temperatura de 81°C y abre totalmente a 95°C, permitiendo el paso del fluido refrigerante al radiador; el fluido refrigerante es filtrado a través de un filtro de agua que recoge partículas de corrosión o contaminantes.

El radiador es refrigerado por un ventilador accionado por el eje principal del motor. La temperatura es controlada a través de un medidor en cabina.

El mantenimiento realizado a este subsistema actualmente, consiste en la verificación de fluido refrigerante antes del inicio de la jornada y la inspección visual de los otros componentes. Se encuentra operativo con abolladuras en el radiador.

- Lubricación.

El aceite lubricante 15W40 es impulsado por una bomba de engranes a una presión entre 10 – 30 PSI y un caudal de 16 gpm. La función del aceite es reducir el desgaste y la temperatura producido por la fricción entre piezas, manteniendo una temperatura a rotación máxima permitida entre 99°C – 126,6°C; el aceite es enfriado y filtrado con el fin de mantenerlo en óptimas condiciones durante el tiempo de uso recomendado.

Este motor cuenta con una válvula reguladora de presión que da apertura a 75 PSI, manteniendo el funcionamiento del sistema bajo condiciones seguras.

El mantenimiento de este subsistema consiste en la inspección visual del nivel y la calidad del aceite antes del inicio de la jornada y el cambio de aceite y filtros se hace aproximadamente cada 3 meses de operación. El resto de los componentes se cambian o reparan al fallo. Actualmente se encuentra operativo.

- Admisión

Cuenta con un sistema turbo alimentado, el cual venia originalmente con un filtro de carcasa integrada, para facilitar el mantenimiento y ahorrar en costos se adaptó la tapa de la carcasa con el fin de cambiar solamente el elemento filtrante.

Para este motor la restricción máxima permisible de admisión en la rotación y cargas máximas (con elemento filtrante sucio) es de 63,5 cm H₂O, la restricción máxima de salida de turbo alimentador en la rotación en la rotación y cargas máximas es de 101,6 cm H₂O.

El mantenimiento de este subsistema consiste en el cambio del filtro de aire en conjunto con el cambio de aceite y filtros, los otros componentes se cambian o reparan al fallo.

Actualmente se encuentra operativo con una adaptación en la carcasa del filtro de aire para facilitar el cambio del mismo,

- Sistema de alimentación.

Combustible de tipo Diesel, alimentado por una bomba de transferencia de tipo pistón, impulsado a través de una bomba lineal de inyección directa que permite que el combustible pase directamente a la cámara de combustión evitando cortes en la línea de suministro. Con el fin de garantizar la pureza del combustible, este pasa a través de dos filtros de combustible; uno principal conectado al motor y otro filtro de sedimentación de combustible (separador de agua), instalado en el chasis.

El mantenimiento actual consiste en la reparación o cambio de piezas al fallo. Se encuentra operativo

- Sistema de arranque y carga

El motor funciona con un sistema de 24V, utilizando dos baterías de 12V y 11 Amp. que activan un arranque relacionado con automático que derivan en un alternador de 90 Amp.

El mantenimiento que se le aplica actualmente a este subsistema consiste en el cambio o reparación de piezas y componentes al fallo. Se encuentra operativo y el alternador reemplazado recientemente.

3.4.1.b Sistema hidráulico. Es uno de los sistemas más importantes y fundamental en el funcionamiento de los otros sistemas como son: motores de traslación en el tren de rodaje, cabestrantes, mesa de giro, pull-down, mástil, giro de torreta y de la piloteadora en general.

Cuenta con un tanque de 175 galones que se carga con aceite hidráulico SAE ISO 68, el cual es suministrado a través de una bomba hidráulica principal Rexroth doble cuerpo de pistones axiales, rotación en sentido horario, potencia de 105 KW, que se encuentra articulada al volante del motor a través de un acople flexible y una bomba piloto FluiDyne.

El aceite es suministrado a cada uno de los sistemas anteriormente mencionados a través de una línea de tuberías aceradas y mangueras hidráulicas en alma de acero con resistencias entre R12 y R15 y variados calibres con acople JIC.

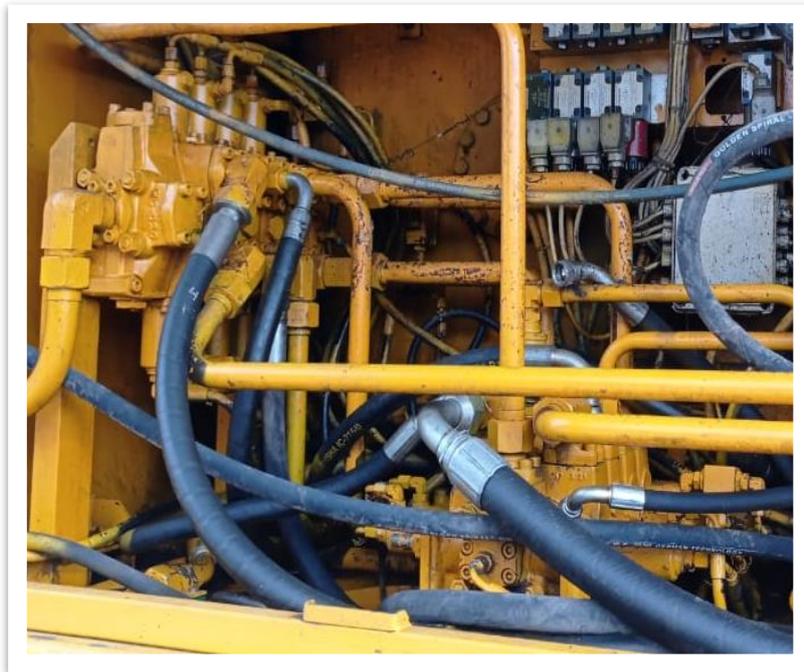
El sistema hidráulico cuenta con filtración sencilla en la línea de succión y cinco filtros en las de retorno con el fin de separar las partículas sólidas contaminantes y alargar la vida útil del aceite y del sistema como tal; además es refrigerado por medio de un radiador de placas y barras conectado en paralelo, que a su vez es refrigerado por un ventilador accionado hidráulicamente y activado por una válvula de control direccional.

Adicionalmente, el sistema hidráulico consta de dos bancos distribuidores mostrados en la imagen 5, que garantizan el caudal y volumen de aceite necesarios para el funcionamiento de los otros sistemas de la piloteadora. El primer banco suministra aceite al tren de rodaje y motor de giro de torreta, el segundo banco suministra aceite a los sistemas de nivelación y perforación.

El mantenimiento aplicado actualmente a este sistema consiste en el cambio de mangueras, acoples, racores, tubería y válvulas al fallo. Actualmente se encuentra operativo y la bomba principal y piloto fueron reemplazadas recientemente.

Figura 6.

Bancos distribuidores hidráulicos.



Nota. La imagen muestra los bancos distribuidores hidráulicos.

3.4.1.c Sistema eléctrico. Es alimentado por una fuente de 24V, compuesto por dos baterías de 12V a 110 Amp. Permite dar encendido a la piloteadora y mantiene en marcha los instrumentos de medición, control y seguridad durante la operación y puesta en marcha del equipo. El paso de corriente está gobernado por un interruptor “master” que previene la descarga de las baterías.

El sistema eléctrico permite controlar y manipular la máquina de manera segura por medio del panel de control que se encuentra ubicado dentro de la cabina del operador. En este se encuentran instrumentos, herramientas e indicadores útiles para controlar y verificar el estado operativo y desempeño de la máquina; también refleja las señales emitidas por los sensores y dispositivos de seguridad instalados alrededor de la piloteadora.

El mantenimiento de este sistema actualmente consiste en reemplazar elementos y componentes al fallo. Se encuentra operativo con desgaste

Dentro del panel de control se pueden encontrar las siguientes funciones e instrumentos:

- Panel de motor Diesel.

Conectado a la interfaz del motor y del sistema hidráulico, posibilita controlar las variables concernientes al rendimiento de los mismos.

Figura 7.

Servicios panel de motor Diesel.



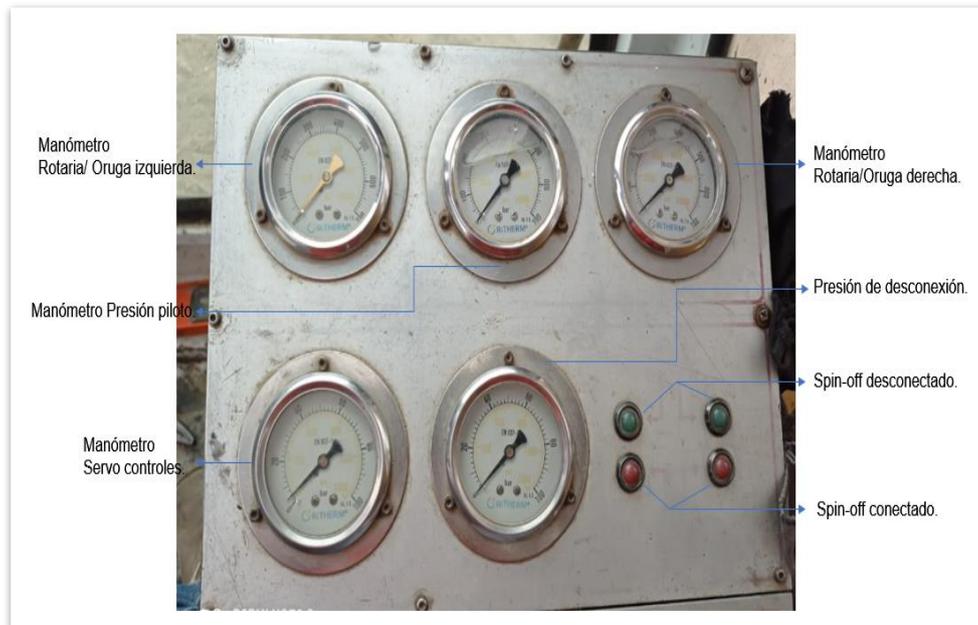
Nota. La imagen describe los diferentes instrumentos que componen o integran el panel de control.

- Panel de medidores de presión.

Este panel nos permite asegurar que no se presentan fugas ni cambios de presión en el sistema, que puedan afectar las condiciones de funcionamiento de la máquina.

Figura 8.

Servicios panel de medidores de presión.



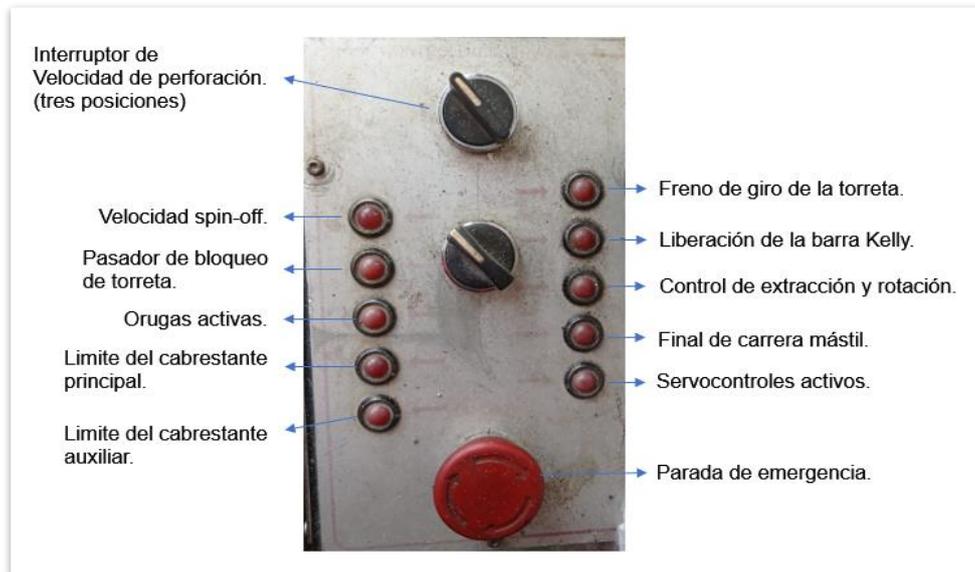
Nota. Se muestra los servicios que contiene el panel de medidores de presión de la máquina.

- Panel de indicadores.

Es empleado para controlar a través de led el funcionamiento de las funciones de la piloteadora.

Figura 9.

Servicios panel de indicadores.



Nota. Se muestra los servicios que contiene el panel de indicadores de la máquina.

Figura 10.

Servicios mando del cabrestante principal.



Nota. Se muestra los servicios que contiene el mando del cabestrante principal de la máquina.

- Mando de giro de torreta.

Figura 11.

Servicios mando giro de torreta.

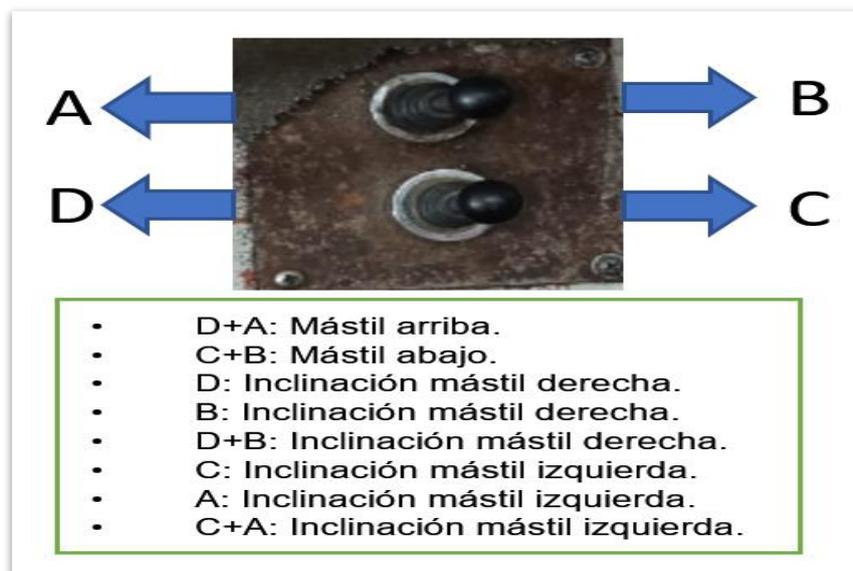


Nota. Se muestra los servicios que contiene el mando del cabestrante principal de la máquina.

- Mandos del mástil.

Figura 12.

Servicios mandos mástil.

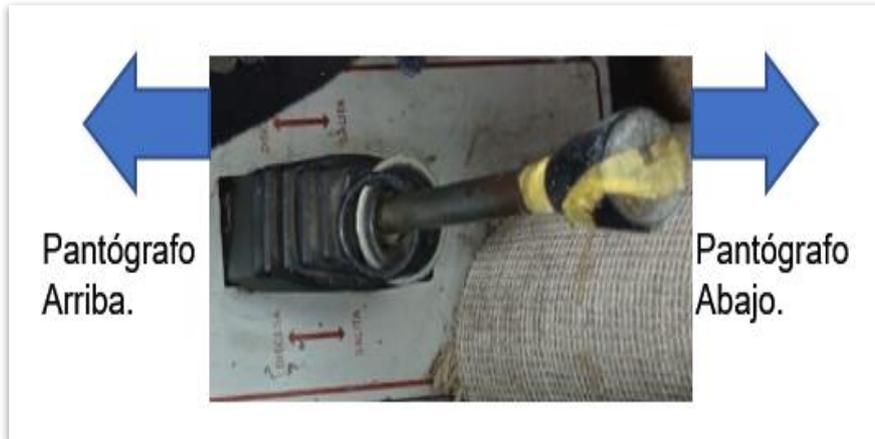


Nota. Se muestra los servicios que contiene el mando del mástil de la máquina.

- Mandos del sistema del pantógrafo.

Figura 13.

Servicios mando pantógrafo.



Nota. Se muestra los servicios que contiene el mando del pantógrafo de la máquina.

- Panel de servicios.

Figura 14.

Servicios panel de servicios.

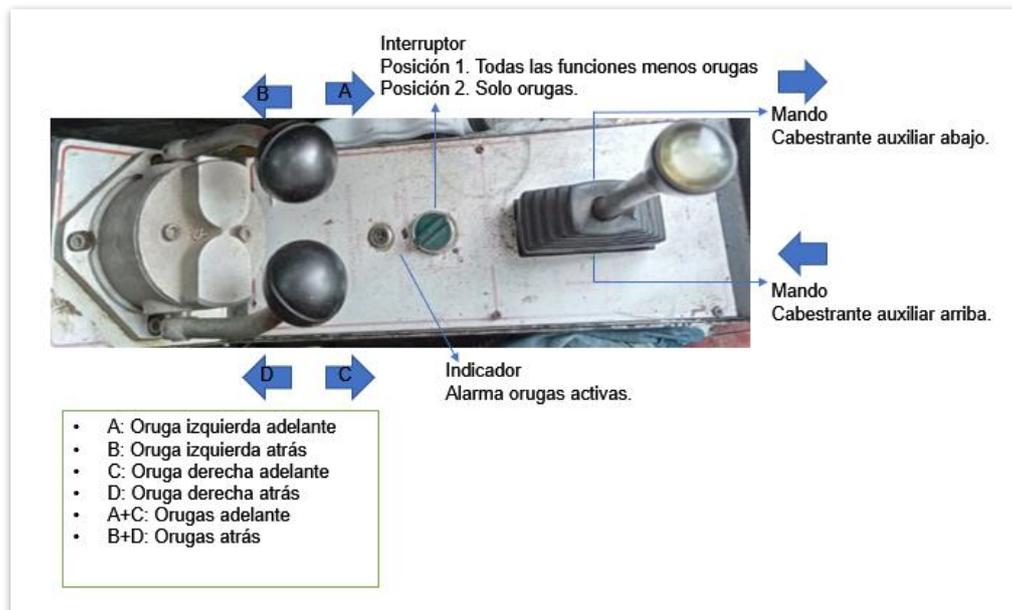


Nota. Se muestra las acciones que contiene el panel de servicios de la maquina piloteadora.

- Panel de orugas.

Figura 15.

Servicios panel de orugas.

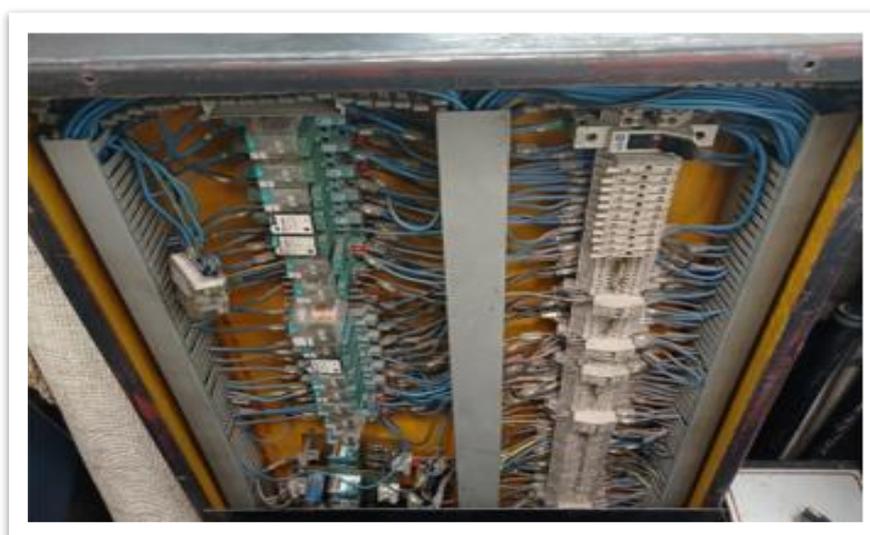


Nota. Se muestra las acciones que contiene el panel de orugas que contiene la máquina.

- Panel eléctrico.

Figura 16.

Panel eléctrico.



Nota. La imagen muestra el panel eléctrico del equipo.

Como dispositivos de seguridad la piloteadora cuenta con una parada de emergencia localizada en el panel de indicadores, que desactiva los servo comandos bloqueando cualquier movimiento que pudiera representar peligro para la máquina como para el personal.

3.4.1.d Sistema de translación (orugas). Al interior de una obra que se encuentra en la etapa de cimentación se presentan condiciones extremas para el tránsito de los equipos, ya que por el proceso de perforación y hormigonado de pilotes la terraza de la obra se satura de barro, lodo y material proveniente de las excavaciones; por lo que un buen sistema de translación se convierte en factor fundamental para el apropiado desarrollo del proceso, característica importante con la que goza la piloteadora CMV TH 15/50 al tener orugas en lugar de llantas.

La piloteadora está dotada con un sistema de orugas retractiles, que se extienden para soportar y mover el peso total de la máquina durante las operaciones de trabajo y se contraen para las operaciones de transporte.

El desplazamiento se logra a través del movimiento de dos motores hidráulicos acoplados independientemente a una rueda motriz en cada una de las orugas mediante un sistema de engranajes. Los dientes de la rueda tensora encajan en los eslabones de la cadena produciendo el movimiento del equipo. Este movimiento esta soportado por diez rodillos ubicados bajo el larguero o bastidor y guiado por dos rodillos ubicados en la parte superior del bastidor. Atornillados a la cadena se encuentran las tejas que incrementan el área de transferencia entre la máquina y el suelo y debido a su geometría generan tracción.

Al interior del bastidor se encuentra un eje que soporta un resorte que responde a la introducción de grasa, empujando la rueda tensora y templando así las cadenas de las orugas; las orugas también poseen cuatro guardas cadena en las caras internas y externas, que previenen el descarrilamiento cuando la máquina debe realizar giros sobre su propio eje.

El mantenimiento actual de este sistema consiste en la inserción de grasa cuando surge la necesidad de tensionar la estera, el cambio de links cuando estos presentan

rotura y el cambio o reforzamiento de rodillos al fallo. Se encuentra operativo y recientemente fueron reemplazados algunos links y rodillos de la oruga izquierda.

Figura 17.

Oruga piloteadora CMV TH 15/50.



Nota. En la imagen se describe de manera gráfica el concepto de oruga para una maquina piloteadora CMV TH 15/50.

3.4.1.e Sistema de perforación. (Rotaria y pull-down). La rotaria de tipo TRO 15 está compuesta por dos motores hidráulicos principales y uno auxiliar que generan 15100 Kgm de torque que le permiten a la TH 15/50 perforar en estratos de consistencia dura sin presentar mayores dificultades, en diámetros desde 0,50 m hasta 1,50 m y con una velocidad de perforación entre 8 y 23 RPM.

En la cara interna de la rotaria se encuentran seis muescas de acero soldadas que se encargan de transmitir el par rotacional generado a la barra Kelly.

La sujeción de la mesa de giro a la máquina se da a través del cilindro pull-down, pasando un eje por la rótula que se encuentra en el extremo de este; adicionalmente, la rotaria posee mordazas ubicadas en los laterales que se deslizan sobre los rieles del mástil, posibilitando a la rotaria moverse hacia arriba y hacia abajo en la longitud del cilindro pull-down.

El mantenimiento de este sistema actualmente consiste en el suministro de aceite de transmisión para el reductor del Rotary a medida que el nivel disminuye, la inspección visual de muescas internas, mordazas y cambio de piezas y elementos al fallo. Se encuentra operativa con filtración de aceite

Figura 18.

Rotaria piloteadora CMV TH 15/50.



Nota. Pieza rotaria de la maquina piloteadora.

El pull-down es un cilindro hidráulico que se encuentra fijo en el interior del mástil con una carrera de 6,00 m y diámetro en el vástago de 4". Su función al estar acoplado a la mesa giratoria, es generar movimiento vertical que permite transmitir a la barra Kelly una fuerza de avance de hasta 40 Ton y una fuerza de extracción de 25 Ton Durante la perforación.

Figura 19.

Pull-Down Piloteadora CMV TH 15/50.



Nota. Pieza Pull-Down de la maquina piloteadora.

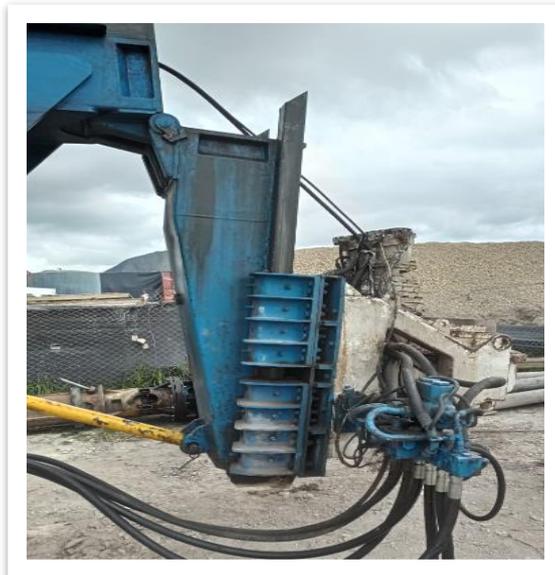
3.4.1.f Sistema de mástil. Es una estructura longitudinal fabricada de un acero de gran resistencia, que permite el soporte de otros elementos de la máquina como el cilindro Pull-Down, el bloque de poleas y la rotaria. El mástil de la piloteadora CMV TH 15/50 está compuesto en su totalidad por tres secciones que le dan una altura total de 17,10 m.

La primera sección es la extensión del mástil con 2,10 m de longitud, aumenta o reduce las dimensiones del mástil durante las operaciones de transporte o en operación, además soporta la rotaria durante el procedimiento de excavación cuando la profundidad requiere el desprendimiento de las otras capas de la barra Kelly.

El mantenimiento de este sistema en la actualidad consiste en la inspección visual de la estructura y cambio de piezas y componentes al fallo. Se encuentra operativo.

Figura 20.

Extensión del mástil.



Nota. Pieza extensión del mástil de la maquina piloteadora.

La segunda sección es el mástil como tal, tiene una longitud de 14,20 m, un ancho de 0,80 m y un espesor de 0,40 m. Sobre este descansa el cilindro Pull-Down, que permite mover la rotaria a través de la longitud total de este.

Figura 21.

Mástil y bloque de poleas.

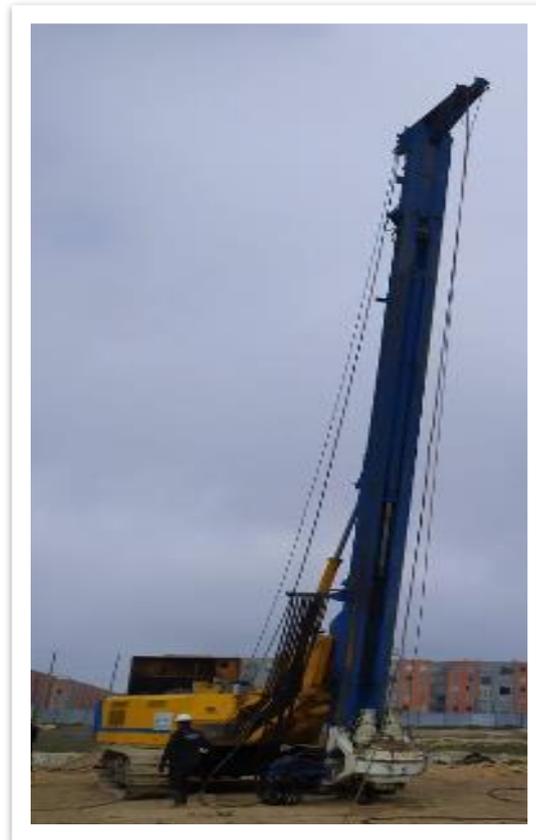


Nota. Pieza mástil y bloque de poleas de la maquina piloteadora.

La tercera sección es la cabeza del mástil que se encuentra ubicada en la parte superior. Al igual que la extensión permite reducir las dimensiones del mástil durante el transporte; también soporta el bloque de poleas que guían el cable de los cabestrantes.

Figura 22.

Mástil armado.



Nota. En la imagen se muestra el mástil de la maquina piloteadora armado.

3.4.1.g Sistema de pantógrafo. Está integrado por un grupo de cilindros articulados que permiten a la piloteadora autoerigirse. Este sistema es de gran importancia para el posicionamiento del equipo, así como para la composición y desarmado de la piloteadora. Sin este sistema se necesitaría una grúa auxiliar para elevar la antena y articularla; además brinda soporte a la estructura del mástil durante la operación.

Por medio del par de cilindros superiores el mástil puede ser nivelado hacia el frente, hacia atrás y hacia los costados y el par de cilindros inferiores permiten posicionar el eje de la rotaria hacia adelante y atrás.

Figura 23.
Pantógrafo.



Nota. En la imagen se muestra el pantógrafo de la maquina piloteadora armado.

3.4.1.h Sistema de cabestrantes. La piloteadora está equipada con dos cabestrantes impulsados por motores hidráulicos independientes, que se activan por medio de mandos separados ubicados en cabina.

El cabrestante principal es utilizado para izar y maniobrar la barra Kelly. Las canales de este pueden albergar cable acerado de calibre 1" y tiene una capacidad de carga de hasta 16 Ton.

El cabestrante auxiliar alberga cable de calibre 7/8" y tiene una capacidad de carga de hasta 7,5 Ton. Es utilizado principalmente para izar e instalar el acero de refuerzo de los pilotes y para elevar cargas según la necesidad en obra.

El mantenimiento de este sistema en la actualidad, consiste en la inspección visual del cable, canales y conexiones hidráulicas, reforzamiento de guarda cables en el

bloque de poleas; también en el cambio y reparación de piezas y componentes al fallo. Se encuentra operativo con desgaste en los canales del cabestrante principal.

Los subsistemas son:

- Cables.

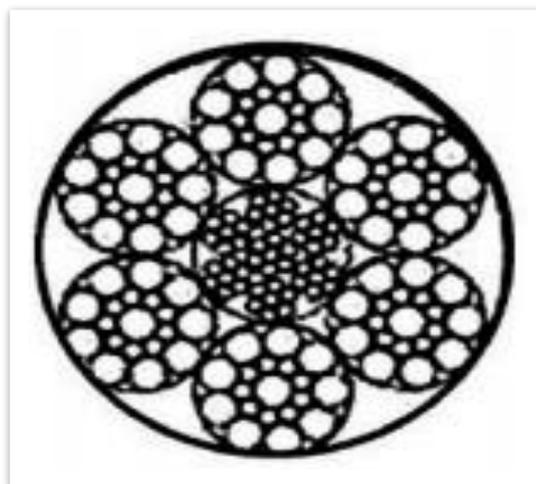
Se utilizan cables 6x19 DIN 3058. Alquitranado, alma de acero con trenzado derecho que cumplen con las características necesarias para la aplicación de pilotaje.

Este cable presenta un diseño semiflexible es utilizado en la industria en general, pero sobre todo en la industria petrolera y de perforación, ya que se requiere mayor protección ante la torsión, la abrasión y a las condiciones extremas de fricción a las que se somete el cable durante su uso.

Para el cabrestante principal es utilizado cable de calibre 1" o 26 mm con un peso de 2,74 Kg/m y resistencia mínima de rotura de 450 KN o 45 Ton. El cable utilizado en el cabrestante auxiliar es de calibre 7/8" o 22 mm, con un peso de 19,6 Kg/m y resistencia mínima de rotura de 450 KN o 33 Ton.[2]

Figura 24.

Cable 6X19 A/A.



Nota. Ilustración del cable 6x19 A/A.
Tomado de: Induhierro
<https://induferro.com/wp-content/uploads/2018/07/Ficha-tecnica-Cable6x19AA.pdf> Acceso: 17 de agosto de 2020.

- Bloque de poleas.

Ubicado en la cabeza del mástil alberga el grupo de poleas del cabrestante principal y auxiliar respectivamente, que permiten reducir los esfuerzos en el cable durante la elevación de cargas.

Figura 25.

Bloque de poleas.



Nota. La imagen describe el bloque de poleas de la máquina.

3.4.1.i Accesorios de perforación.

- Barra Kelly

Es una barra telescópica fabricada en acero de altas especificaciones, de la cual depende toda la columna de perforación y su función es también transmitir el giro que proporciona la mesa giratoria y la fuerza de avance del mecanismo rotativo a la herramienta de perforación.

La barra Kelly equipada en la piloteadora viene en sistema de fricción, con 4 fundas o secciones tubulares de 14 m de longitud cada una, que permiten realizar perforaciones de hasta 56 m.

Figura 26.

Extremos barra Kelly.



Nota. La imagen describe los extremos de la barra Kelly de la máquina. Tomado de: ALIBABA. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/piling-tool-interlocking-kelly-bar-or-friction-kelly-bar-for-bauer-rotary-drilling-rig-machine-in-foundation-piling-construction-50037551818.html> [Acceso: [17 de agosto de 2020]

- Guía de la barra Kelly.

Es un marco de acero que se encuentra atornillado a la brida superior de la barra Kelly y fijo a los rieles del mástil por medio de mordazas que le permiten subir y bajar sobre la longitud del mástil. Cuenta con un rodamiento que le permite estar fijo a la barra Kelly y al mástil, sin interferir con la rotación. Su función es impedir que la barra Kelly se incline de lado a lado durante la perforación de un pilote garantizando la verticalidad del mismo; también alarga la vida útil del cable principal al evitar el vaivén de la barra Kelly.

Figura 27.

Guía de la barra Kelly.



Nota. La imagen describe los extremos de la barra Kelly de la máquina. Tomada de: Drilling tools <http://www.bjunidrill.com/en/product/Parts-for-rigs.html> [Acceso: 20 de agosto de 2020]

- Hélices y baldes.

Son herramientas diseñadas como utensilios de perforación seleccionados en función de la dureza, características del terreno y el par de fuerza de la piloteadora. Estos elementos son protegidos del desgaste durante los ejercicios de perforación, por medio de refuerzos de metal duro soldados en la fachada externa.

Las hélices y baldes para tierra son aptos para la perforación de estratos puramente arcillosos. Este tipo de barrenos están constituidos por dientes intercambiables de diferentes tallas, según el diámetro de la herramienta.

Figura 28.

Barrenos para arcilla.



Nota. La imagen describe los barrenos para arcilla de la máquina.
Tomado de: Drilling tools
<http://www.bjunidrill.com/en/product/Parts-for-rigs.html> [Acceso:
20 de agosto de 2020]

Las hélices y baldes para roca son utilizados para la perforación de terrenos no homogéneos y estratificaciones más duras como margas y areniscas. Este tipo de barrenos son dotados de puntas con recubrimientos en tungsteno, wolframio y diamantados.

Figura 29.

Barrenos para roca.



Nota. La imagen describe los barrenos para roca de la máquina.
Tomado de: drilling tools <http://www.bjunidrill.com/en/product/Parts-for-rigs.html> [Acceso 21 de agosto de 2020]

- Unión giratoria – Destorcedor de quijada (Rata).

Está compuesta principalmente de dos cuerpos acoplados a través de rodamientos. Su función es permitir la rotación de la barra Kelly sin que el cable sufra deformaciones.

La unión giratoria instalada en la piloteadora CMV TH 15/50 es de tipo S-2. Quijada y quijada para cable de calibre 1". Pesa 28.5 Kg y Posee las siguientes dimensiones: 43.5 cm de alto, 4.45 cm entre caras internas y diámetro del eje de 1.5".

Figura 30.

Destorcedor de quijada (Rata).



Nota. La imagen muestra un destorcedor de quijada (rata) de la máquina. Tomado de: SERVICABLE S.A.

<http://www.servicables.com.mx/?sec=ganchos-y-destorcedores>

El mantenimiento realizado actualmente a estos componentes es el cambio de dientes y puntas a medida que presentan desgaste durante las excavaciones, para la barra kelly se realiza inspección visual de los topes de las fundas y se les aplica soldadura de revestimiento al presentar desgaste, para la unión giratoria el mantenimiento efectuado es el cambio de rodamientos cuando esta presenta obstrucción; en general el mantenimiento es realizado al momento del fallo. Actualmente se encuentran operativos.

4. CLASIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN

Disepil S.A.S. no cuenta con un sistema de codificación que facilite la referenciación de los equipos de pilotaje que posee, las piloteadoras son identificadas de acuerdo a la marca, referencia, color o proceso de pilotaje que realiza.

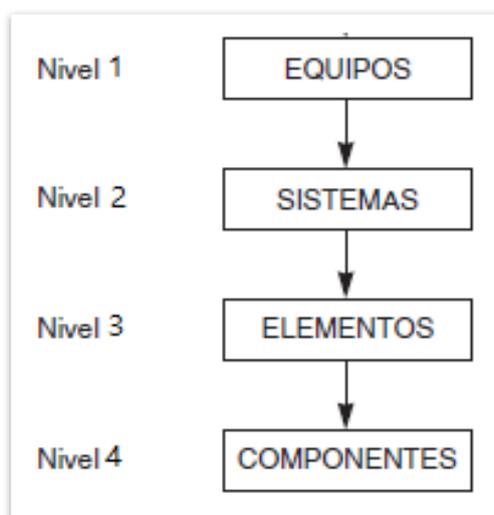
Para la correcta elaboración de este plan de mantenimiento es necesario instaurar un sistema de codificación y clasificación, que facilite el control, localización, permita la referenciación de los equipos en ordenes de trabajo, hojas de vida, historicos de fallos, intervenciones y simplifique el control de costos.

4.1 Niveles de clasificación

Con la clasificación se busca generar una estructura en la que se relacionen los items referenciados con la dependencia de cada uno de ellos, para este proyecto en particular se ha tomado como base el libro de Santiago Garcia Garrido, Organización y gestión integral del mantenimiento, donde se trabajaran 4 niveles de clasificación que se muestran a continuación en la ilustración.

Figura 31.

Niveles de clasificación.



Nota. La imagen describe los niveles de clasificación de la máquina.

Con base en la ilustración anterior se presenta a continuación la clasificación de los sistemas, elementos y componentes que componen la piloteadora, que son fundamentales para el éxito de la operación y que se contemplaron para el desarrollo del proyecto.

Tabla 2.

Clasificación piloteadora CMV TH 15/50.

| EQUIPO | SISTEMA | SUBSISTEMA | ELEMENTO | COMPONENTE |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| PILOTEADORA CMV TH 15/50 | GENERACIÓN Cummin's 6CTA 8,3 | Enfriamiento | Tanque de expansión | Tapa superior |
| | | | | Respiradero |
| | | | Radiador | Mangueras |
| | | | | Deflector |
| | | | Termostato | |
| | | | Filtro de agua | |
| | | Bomba de agua | Eje | |
| | | | Impeler | |
| | | | Patín tensor | |
| | | | Ventaviola | Polea |
| | | | | Hélice |
| | | | Lubricación | Bomba de aceite | Tornillos |
| | | Filtro de aceite | | Tapón |
| | | | | Soporte intermedio del filtro |
| | | | | Junta de la cabeza |
| | | | | Tapa |
| | | Termostato | | |
| | | Válvula reguladora de presión | | |
| | | Bloque | | Anillo de sellado |
| | | Carter | | Placa metálica |
| | | | | Junta de la cabeza |
| | | | Tubo de succión | |
| | | Admisión | Conexión del colector de admisión | |
| | | | Tubo de ligación | |
| | | | After cooler | |
| | | | Turbo alimentador | |
| | | Alimentación | Bomba de inyección | Válvula de retención |
| | | | | Tubo de alimentación |
| | | | Inyectores | |
| | | | Filtro de combustible | Cabeza del filtro |
| | | Tornillos | | |
| | Adaptador | | | |
| Arranque y carga | Arranque | | | |
| | Alternador | | | |
| ELÉCTRICO | Medición y control | Panel de motor diesel | Térmómetros | |
| | | | Tacómetro | |

| EQUIPO | SISTEMA | SUBSISTEMA | ELEMENTO | COMPONENTE |
|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| PILOTEADORA CMV TH 15/50 | ELÉCTRICO | Medición y control | Medidores de presión | Manómetros |
| | | | Panel de indicadores | Led |
| | | Mandos | Palancas | |
| | | | Pedales | |
| | | | Pulsadores | |
| | | | Interruptores | |
| | | | Joystick | |
| | | Protección | Fusibles | |
| | | Baterías | Bornes | |
| | | | Cables | |
| | HIDRÁULICO | Generación | Bomba principal | P1 P2 |
| | | | Bomba piloto | |
| | | Almacenamiento | Tanque | Filtro succión |
| | | | | Filtro descarga |
| | | Distribución | Banco de válvulas 1 | |
| | | | Banco de válvulas 2 | |
| | | | Red tuberías y mangueras | Acoples |
| | | Accionamiento | Banco de mandos externo | |
| | | Enfriamiento | Radiador | Mangueras |
| | | | Valvula de paso | |
| | | | Ventilador | |
| | | TRASLACIÓN | Extensión | Cilindros hidráulicos | Empaquetadura |
| | Vastago | | | |
| | Embolo | | | |
| | Tapa | | | |
| | Rotula | | | |
| | Generación | | Motores hidráulicos | |
| | Transmisión | | Sprocket | |
| | | | Estera | Tejas |
| | | | | Tornillos |
| | | | Cadena | Paso (link) |
| | | | | Pasador Buje |
| | Tensión | | Rueda tensora | |
| Grasera | | | | |
| Resorte | | | | |
| Soporte | Rodillos inferiores | Tornillos | | |
| | Rodillos superiores | Tornillos | | |
| | Guarda rieles | Suplementos | | |

| EQUIPO | SISTEMA | SUBSISTEMA | ELEMENTO | COMPONENTE |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------|---|---------------------------------------|
| PILOTEADORA CMV TH 15/50 | ROTARIA | Generación | Motores hidráulicos | Motores principales Motor auxiliar |
| | | Transmisión | Muecas | |
| | | | Mordazas mástil | |
| | | | Reductor/amplificador | Carcasa Piñonería |
| | Pull-Down | Cilindro hidráulico | | |
| | MÁSTIL | Extensión | Juntas Rieles | |
| | | Sección principal | Soportes hidráulicos | |
| | | | Rieles | |
| | | | Juntas | |
| | | Cabeza | Estructura | |
| | PANTOGRAFO | Cilindros hidráulicos | Cilindros inferiores | |
| | | | Cilindros superiores | |
| | | Estructura | | |
| | CABESTRANTES | Generación | Motor hidráulico cabestrante principal | |
| | | | Motor hidráulico cabestrante auxiliar | |
| | | Soporte | Tambores | |
| | | | Canales | |
| | | Bloque de poleas | Poleas cabestrante principal | |
| | Poleas cabestrante auxiliar | | | |
| | BARRA KELLY Y BARRENOS | Barra Kelly | Cuadrante | Macho Hembra |
| | | Barrenos | Baldes y brocas helicoidales | Macho Hembra |
| | | Unión giratoria (Rata) | Cuerpo | Eje Rodamiento |

Nota. La tabla muestra la clasificación establecida en base a los sistemas principales de la máquina piloteadora.

4.2 Codificación

Se dispone una codificación para cada uno de los campos enunciados en la clasificación realizada anteriormente, en base a la siguiente estructura.

La piloteadora sera identificada con las letras TH

Tabla 3.

Codificación de componentes piloteadora CMV TH 15/50

| SISTEMA | CÓD | SUBSISTEMA | CÓD | ELEMENTO | CÓD | COMPONENTE | CÓD |
|--------------------|-----|---------------------|-----|-----------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| GENERACIÓN | GE | Enfriamiento | 01 | Tanque de expansión | 01 | Tapa superior | A |
| | | | | | | Respiradero | B |
| | | | | Radiador | 02 | Mangueras | A |
| | | | | | | Deflector | B |
| | | | | Termostato | 03 | | |
| | | | | Filtro de agua | 04 | | |
| | | Bomba de agua | 05 | Eje | A | | |
| | | | | Impeler | B | | |
| | | | | Patín tensor | C | | |
| | | Ventaviola | 06 | Polea | A | | |
| | | | | Hélice | B | | |
| | | | | | | | |
| | | Lubricación | 02 | Bomba de aceite | 01 | Tornillos | A |
| | | | | Filtro de aceite | 02 | Tapón | A |
| | | | | | | Soporte intermedio del filtro | B |
| | | | | | | Junta de la cabeza | C |
| | | | | | | Tapa | D |
| | | | | Termostato | 03 | | |
| | | | | Valvula reguladora de presión | 04 | | |
| | | | | Bloque | 05 | Anillo de sellado | A |
| | | | | Carter | 06 | Placa metalica | A |
| | | | | | | Junta | B |
| | | Enfriador de aceite | 07 | Tubo de sección | C | | |
| | | Admisión | 03 | Conexión del colector de admisión | 01 | | |
| | | | | Tubo de ligación | 02 | | |
| | | | | After cooler | 03 | | |
| | | | | Turboalimentador | 04 | | |
| | | Alimentación | 04 | Bomba alimentadora | 01 | Tubo de salida | A |
| Bomba de inyección | 02 | | | Asiento | A | | |
| | | | | Valvula de retención | B | | |

| SISTEMA | CÓD | SUBSISTEMA | CÓD | ELEMENTO | CÓD | COMPONENTE | CÓD | | | |
|------------|-------------|--------------------|---------|-------------------------|----------------------|------------|-----------------------|----------------------|---|--|
| GENERACIÓN | GE | Alimentación | 04 | Bomba de inyección | 02 | 02 | 02 | Tubo de alimentación | C | |
| | | | | Inyectores | 03 | | | | | |
| | | | | Filtro de combustible | 04 | 04 | Cabeza de filtro | A | | |
| | | | | | | 04 | Tornillo | B | | |
| | | | | | | 04 | Adaptador | C | | |
| | | | | Arranque y carga | 05 | 05 | Arranque | A | | |
| 05 | Alternador | B | | | | | | | | |
| ELÉCTRICO | EL | Medición y control | 01 | Panel de motor diesel | 01 | 01 | Termómetros | A | | |
| | | | | | | 01 | Tacómetro | B | | |
| | | | | 02 | Medidores de presión | 02 | Manómetros | A | | |
| | | | | 03 | Panel de indicadores | 03 | Led | A | | |
| | | Mandos | 02 | 02 | Palancas | 01 | | | | |
| | | | | 02 | Pedales | 02 | | | | |
| | | | | 03 | Pulsadores | 03 | | | | |
| | | | | 04 | Interruptor | 04 | | | | |
| | | | | 05 | Joystick | 05 | | | | |
| | | Protección | 03 | Fusibles | 01 | | | | | |
| | | Baterías | 04 | 04 | Cables | 01 | | | | |
| | | | | 04 | Bornes | 02 | | | | |
| HIDRÁULICO | HD | Generación | 01 | Bomba principal | 01 | 01 | P1 | A | | |
| | | | | | | 01 | P2 | B | | |
| | | Almacenamiento | 02 | Tanque | 01 | 01 | Filtro succión | A | | |
| | | | | | | 01 | Filtro descarga | B | | |
| | | Distribución | 03 | Banco de válvulas 1 | 01 | 01 | | | | |
| | | | | | | 02 | Banco de válvulas 2 | 02 | | |
| | | | | | | 03 | Red tuberías manguera | 03 | | |
| | | Accionamiento | 04 | Banco de mandos externo | 01 | | | | | |
| | | Enfriamiento | 05 | Radiador | 01 | 01 | Mangueras | A | | |
| | | | | | | 02 | Válvula de paso | 02 | | |
| 03 | Ventilador | | | | | 03 | Hélice | A | | |
| TRASLACIÓN | TR | Extensión | 01 | Cilindros hidráulicos | 01 | 01 | Empaquetadura | A | | |
| | | | | | | 01 | Vastago | B | | |
| | | | | | | 01 | Embolo | C | | |
| | | | | | | 01 | Tapa | D | | |
| | | | | | | 01 | Rotula | E | | |
| | | Generación | 02 | Motores hidráulicos | 01 | | | | | |
| | | Transmisión | 03 | Sprockets | 01 | 01 | | | | |
| | | | | | | 02 | Tejas | A | | |
| | | | | Estera | 02 | 02 | Tornillos | B | | |
| 03 | Paso (link) | | | | | A | | | | |
| Cadena | 03 | 03 | Pasador | B | | | | | | |
| | | 03 | Buje | C | | | | | | |

| SISTEMA | CÓD | SUBSISTEMA | CÓD | ELEMENTO | CÓD | COMPONENTE | CÓD |
|------------------------|-----|------------------------|-----|--|-----|------------------------------|-----|
| TRASLACIÓN | TR | Tensión | 01 | Rueda tensora | 01 | | |
| | | | | Grasera | 02 | | |
| | | | | Resorte | 03 | | |
| | | Soporte | 02 | Rodillos inferiores | 01 | Tornillos | A |
| | | | | Rodillos superiores | 02 | Tornillos | B |
| Guarda rieles | 03 | | | | | | |
| ROTARIA | RO | Generación | 01 | Motores hidráulicos | 01 | Motor principal 1 | A |
| | | | | | | Motor principal 2 | B |
| | | | | | | Motor auxiliar | C |
| | | Transmisión | 02 | Muecas | 01 | | |
| | | | | Mordazas mástil | 02 | | |
| | | | | Reductor/amplificador | 03 | Carcasa | A |
| | | | | Piñonería | B | | |
| Pull-Down | 03 | Cilindro hidráulico | 01 | | | | |
| MÁSTIL | MA | Extensión | 01 | Juntas | 01 | | |
| | | | | Rieles | 02 | | |
| | | Sección principal | 02 | Soportes hidráulicos | 01 | | |
| | | | | Rieles | 02 | | |
| | | | | Juntas | 03 | | |
| | | Cabeza | 03 | Estructura | 01 | | |
| PANTOGRAFO | PA | Cilindros hidráulicos | 01 | Cilindros superiores | 01 | | |
| | | | | Cilindros inferiores | 02 | | |
| | | Estructura | 02 | | | | |
| CABESTRANTE | CA | Generación | 01 | Motor hidráulico cabestrante principal | 01 | | |
| | | | | Motor hidráulico cabestrante auxiliar | 02 | | |
| | | Soporte | 02 | Tambores | 01 | | |
| | | | | Canales | 02 | | |
| | | Cables | 03 | Cable principal 1" | 01 | | |
| | | | | Cable auxiliar 7/8" | 02 | | |
| | | Bloque de poleas | 04 | Poleas cabestrante principal | 01 | | |
| | | | | Poleas cabestrante auxiliar | 02 | | |
| BARRA KELLY Y BARRENOS | KB | Barra Kelly | 01 | Cuadrante | 01 | Macho | A |
| | | | | Hembra | | B | |
| | | Barrenos | 02 | Fundas | 02 | Cuerpo | A |
| | | | | | | Topes | B |
| | | | | | | Baldes y brocas helicoidales | 01 | Roca | A |
| | | | | | | Arcilla | B |
| | | Unión giratoria (Rata) | 03 | Cuerpo | 01 | Eje | A |
| Rodamientos | B | | | | | | |
| Pasadores | 02 | Polea | A | | | | |

Nota. La tabla muestra la codificación establecida para cada uno de los componentes que conforman los sistemas principales de la máquina piloteadora.

Una vez establecida la clasificación y codificación de los sistemas, subsistemas, elementos y componentes que componen la piloteadora CMV TH 15/50, se interpretaran los codigos de la siguiente manera:

TH-EL-01-01-A → Termómetros del panel de motor diesel de medición y control del sistema eléctrico de la piloteadora CMV TH 15/50.

5. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO A UTILIZAR

Contemplando que el proposito de este plan de mantenimiento es obtener la mayor disponibilidad de la piloteadora asumiendo el menor costo posible, se determinan una serie de actividades de tipo preventivo con base en el modelo de mantenimiento AMEF.

Se ha seleccionado el modelo AMEF como metodo de mantenimiento, teniendo en cuenta que los sistema mas criticos han sido el sistema hidráulico y eléctrico. Estos sistemas por su naturaleza, presentan componentes que ha simple vista no permiten detectar fallas, por lo que las tareas de inspección, lubricación, ajuste y limpieza efectuados bajo determinadas frecuencias, posibilitan tener mayor control sobre los mismos y prevenir las fallas que se presentan hoy en dia; ademas que facilita la recolección de datos y documentar el conocimiento sobre los procesos.

Al lograr adaptarlo a las operaciones de la empresa generará un equipo mas seguro y confiable, mejorando la calidad del producto, la compresión del equipo y sus sistemas; se conseguira un equipo amigable con el medio ambiente, mejorará la conexión entre el departamento de mantenimiento y el area de operaciones, representará una reducción de costos directos e indirectos y finalmente brindará indices de detección y prevención que aumentarán la disponibilidad y confiabilidad de la piloteadora.

En el AMEF se tienen algunos criterios para determinar la tarea adecuada en base a la categoria a la que pertenece la falla presente durante la operación por ejemplo, para las fallas que tienen consecuencias ocultas o poco evidentes la tarea optima a realizar debe ser la que asegure la disponibilidad de la piloteadora, para las fallas que tienen consecuencias de seguridad o con respecto al medio ambiente la tarea optima a realizar es aquella que consiga llevar al equipo a niveles tolerables de probabilidad de falla, y para fallas con consecuencias economicas la tarea optima a realizar es aquellas que minimecen los costos para la organización que para la empresa.

A través del AMEF y en complemento el número prioritario de riesgo (NPR) se determinarán las causas que propician la baja disponibilidad del equipo y establecer prioridades, que permitan conseguir un óptimo desarrollo de actividades de mantenimiento y haciendo más sencilla la ejecución del mismo.

5.1 Análisis de criticidad

El paso a seguir al haber identificado los sistemas, subsistemas, componentes y elementos que componen la máquina piloteadora, es realizar una selección de los sistemas y/o componentes que afecten el proceso realizado por la máquina y de manera directa su economía.

5.1.1 AMEF para los sistemas de la máquina piloteadora

Este es un proceso que se utiliza para la identificación de fallas potenciales en el equipo, abarcando desde las causas de las mismas, hasta los efectos y acciones que se deben realizar para minimizarlas, corregirlas y en la medida de lo posible llegar a eliminarlas. Para realizar lo anterior el método genera una serie de actividades específicas las cuales son controladas o, llevadas a cabo por medio de mecanismos de control, los cuales hacen sus intervenciones según planes de acción a corto o mediano plazo.

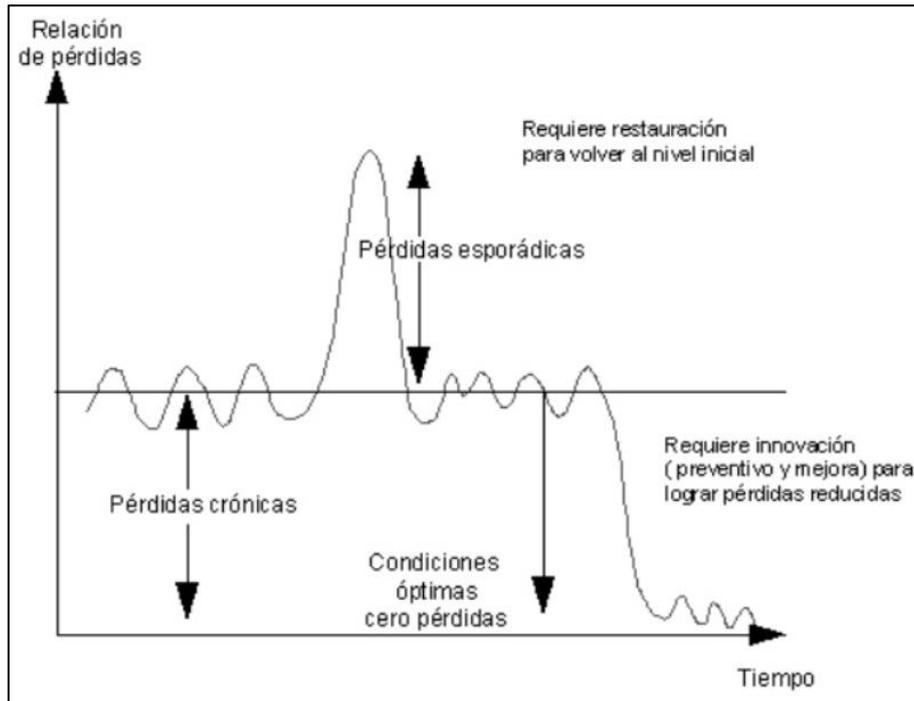
Ya definido el método AMEF y lo que se busca con esto, se procede a desarrollarlo con respecto al proceso desempeñado por la máquina a la cual se le aplicará el plan de mantenimiento, que en este caso es la piloteadora CMV TH 15/50, especializada para la ejecución de pilotes tipo Kelly.

Existen muchas fallas en los procesos debido a causas comunes y causas especiales, sin embargo como un analista, el enfoque que debe tenerse es en primera medida conocer la falla y después encontrar la causa posible, una vez encontrada, definirla como común o especial, estas también pueden ser conocidas como crónicas o esporádicas, según el texto mantenimiento, planeación, ejecución y control del autor Alberto Gutiérrez, en donde define la falla crónica como “evento frecuente, que al eliminarse o controlarse se logra restaurar la funcionalidad del equipo o máquina a su

punto máximo, y la falla esporádica se define según el texto como eventos poco frecuentes y donde casi nunca una falla esporádica se relaciona con otra del mismo tipo.[3] El comportamiento de cada una de las pérdidas se muestra en la siguiente grafica:

Figura 32.

Comportamiento perdidas



Nota. La grafica muestra el comportamiento de las perdidas en el tiempo. Tomado de: Slideshare, Cero averías, mantenimiento total. <https://es.slideshare.net/gomezsantos/mantenimiento-productivo-total-tpm>. [Acceso: 23 de agosto de 2020]

Con todo lo relacionado en el capítulo y definidos ya los tipos de falla que se presentan en una máquina y/o equipo, se establece a manera de tabla la descripción del equipo (ver tabla 4), seguido del sistema que tiene algún tipo de función durante el proceso, tipo de falla, efecto, causas y consecuencias y para finalizar un espacio en donde se mencionara a detalle los procesos de mantenimiento, o acciones de corrección de fallas que realiza en la actualidad la empresa DISEPIL S.A.S. para el equipo.

Tabla 4.

AMEF sistemas piloteadora CMV TH 15/50

| SISTEMA | FALLA | CONSECUENCIA | CAUSA | INPECCION ACTUAL DE MANTENIMIENTO DISEPIL SAS |
|---------------------------------|---|--|--|---|
| GENERACIÓN Cummin's 6CTA 8,3 | Cambio de velocidad inestable | calidad regular y atascamiento | El equipo no tiene una buena sincronización, | Inspección general, cambio de aceite, filtros, sincronización general. |
| | Perdida en la potencia y bajas revoluciones del motor | Aumento de temperatura de operación, poca fuerza, desincronización del equipo, irregularidades en la producción, mala calidad del proceso. | Aumento de temperatura, desbalanceo en la administración del combustible, desbalanceo en el tiempo de administración del combustible. Desajuste cilindros camisa con anillos | Verificar estado de fugas, revisión de conexiones , limpieza general, verificar buen estado del motor,limpieza o cambio de filtros. |
| | Problemas en el encendido | No se puede realizar el proceso | Daño en la batería , averia en el sistema de inyección de combustible, filtros de aire y combustible obstruidos, problemas en la red eléctrica del equipo. | Inspección al arranque, limpieza conectores, revisión del combustible, limpieza de tablero y conexiones |
| | Mala lubricación y recalentamiento | Paradas de emergencia y pérdidas economicas | fugas de aceite lubricante, falla de sellos y empaques, y poco nivel de lubricante. | Nivel de aceite lubricante, inspección fugas. |
| | Humo excesivo | Compresión, inyección y quema de aceite deficientes durante el proceso. | Aceite presente en la camara de compresión, mala compensación del porcentaje de aire vs el porcentaje de combustible. | Filtros, cambio de aceite, combustible. |
| ELÉCTRICO | Malas conexiones | Paradas no programadas durante el proceso, malas energización del sistema. | Mal contacto de las conexiones, interrupciones en el cableado, fusibles quemados, paro de emergencia activo o en corto. | Inspección cortos, fusibles, conexiones, cables y terminales |
| | Baja carga de la batería | No activa el tablero, no arranca el motor, paro de producción. | Niveles bajos de líquidos, celdas y/o vida útil de la batería, mal retorno de energía, contacto deficiente en el cableado de la batería con el alternador. | Estado del líquido y bornes |
| | Problemas en el alternador | No carga la batería, no arranca el sistema y genera un paro en la producción | Daño en la instalación de retorno de energía al sistema , daño en el alternador o malas conexiones. | Revisión conexiones en general |
| | No protege | Fallo repentino ocasionando paro de la ejecución del pilote | Selección errónea de fusible, sistema eléctrico punteado | Rutina de inspección sistema de protección eléctrico, fusibles, conexiones. |
| | Mala interpretación de mando | Las lecturas de los lineamientos para realizar la función son erróneas por ende no se activaran los sistemas y el proceso se dañara. | Conexiones regulares entre el sistema eléctrico y los componentes encargados de interpretar las señales, sistema abierto | No hay |
| HIDRÁULICO | No responde | Parada de emergencia, pérdidas economicas | Daños en la bomba hidráulica o desacoplamiento de la misma, poca presión en el sistema. | Inspección empaques, cámaras y calibración de la compresión |
| | Perdida de fuerza | Baja producción, Atascamiento en el proceso, ruido. | Bajo nivel de aceite, fugas en el sistema, paso de aire. | Niveles de aceite, revisión de fugas, escapes. |
| | Fugas | Mala respuesta del sistema al momento de realizar su función | Mal estado de mangueras, empaques y sellos, mal ajuste de elementos de unión. | Verificación de mangueras, empaques, sellos con el fin de comprobar la pérdida del fluido. |
| | Recalentamiento | Parada de emergencia no programada | Falla en el sistema de refrigeración (ventilador), pérdida de las propiedades del aceite, nivel bajo de aceite, desajuste del equipo. | Revisión general del sistema de refrigeración, ventilador, refrigerante, etc. |

| SISTEMA | FALLA | CONSECUENCIA | CAUSA | INSPECCIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DISEPIL SAS |
|--------------|---|--|--|---|
| TRASLACIÓN | Destencionamiento de orugas | Descarrilamiento, daño de rodillos | Falla en el sistema de graseras, daño en el resorte de la rueda tensora | Revisión periodica de graseras e introducción de grasa |
| | Rotura de pasos links | Parada no programada | Sobre esfuerzo en los movimiento de giro, transito pesado | Inspección visual de cadena |
| | Rotura de rodillos inferiores o superiores | Falta de soporte en terrenos inclinados, descarrilamiento | Sobre esfuerzo en movimientos de giro, cargue y descargue en remolque | Inspección visual de rodillos |
| | Descarrilamiento | Parada no programada | Desgaste de suplementos en guarda rieles, rotura de rodillos | Inspección periodica de suplementos de guarda rieles |
| ROTARIA | Perdida de par rotacional | Bajo rendimiento durante la perforación, perdida de la capacidad de superar estratos duros | Perdidas de presión en motores hidráulicos por desgaste de componentes | Control de medidores de presión para los movimientos de la rotaria en espera de caídas de presión |
| | Rodadura de barra Kelly dentro de la rotaria | Perdida de transmisión del par rotacional a la barra Kelly | Desgaste de muescas en el interior de la rotaria | Inspección visual del estado del material de las muescas |
| | Cambio de velocidad inestable | Imposibilidad de aumentar o reducir la velocidad de perforación en razon de la calidad del | Desgaste en piñoneria de la caja reductor, bajo nivel de aceite de transmisión | Inspección periodica del nivel de aceite de transmisión |
| MÁSTIL | Rigidez en articulaciones de cabeza | Dificultad en el armado y desarmado de la máquina | Torceduras en bisagra de cabeza, rigidez por falta de lubricación | Lubricación periodica, inspección visual de componentes |
| | Imposibilidad de roscar los pasadores de los tramos de cabeza y extensión | Dificultad en el armado y desarmado de la máquina | Daños en la rosca de los pasadores o tuercas | Inspección visual durante los procedimientos de armado y desarmado |
| | Inmovilidad de la rotaria sobre los rieles del mástil | Deficiencia en la transmisión de fuerza de avance | Desgaste en mordazas de la rotaria, abolladuras en rieles del mástil | Inspección visual de mordazas y rieles |
| PANTOGRAFO | Los cilindro superiores se bloquean | Falla en los movimientos de nivelación del mástil | Daño en electroválvulas, falla en válvula contrabalanza, daño en los cilindro | Inspección visual de componentes, cambio periodico de empaquetadura cilindros |
| | Los cilindro superiores se bloquean | Falla en los movimientos de ubicación de ejes | Daño en electroválvulas, falla en válvula contrabalanza, daño en los cilindro | Inspección visual de componentes, cambio periodico de empaquetadura cilindros |
| CABRESTANTES | Perdida de fuerza en el izaje | Lentitud en el desarrollo de los procesos | Perdida de presión por desgaste en los componentes del motor hidráulico, nivel bajo de aceite hidráulico | Inspección del nivel de aceite hidráulico, inspección visual de componentes |
| | Desgaste precoz del cable | Inseguridad en los porcosos de perforación, cambios no programados | Desgaste en los canales de los cabrestantes | Inspección visual de componentes, cambio periodico de empaquetadura cilindros |
| | Rigidez en el giro de los tambores | Bajo rendimiento durante la perforación, sobre esfuerzo del sistema hidráulico | Daño en los ejes o piñoneria de los cabrestantes | Inspección y cambio periodico de componentes |

| SISTEMA | FALLA | CONSECUENCIA | CAUSA | INSPECCIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DISEPIL SAS |
|------------------------|---|---|--|--|
| BARRA KELLY Y BARRENOS | Inmovilidad de unión giratoria | Parada no programada, rotura del cable | Daño en los rodamientos o eje interno | Inspección, ajuste, limpieza y cambio de rodamientos periodico |
| | Rotura de dientes en baldes y barrenos | Retrazo en la perforación, parada no programada | Contacto con estratos muy duros, golpes | Cambio de pieza al desgaste o rotura |
| | No desprendimiento de fundas de barra Kelly | Parada no programada | Taponamiento por material del terreno o concreto | Inspección, ajuste, limpieza y cambio de rodamientos periodico |

Nota. En la tabla se muestra el analisis de modo y efecto de falla realizado para la máquina piloteadora.

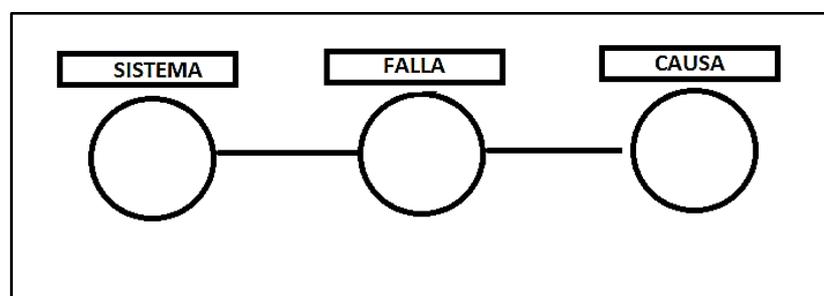
5.1.2 Codificación de fallas para la maquina

En el plan de mantenimiento se realiza la codificacion de fallas con el objetivo de facilitar su identificacion , y todo lo que se desprende luego de reconocerla, es por esto que se reduce la complejidad del registro de fallas que presenta la maquina si se tiene un sistema de distincion entre ellas, mencionado lo anterior se realizara la codificacion de las fallas a manera de cuadro con respecto a los sistemas que integran el equipo en su totalidad y por los cuales se puede llevar a cabo la funcion principal , la cual es realizar pilotes.

A continuacion se muestra el sistema de codificacion utilizado en el plan de mantenimiento a efectuar para la piloteadora.

Figura 33.

Sistema codificación de fallas



Nota. Se muestra la estructura de codificación creada para las fallas de la máquina piloteadora.

Tabla 5.

Codificación de fallas pilotadora CMV TH 15/50.

| SISTEMA | CÓD | FALLA | CÓD | CAUSA | CÓD | | |
|--------------------------------------|-----|---|-----|---|-----|--------------------------------|---|
| GENERACIÓN | GE | Cambio de velocidad inestable | 01 | Falta de sincronización | A | | |
| | | Perdida de la potencia y bajas revoluciones del motor | 02 | Aumento de temperatura | A | | |
| | | | | Falla en el sistema de alimentación | B | | |
| | | | | Desgaste en cilindros, camisas y anillos | C | | |
| | | Problemas en el encendido | 03 | Daño en la batería | A | | |
| | | | | Avería en el sistema de inyección | B | | |
| | | | | Filtro de aire obstruido | C | | |
| | | | | Filtro de combustible obstruido | D | | |
| | | | | Problemas en la red eléctrica | E | | |
| | | Recalentamiento | 04 | Falla en el sistema de lubricación | A | | |
| | | | | Falla en la bomba de aceite | B | | |
| | | | | Desgaste de retenedores y empaquetadura | C | | |
| | | | | Nivel de aceite lubricante bajo | D | | |
| | | Humo excesivo | 05 | Filtración de aceite en la cámara de compresión | A | | |
| | | | | Desproporcionalidad en la mezcla aire - combustible | B | | |
| | | ELÉCTRICO | EL | Malas conexiones | 01 | Mal contacto de las conexiones | A |
| | | | | | | interrupciones en el cableado | B |
| Fusibles quemados | C | | | | | | |
| Paro de emergencia activo o en corto | D | | | | | | |
| Baja carga de la batería | 02 | | | Nivel bajo de líquido | A | | |
| | | | | Final de vida útil | B | | |
| | | Falla en el alternador | C | | | | |

| SISTEMA | CÓD | FALLA | CÓD | CAUSA | CÓD | |
|--|-----|--|-----|---|--|---|
| ELÉCTRICO | EL | Falla alternador | 03 | Daño en la instalación de retorno de energía al sistema | A | |
| | | | | Descarga de baterías | B | |
| | | | | Daño en el arranque | C | |
| | | Avería en sistema de protección | 04 | | Puentes en el cableado | A |
| | | | | | Daño de pulsador | B |
| | | | | | Quema de fusibles | C |
| | | Mando no responde | 05 | | Daño en solenoides | A |
| | | | | | Daño del pulsador del mando | B |
| | | | | | Malas conexiones | C |
| HIDRÁULICO | HD | Pérdida de fuerza | 01 | Nivel de aceite bajo | A | |
| | | | | Fugas | B | |
| | | | | Desgaste en bomba principal, piloto o componente | C | |
| | | Fugas | 02 | | Desgaste empaquetadura | A |
| | | | | | Daño mangueras, tubería | B |
| | | | | | Daño en acoples o racores | C |
| | | Recalentamiento | 03 | | Fugas | A |
| | | | | | Daño en el radiador | B |
| | | | | | Desgaste de conjunto rotativo en bomba principal | C |
| TRASLACIÓN | TR | Destención de orugas | 01 | Nivel de grasa bajo | A | |
| | | | | Daño en graseras | B | |
| | | | | Daño en resorte tensor | C | |
| | | | | Desgaste en rueda tensora | D | |
| | | Rotura de pasos (Links) | 02 | | Sobre esfuerzo en giro | A |
| | | | | | Desgaste de material | B |
| | | | | | Transito pesado | C |
| | | Rotura o desprendimiento de rodillos inferiores y/o superiores | 03 | | | A |
| | | | | | Sobre esfuerzo en giro | |
| Mala ejecución de cargue y/o descargue | B | | | | | |
| | | Destención de orugas | C | | | |

| SISTEMA | CÓD | FALLA | CÓD | CAUSA | CÓD | | |
|--------------------|-----|--|-----|---|-----|-------------------------------|---|
| TRASLACIÓN | TR | Descarrilamiento | 04 | Desgaste de suplementos en guardarieles | A | | |
| | | | | Destención de orugas | B | | |
| | | | | Rotura de rodillos | C | | |
| ROTARIA | RO | Pérdida de par rotacional | 01 | Fugas | A | | |
| | | | | Desgaste de componentes en motores principales o auxiliar | A | | |
| | | | | Nivel de aceite bajo | B | | |
| | | | | Desgaste o daño de piñones reductor | C | | |
| | | Rodadura de barra Kelly | 02 | Desgaste de muescas internas rotaria | A | | |
| | | Cambio de velocidad inestable | 03 | Desgaste piñonería reductor | A | | |
| MÁSTIL | MA | Rigidez en articulaciones | 01 | Torceduras en bisagras | A | | |
| | | | | Lubricación deficiente | B | | |
| | | Imposibilidad de pinar articulaciones | 02 | Torceduras en bisagras | A | | |
| | | | | Torceduras en pasadores | B | | |
| | | | | Desgaste en rosca de pasadores y/o tuercas | C | | |
| | | Inmovilidad de la rotaria en los rieles del mástil | 03 | Desgaste de calzas en mordaza rotaria | A | | |
| | | | | Abolladuras en rieles mástil | B | | |
| | | PANTOGRAFO | PA | Bloqueo de cilindros | 01 | Falla en válvulas retenedoras | A |
| | | | | | | Fugas | B |
| Daño empaquetadura | C | | | | | | |
| Daño estructura | 02 | | | Sobrecarga movimientos | A | | |
| Mala operación | B | | | | | | |
| CABRESTANTES | CA | Pérdida de fuerza | 01 | Desgaste componentes en motores hidráulicos | A | | |
| | | | | Fugas | B | | |
| | | | | Nivel de aceite bajo | C | | |
| | | Desgaste precoz del cable | 02 | Desgaste en los canales del cabrestante | A | | |
| | | | | Mal montaje | B | | |
| | | | | Ausencia de guías de barra Kelly | C | | |

| SISTEMA | CÓD | FALLA | CÓD | CAUSA | CÓD |
|------------------------|-----|--|-----|---|-----|
| CABRESTANTES | CA | Rigidez en el giro de los tambores | 04 | Daño en ejes de motor | A |
| | | | | Daño en asiento motor | B |
| BARRA KELLY Y BARRENOS | KB | Inmovilidad de unión giratoria | 01 | Daño de rodamientos | A |
| | | | | Daño de eje | B |
| | | | | Saturación de grasa o sedimento de excavación | C |
| | KB | Rotura de dientes en baldes y barrenos | 02 | Desgaste | A |
| | | | | Proceso de soldadura deficiente | B |
| | KB | Bloqueo de fundas barra Kelly | 03 | Desgaste en topes de funda | A |
| | | | | Obstrucción por material sedimentado | B |

Nota. En la tabla se muestra la codificación para las fallas anteriormente clasificadas según los sistemas principales de la piloteadora.

Con respecto a lo anterior y ya codificado el sistema, falla y causas de la misma se pueden interpretar de manera mas eficiente y rapida las incertidumbres que presentan los equipos, en este caso, la maquina piloteadora.

Para este caso el uso de la codificacion seria el siguiente:

GE-1-A → El sistema de generación de la maquina piloteadora presenta un cambio de velocidad inestable debido a que no presenta una buena sincronización.

5.1.3 Numero prioritario de riesgo

El metodo AMEF esta suplementado por el NPR, que hace referencia a la estimación de la criticidad de cada sistema, dicha estimacion o criterio define las prioridades de las acciones a tomar para reducir las fallas en el equipo y permite jerarquizar las actividades de mantenimiento.

El NPR se calcula o determina basandose en la informacion que se tiene en base a los sistemas y con respecto a:[4]

- Los modo de falla potencial
- Los efectos que tienen las fallas en los sistemas
- La capacidad del mantenimiento de inspeccion actual para detectar la falla

Luego de tener esta informacion se utiliza el metodo derivado del producto de tres calificaciones cuantitativas relacionadas con lo anterior:

- Severidad. Es la estimacion de la gravedad por efecto de la falla, según el criterio personal basado en la experiencia de trabajar con el equipo.
- Ocurrencia. Es la probabilidad de que la falla ocurra durante la operación.
- Detección. Es la probabilidad de que la falla sea detectada por el sistema actual de prevencio de fallas.

Definidos estos parametros o criterios se procede a realizar en la tabla 6 en donde estara definida la determinacion de la severidad para las fallas que ocurren en la piloteadora.

La severidad se estima en base a criterios como la afectación a la operatividad de la máquina, el tiempo en puesta en marcha del equipo, el personal que realiza la intervención, el riesgo humano y al medio ambiente.

Tabla 6.

Grado de severidad

| SEVERIDAD | | |
|--------------|------------------|---|
| CALIFICACIÓN | EFEECTO | CRITERIO |
| 1 | NINGUNO | Sin efecto |
| 2 | POCO | No paraliza la producción, equipo operativo con afectación, seguimiento al finalizar obra. |
| 3 | MUY BAJO | Disminuye la producción, equipo operativo con afectación |
| 4 | BAJO | Disminuye la producción, equipo operativo, intervención en obra y programada |
| 5 | MODERADO | Detención momentánea, equipo operativo, puesta en marcha de 1 a 3 hrs, intervención en obra |
| 6 | ALTO | Detención momentánea, equipo inoperativo, puesta en marcha de 4 a 8 hrs, intervención en obra |
| 7 | ELEVADO | Parada total, equipo inoperativo, puesta en marcha de 1 a 5 días, intervención en taller, bodega u obra. |
| 8 | CRITICO | Parada total, equipo inoperativo, puesta en marcha de mas de dos días, intervención tercerizada |
| 9 | RIESGO CON AVISO | Pone en riesgo al operador o personal en obra y medio ambiente con conocimiento de la probabilidad del suceso |
| 10 | RIESGO SIN AVISO | Pone en riesgo al operador o personal en obra y medio ambiente sin aviso |

Nota. Cuadro severidad de las fallas sistemas maquina piloteadora.

En la tabla 7 que se muestra a continuación se determina la probabilidad de ocurrencia de las fallas que se presentan en el equipo este prodecimiento se realizara en relacion a un analisis historico de fallas de 1 año en base a información suministrada por DISEPIL S.A.S.

Tabla 7.

Ocurrencia falla

| OCURRENCIA | | | |
|--------------|------------|----------|--------------|
| CALIFICACIÓN | FRECUENCIA | CRITERIO | PROBABILIDAD |
| 1 | LEJANA | 1 de 20 | 5% |
| 2 | BAJA | 1 de 15 | 7,50% |
| 3 | RECURRENTE | 1 de 10 | 10% |
| 4 | ALTA | 1 de 5 | 20% |
| 5 | MUY ALTA | 1 de 2 | 50% |

Nota. Cuadro ocurrencia de las fallas sistemas maquina piloteadora.

En el tabla 8 expuesta a continuación se determinara de detección de las fallas que se presentan en el equipo, este prodecimiento se realizara en relacion al metodo de detección de fallas existente en DISEPIL S.A.S.

Tabla 8.

Detección de fallas

| DETECCIÓN | | | |
|--------------|-----------|---|--------------|
| CALIFICACIÓN | DETECCIÓN | CRITERIO | PROBABILIDAD |
| 1 | CONFIABLE | Detección inmediata | ≥ 90% |
| 2 | ALTA | A traves de los instrumentos se puede prevenir la falla | 80% |
| 3 | MESURADA | Instrumentos de mediana confiabilidad | 50% |
| 4 | BAJA | Instrumentos de baja confiabilidad | 30% |
| 5 | LEJANA | No hay control | ≤ 10% |

Nota. Cuadro de detección de las fallas sistemas maquina piloteadora.

Definidos los criterios anteriores se procede a establecer el NPR para cada uno de los sistemas incorporados en el cuadro AMEF realizado anteriormente.

Regularmente el NPR es calculado mediante el producto de los tres criterios cuantitativos anteriormente mencionados, vinculados a los efectos, causas e inspecciones; Pero este metodo no es siempre del todo confiable, ya que al ser el resultado de un producto, sin importar el orden de los factores se puede obtener el mismo resultado. Por esto se establecerá el NPR a traves del SOD que es la combinación no aritmetica de los criterios mencionados.

Tabla 9.

Numero prioritario de riesgo.

| SISTEMA | FALLA | CAUSA | S | O | D | NPR | |
|--------------------------------------|---|---|--------------------------------|---|---|-----|-----|
| GENERACIÓN | Cambio de velocidad inestable | Falta de sincronización | 3 | 2 | 3 | 323 | |
| | Perdida de la potencia y bajas revoluciones del motor | Aumento de temperatura | 3 | 3 | 2 | 332 | |
| | | Falla en el sistema de alimentación | 6 | 2 | 5 | 625 | |
| | | Desgaste en cilindros, camisas y anillos | 8 | 1 | 5 | 815 | |
| | Problemas en el encendido | Daño en la batería | 5 | 4 | 2 | 542 | |
| | | Avería en el sistema de inyección | 8 | 1 | 5 | 815 | |
| | | Filtro de aire obstruido | 2 | 3 | 2 | 232 | |
| | | Filtro de combustible obstruido | 3 | 3 | 2 | 332 | |
| | | Problemas en la red eléctrica | 8 | 1 | 3 | 813 | |
| | Recalentamiento | Falla en el sistema de lubricación | 7 | 1 | 5 | 715 | |
| | | Falla en la bomba de aceite | 7 | 1 | 2 | 712 | |
| | | Desgaste de retenedores y empaquetadura | 6 | 2 | 4 | 624 | |
| | | Nivel de aceite lubricante bajo | 2 | 3 | 2 | 232 | |
| | Humo excesivo | Filtración de aceite en la cámara de compresión | 8 | 1 | 4 | 814 | |
| | | Desproporcionalidad en la mezcla aire - combustible | 3 | 1 | 5 | 315 | |
| | ELÉCTRICO | Malas conexiones | Mal contacto de las conexiones | 8 | 2 | 5 | 825 |
| | | | interrupciones en el cableado | 6 | 2 | 4 | 624 |
| Fusibles quemados | | | 5 | 3 | 3 | 533 | |
| Paro de emergencia activo o en corto | | | 4 | 1 | 2 | 412 | |
| Baja carga de la batería | | Nivel bajo de líquido | 4 | 2 | 3 | 423 | |
| | | Final de vida útil | 5 | 2 | 3 | 523 | |
| | | Falla en el alternador | 5 | 2 | 3 | 523 | |

| SISTEMA | FALLA | CAUSA | S | O | D | NPR |
|----------------------|--|---|---|---|-----|-----|
| ELÉCTRICO | Falla alternador | Daño en la instalación de retorno de energía al sistema | 5 | 2 | 3 | 523 |
| | | Descarga de baterías | 5 | 2 | 3 | 523 |
| | | Daño en el arranque | 7 | 3 | 4 | 734 |
| | Avería en sistema de protección | Puentes en el cableado | 3 | 1 | 2 | 312 |
| | | Daño de pulsador | 4 | 1 | 2 | 412 |
| | | Quema de fusibles | 5 | 2 | 5 | 525 |
| | Mando no responde | Daño en solenoides | 8 | 1 | 5 | 815 |
| | | Daño del pulsador del mando | 3 | 2 | 4 | 324 |
| | | Malas conexiones | 3 | 2 | 4 | 324 |
| HIDRÁULICO | Pérdida de fuerza | Nivel de aceite bajo | 2 | 4 | 1 | 241 |
| | | Fugas | 5 | 3 | 5 | 535 |
| | | Desgaste en bomba principal, piloto o componente | 8 | 1 | 4 | 814 |
| | Fugas | Desgaste empaquetadura | 6 | 2 | 4 | 624 |
| | | Daño mangueras, tubería | 6 | 3 | 4 | 634 |
| | | Daño en acoples o racores | 6 | 3 | 4 | 634 |
| | Recalentamiento | Fugas | 5 | 2 | 4 | 524 |
| | | Daño en el radiador | 8 | 1 | 3 | 813 |
| | | Desgaste de conjunto rotativo en bomba principal | 8 | 1 | 5 | 815 |
| TRASLACIÓN | Destención de orugas | Nivel de grasa bajo | 2 | 4 | 1 | 241 |
| | | Daño en graseras | 2 | 2 | 3 | 223 |
| | | Daño en resorte tensor | 4 | 1 | 3 | 413 |
| | | Desgaste en rueda tensora | 4 | 1 | 3 | 413 |
| | Rotura de pasos (Links) | Sobre esfuerzo en giro | 5 | 3 | 4 | 534 |
| | | Desgaste de material | 5 | 2 | 4 | 524 |
| | | Tránsito pesado | 5 | 3 | 4 | 534 |
| | Rotura o desprendimiento de rodillos inferiores y/o superiores | Sobre esfuerzo en giro | 2 | 3 | 3 | 233 |
| | | Mala ejecución de cargue y/o descargue | 2 | 2 | 1 | 221 |
| Destención de orugas | | 2 | 3 | 2 | 232 | |

| SISTEMA | FALLA | CAUSA | S | O | D | NPR |
|--------------------|--|---|-------------------------------|---|---|-----|
| TRASLACIÓN | Descarrilamiento | Desgaste de suplementos en guardarieles | 5 | 2 | 2 | 522 |
| | | Destención de orugas | 2 | 3 | 1 | 231 |
| | | Rotura de rodillos | 2 | 2 | 1 | 221 |
| ROTARIA | Pérdida de par rotacional | Fugas | 3 | 3 | 2 | 332 |
| | | Desgaste de componentes en motores principales o auxiliar | 8 | 1 | 5 | 815 |
| | | Nivel de aceite bajo | 3 | 4 | 2 | 342 |
| | | Desgaste o daño de piñones reductor | 8 | 1 | 5 | 815 |
| | Rodadura de barra Kelly | Desgaste de muescas internas rotaria | 4 | 2 | 3 | 423 |
| | Cambio de velocidad inestable | Desgaste piñonería reductor | 8 | 1 | 5 | 815 |
| | | Nivel de aceite bajo | 3 | 3 | 3 | 333 |
| MÁSTIL | Rigidez en articulaciones | Torceduras en bisagras | 2 | 1 | 1 | 211 |
| | | Lubricación deficiente | 2 | 2 | 2 | 211 |
| | Imposibilidad de pinar articulaciones | Torceduras en bisagras | 2 | 1 | 1 | 211 |
| | | Torceduras en pasadores | 2 | 1 | 3 | 213 |
| | | Desgaste en rosca de pasadores y/o tuercas | 2 | 1 | 3 | 213 |
| | Inmovilidad de la rotaria en los rieles del mástil | Desgaste de calzas en mordaza rotaria | 3 | 1 | 3 | 313 |
| | | Abolladuras en rieles mástil | 4 | 1 | 3 | 413 |
| | PANTOGRAFO | Bloqueo de cilindros | Falla en válvulas retenedoras | 6 | 1 | 5 | 615 |
| Fugas | | | 5 | 3 | 4 | 534 |
| Daño empaquetadura | | | 6 | 1 | 5 | 615 |
| Daño estructura | | Sobrecarga movimientos | 6 | 1 | 5 | 615 |
| | | Mala operación | 5 | 1 | 1 | 511 |
| CABRESTANTES | Pérdida de fuerza | Desgaste componentes en motores hidráulicos | 8 | 4 | 3 | 843 |
| | | Fugas | 3 | 3 | 3 | 333 |
| | | Nivel de aceite bajo | 2 | 4 | 3 | 243 |
| | Desgaste precoz del cable | Desgaste en los canales del cabrestante | 3 | 1 | 3 | 313 |
| | | Mal montaje | 4 | 3 | 3 | 433 |
| | | Ausencia de guías de barra Kelly | 2 | 1 | 1 | 211 |

| SISTEMA | FALLA | CAUSA | S | O | D | NPR |
|------------------------|--|---|---|---|---|-----|
| CABRESTANTES | Rigidez en el giro de los tambores | Daño en ejes de motor | 8 | 1 | 5 | 815 |
| | | Daño en asiento motor | 8 | 1 | 5 | 815 |
| BARRA KELLY Y BARRENOS | Inmovilidad de unión giratoria | Daño de rodamientos | 7 | 1 | 5 | 715 |
| | | Daño de eje | 5 | 2 | 1 | 512 |
| | | Saturación de grasa o sedimento de excavación | 5 | 2 | 1 | 512 |
| | | Desgaste | 4 | 4 | 1 | 441 |
| | Rotura de dientes en baldes y barrenos | Proceso de soldadura deficiente | 4 | 4 | 1 | 441 |
| | | Desgaste en topes de funda | 7 | 1 | 3 | 713 |
| | Bloqueo de fundas barra Kelly | Obstrucción por material sedimentado | 4 | 2 | 5 | 425 |

Nota. Cuadro de NPR para los modos de falla propuestas en base a los criterios de severidad, ocurrencia y detección.

A continuación, se muestra la tabla 10, que clasifica la criticidad de los sistemas evaluados y es definida a partir del promedio de los números prioritarios de riesgo asignados a cada uno de los modos de falla presentados en el AMEF.

Tabla 10
Criticidad de sistemas.

| SISTEMA | NPR | CRITICIDAD |
|------------------------|-----|------------|
| Hidráulico | 626 | Muy Alta |
| Eléctrico | 564 | Alta |
| Rotaria | 553 | Alta |
| Generación | 549 | Alta |
| Pantografo | 548 | Alta |
| Barra Kelly y barrenos | 537 | Alta |
| Cabestrantes | 349 | Baja |
| Traslación | 349 | Baja |
| Mástil | 255 | Muy Baja |

Nota. Tabla de criticidad en sistemas evaluados.

6. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Después de analizar la información recolectada en los capítulos anteriores, donde se han definido los sistemas que representan mayor criticidad para la pilotoadora y se ha seleccionado el método de mantenimiento que mejor se adapta al equipo y a las necesidades de producción, se procede a la elaboración específica del plan de mantenimiento.

Al haber seleccionado el método de mantenimiento que se aplicará a la pilotoadora, se procede a la elaboración del plan, que parte con la creación de un sistema de control y registro que permita la correcta gestión de la información y posteriormente con el planteamiento de actividades tipo AMEF.

6.1 Gestión de la información

La finalidad en la gestión de la información es medir y evaluar la efectividad en las actividades de mantenimiento que son realizadas. Es por esto la importancia de un sistema de control y registro que permita la correcta gestión de la información y datos a través de la creación de los siguientes formatos:

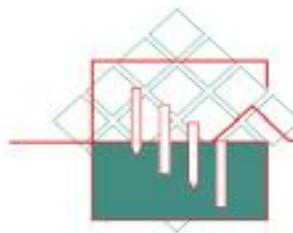
- Ficha técnica
- Solicitud de servicio
- Orden de servicio
- Hoja de vida

6.1.1 Ficha técnica

Se registra información general, técnica y características de la pilotoadora que permiten determinar la aplicabilidad a determinado proyecto.

Figura 34.

Ficha técnica piloteadora CMV TH 15/50.



DISEÑOS Y PILOTAJES **DISEPIL** S.A.S.
CIMENTACIONES ESPECIALES

FICHA TÉCNICA

VERSIÓN: 1.0

| INFORMACIÓN DEL EQUIPO | | | | | |
|----------------------------|--------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|----------|
| | | | EQUIPO | TALADRO HIDRÁULICO | |
| | | | TIPO: | PILOTEADORA KELLY | |
| | | | MARCA: | CMV | |
| | | | MODELO: | TH 15/50 | |
| | | | AÑO DE FABRICACIÓN: | 1998 | |
| | | | SERIE No.: | 1232 | |
| | | | COLOR: | AMARILLO/AZUL | |
| | | | COD. IMPORTACIÓN: | 482014000438659-2 | |
| | | | FECHA INGRESO: | 23/05/2015 | |
| | | | ORIGEN: | ITALIA | |
| CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO | | | | | |
| PESO: | 56000 Kg | | | | |
| TORQUE: | 15100 Kgm | | | | |
| VELOCIDAD: | 8 - 23 RPM | | | | |
| CABLE PRINCIPAL: | 1" 6X19 AA | | | | |
| CABLE AUXILIAR: | 7/8" 6X19 AA | | | | |
| CARGA WINCHER PRINCIPAL: | 16000 Kg | | | | |
| CARGA WINCHER AUXILIAR: | 7500 Kg | | | | |
| DIAMETRO DE PERFORACIÓN | 0.5 - 1.5 m | BARRA KELLY: | 5X13,5 m | MAX LONGITUD DE EXCAVACIÓN: | 64 m |
| ESPECIFICACIONES MOTOR | | | | | |
| MARCA: | CUMMIN'S | MODELO: | 6CTA 8,3 | SERIAL: | 45314976 |
| POTENCIA: | 220 HP | FILTRO COMBUSTIBLE: | Fleetguard FS1000 | | |
| FILTRO ACEITE: | Baldwin B76 | | | | |

ARQUITECTURA E INGENIERÍA



Carrera 70 No. 68 A - 71 Of. 204
Tel: 2246250 - 291 7733 - 440 1015
diseopedro@yaho.com
soportedsepil@yahoo.com

www.disepil.co

Nota. Ficha técnica de la piloteadora. Se presentan las características técnicas principales.

6.1.2 Solicitud de servicio

Este formato es utilizado para requerir formalmente un servicio de mantenimiento antes, durante o después de la operación. Facilita la organización de actividades a implementar.

Figura 35.

Formato solicitud de servicio.

| | | | | | |
|-----------------------------|--|------------------------------|---------------------------|--------------|-----|
| | | SOLICITUD DE SERVICIO | | VERSIÓN | 1.0 |
| | | | | Solicitud N° | |
| FECHA: | | PROYECTO: | | | |
| EQUIPO: | | HOROMETRO: | | | |
| OPERADOR: | | RESIDENTE: | | | |
| TIPO DE MANTENIMIENTO: | | INSPECCIÓN | PREVENTIVO | CORRECTIVO | |
| DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD | | | | | |
| | | | | | |
| RESIDENTE | | | _____ COORDINADOR MTO. | | |

Nota. Se muestra el formato de solicitud de servicio, vital para el manejo de información.

6.1.3 Orden de servicio

Es la instrucción expresa que establece quien, como, cuando y bajo qué condiciones se realizara la actividad de mantenimiento determinada. La importancia de este formato está en la recopilación de datos, coordinación de actividades, optimización de tiempos, evaluación de indicadores y calidad del mantenimiento.

Figura 36.

Formato orden de servicio.

| | | | | | |
|-----------------------------|------------|---------------------|------------|--------------------|------------|
| | | ORDEN DE SERVICIO | | VERSIÓN | 1.0 |
| | | | | Orden N° | |
| INTERNO | | EXTERNO | | | |
| FECHA: | | SOLICITUD N° | | | |
| EQUIPO: | | UBICACIÓN: | | | |
| OPERADOR: | | RESIDENTE: | | | |
| ACTIVIDAD ASIGNADA A: | | | | | |
| TIPO DE MANTENIMIENTO: | INSPECCIÓN | | PREVENTIVO | | CORRECTIVO |
| DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD | | | | | |
| | | | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO | | | | | |
| | | | | | |
| RECURSOS | | | | | |
| CANTIDAD | UNIDAD | ITEM | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SEGUIMIENTO | | | | | |
| FECHA INICIO ACTIVIDAD: | | HOROMRTRTO INICIAL: | | | |
| FECHA FIN ACTIVIDAD: | | HOROMETRO FINAL: | | | |
| SOLICITA | | EJECUTA | | COORDINADOR MTO | |

Nota. Formato de orden de servicio en el que se consignan las características del servicio a realizar.

6.1.4 Hoja de vida

Es un registro de intervenciones realizadas a la piloteadora ya sea por el departamento de mantenimiento o por técnicos externos, a través de la hoja de vida se puede obtener información histórica acerca de gastos de mantenimiento,

6.2 Tareas de mantenimiento

Para la elaboración de este plan de mantenimiento se tendrán en cuenta según el autor Alberto Mora Gutiérrez en su libro Mantenimiento, ejecución, planeación y control, la clasificación de las actividades de mantenimiento. “Estas tareas pueden ser divididas ya sea en tiempo, es decir en la frecuencia con la que se ejecutan o en la condición de desgaste que presente la pieza o componente” [5]

En la siguiente tabla se muestran las frecuencias de mantenimiento constituidas para la piloteadora.

Tabla 11.

Frecuencia para actividades de mantenimiento.

| NOMENCLATURA | FRECUENCIA (Hrs.) |
|---------------------|------------------------------|
| A | 10 |
| B | 50 |
| C | 100 |
| D | 250 |
| E | 500 |
| F | 1000 |
| G | 2000 |

Nota. La tabla muestra una letra del alfabeto para cada una de las frecuencias establecidas para el desarrollo de actividades de mantenimiento.

Las tareas de mantenimiento basadas en el desgaste de componentes son instauradas para evaluar y verificar el funcionamiento de la piloteadora, enfocadas en el seguimiento del desgaste y funcionamiento de los sistemas más críticos comparando parámetros de funcionamiento establecidos fundamentados principalmente en tareas de inspección, ajuste y limpieza.

6.2.1 Tarea de inspección

Es una actividad de reconocimiento de muy bajo costo que permite diagnosticar superficialmente el estado de la máquina, de manera visual, acústica y sensitiva de componentes, permitiendo la prevención de fallas y posibilitando la programación de actividades.

6.2.2 Tarea de ajuste y limpieza

Aunque este tipo de tareas no se acostumbra a realizar en medio de la operación, son de gran importancia ya que en medio de su ejecución se pueden prever fallas que simplemente mediante los instrumentos o la inspección visual no podrían ser detectadas con facilidad.

El ajuste y limpieza van más allá del aspecto visual del equipo, también implican la prevención de fallas a través de la evidencia de fugas, movilidad de piezas, control de vibraciones, desgaste, entre otras.

6.2.3 Tareas de lubricación

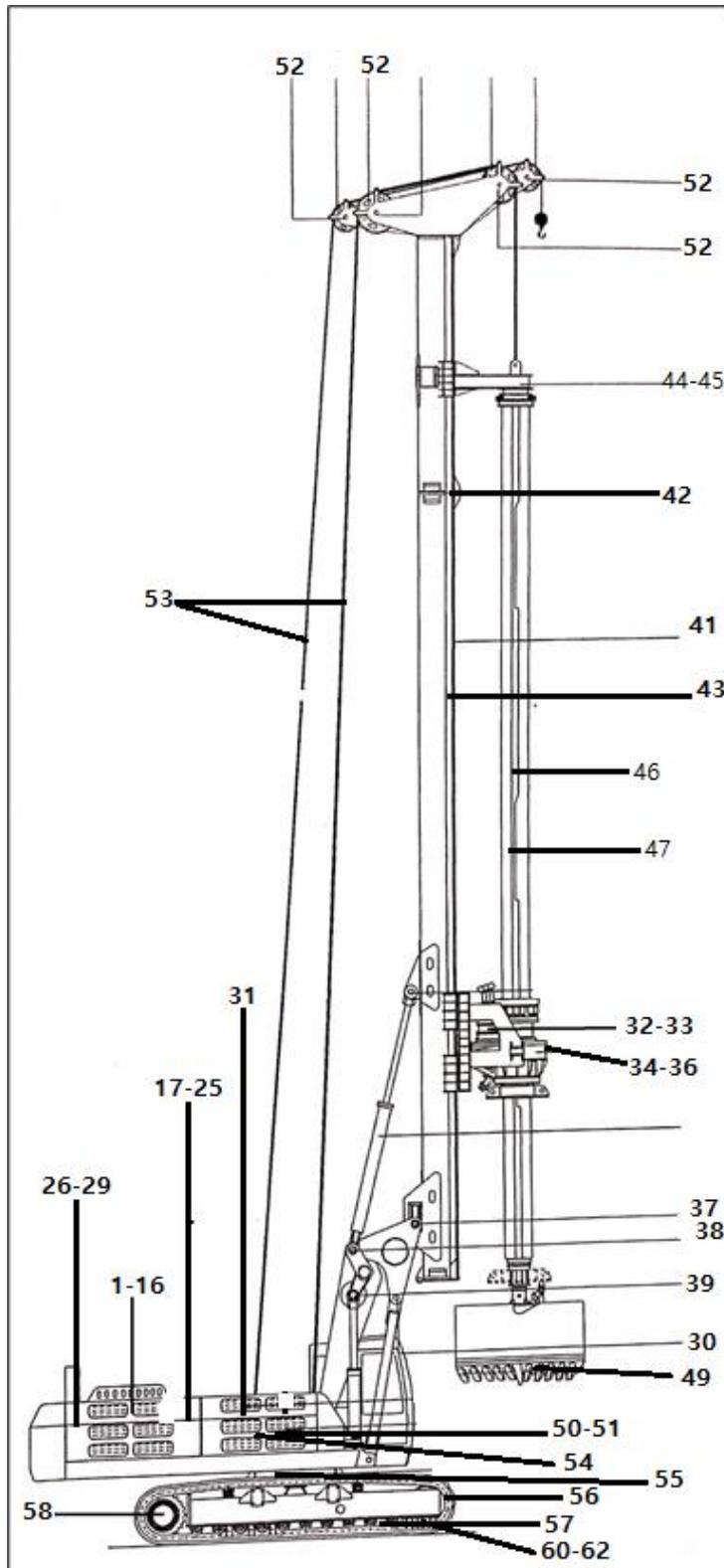
Es uno de los aspectos más importantes dentro del mantenimiento de cualquier equipo, ya que su buen uso permite alargar la vida útil de componentes al reducir la fricción, el desgaste, la recepción de impurezas y representa un gran potencial para el ahorro de costes.

6.3 Rutas de mantenimiento

Son las actividades establecidas a través de las tareas de mantenimiento y llevadas a cabo en base al análisis de modo y efecto de falla, número prioritario de riesgo, criticidad de sistemas y experiencia del personal cercano a la labor de la pilotoadora.

A continuación, se muestra la tabla 12 en la que se enlistan las actividades a desarrollar en función de la frecuencia.

Figura 38.
Puntos de mantenimiento.



Nota. La ilustración muestra los puntos donde deben realizarse las actividades de mantenimiento descritas a continuación.

Tabla 12.

Rutas de mantenimiento.

|  | | | | RUTA DE MANTENIMIENTO | | | PAG 1 DE 8 |
|---|---|------------|---|---|--------|---|-------------|
| FRECUENCIA (HORAS) | | | | SISTEMA DE GENERACIÓN | | | VERSIÓN 1.0 |
| A | 10 | B | 50 |  | CAMBIO |  | INSPECCIÓN |
| C | 100 | D | 250 | | | | |
| E | 500 | F | 1000 | | | | |
| G | 2000 | | | | | | |
| # | COMPONENTE | FRECUENCIA | ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO | | COD. FALLA | |
| 1 | Drenaje del separador de agua y combustible | A |  | Operador. Drenar el agua y sedimentos del separador diariamente con el motor apagado. Gire la valvula en contra de las manecillas del reloj hasta que comience a drenar. Drenar hasta que el combustible limpio sea visible. (3 min.) | | GE-03-D Reemplazar filtro. Vaya a actividad 13. | |
| 2 | Filtro de aire | D |   | Operador. Limpiar y sacudir filtro. Si utiliza compresor sacuda de adentro hacia afuera. No golpee el filtro con elementos rigidos ni exponer al agua (1 min.) | | GE-03-C Reemplazar por uno nuevo. | |
| 3 | Comprobar nivel de combustible | A |  | Operador. Verificar nivel de combustible antes del inicio de la operación. (1 min.) | | GE-02-B Agregar hasta que el nivel sea superior al indicador "L" | |
| 4 | Comprobar nivel de refrigerante | A |  | Operador. No remover la tapa o agregue refrigerante al radiador con el motor caliente. Espere a que la temperatura sea inferior a 50 °C. (1 min.) | | Verifique el nivel minimo y adicione de ser necesario. | |
| 5 | Fugas | A |  | Operador y ayudantes. Comprobar existencia de fugas sea de combustible, aceite o refrigerante (5 min.) | | GE-04-C Reemplazar mangueras, retenes o empaques | |
| 6 | Correa de repartición | A |  | Operador. Comprobar existencia de fisuras, grietas, deformación, Tensión. Las grietas trasversales son aceptadas, las longitudinales requieren cambio. (1 min.) | | En caso de grietas longitudinales reemplazarse por una nueva | |
| 7 | Comprobar nivel de aceite | A |  | Operador. Nunca operar el equipo con el nivel inferior a la marca "L" o superior a "H". (1 min) | | GE-04-D Verifique el nivel minimo y adicione | |
| 8 | Ventaviola | A |  | Operador. Compruebe si hay grietas, remaches sueltos y aspas dobladas o sueltas. Apretar tornillos si es necesario. (1 min.) | | GE-02-A Solicite ventaviola nueva | |

|  | | | | RUTA DE MANTENIMIENTO | | | PAG 2 DE 8 | | |
|---|---|----------------|---|---|--|---|-------------|---------------|------------|
| FRECUENCIA (HORAS) | | | | SISTEMA DE GENERACIÓN | | | VERSIÓN 1.0 | | |
| A | 10 | B | 50 |  | CAMBIO |  | INSPECCIÓN | | |
| C | 100 | D | 250 |  | AJUSTE Y LIMPIEZA |  | LUBRICACIÓN | | |
| E | 500 | F | 1000 | # | COMPONENTE | FRECUENCIA | ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO | COD. FALLA |
| G | 2000 | | | | | | | | |
| 9 | Contactos eléctricos | B |  | Eléctricista. Desconecte las terminales y aplique limpia contactos en buena cantidad. Realizar inspección visual a terminales y cables. (1 hr.) | GE-03-E Sustituir cables o terminales en caso de daño. | | | | |
| 10 | Aceite lubricante y filtros de aceite | D (3 meses) |  | Operador. Cambiar aceite (4Gl) 15W 40 y filtros para remover contaminantes suspendidos en el aceite. (1 hr.) | GE-04-D Reemplazar aceite y filtro | | | | |
| 11 | Sistema de admisión | D |  | Mecánico. Inspeccionar la tubería de admisión en busca de mangueras agrietadas, abrazaderas sueltas o perforaciones que puedan permitir que la suciedad y los desechos entren en el motor. (1 hr) | GE-05-B Sello de perforaciones o cambio de línea de alimentación | | | | |
| 12 | Enfriador de aire de carga | D |  | Mecánico. Inspeccionar turbo cargador en busca de grietas, mangueras o tubos deteriorados. (15 min.) | GE-03-C Reemplace turbo | | | | |
| 13 | Filtro de combustible | D |  | Mecánico. Limpiar el area alrededor del cabezal del filtro de combustible. Limpiar la superficie de la junta del cabezal del filtro. Reemplazar el o-ring. Llenar los filtros con combustible limpio y lubricar el o-ring con aceite limpio. (30 min) | GE-03-D Reemplace filtro | | | | |
| 14 | Tensión correa repartición | F |  | Mecánico. Tensionar la correa de acuerdo a la recomendación del fabricante. (20 min.) | En caso de grietas longitudinales, reemplace por una nueva | | | | |
| 15 | Rodamiento tensor correa de repartición | F |  | Mecánico. Inspeccionar rodamiento en busca de grietas o daños (10 min) | Reemplace el patin | | | | |
| 16 | Amortiguador de vibraciones | G |  | Mecánico. Verificar la alineación de las líneas del damper. Si estas estan desalineadas mas de 1.6 mm se debe reemplazar. (45 min) | Reemplace damper | | | | |

|  | | | | RUTA DE MANTENIMIENTO | | PAG 3 DE 8 | | |
|---|---|---|------------|---|--|---|-------------------|---|
| FRECUENCIA (HORAS) | | | | SISTEMA HIDRÁULICO | | VERSIÓN 1.0 | | |
| A | 10 | B | 50 |  | CAMBIO |  | INSPECCIÓN | |
| C | 100 | D | 250 | |  | | AJUSTE Y LIMPIEZA |  | LUBRICACIÓN |
| E | 500 | F | 1000 | | | | | |
| G | 2000 | | | | | | | |
| # | COMPONENTE | | FRECUENCIA | ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO | COD. FALLA | | |
| 17 | Nivel de aceite hidráulico | | A |  | Operador. Verificar que el nivel de aceite se encuentre entre las marcas "L" y "H". (ISO 68) (1 min) | HD-01-A Adicione aceite | | |
| 18 | Fugas | | A |  | Operador. Inspeccionar red de tuberías y mangueras en busca de fugas. (20 min) | HD-01-B Grafar o reemplazar mangueras o tubería | | |
| 19 | Acomplamientos bomba principal y piloto | | B |  | Mecánico. Verificar el estado, alineación max 10mm, funcionamiento de los acoples de la bomba principal y piloto. (1 hr) | HD-02-C Reemplace acople | | |
| 20 | Radiador aceite | | C |  | Operador. Limpiar las rejillas del radiador de adentro hacia fuera. Comprobar paso de luz a través de las rejillas. (1 hr) | HD-03-B Contratar reparación de radiador | | |
| 21 | Filtros aceite hidráulico | | G |  | Mecánico. Realizar cambio de filtros en la línea de succión y retorno. (1 hr) | Reemplace filtros | | |
| 22 | Válvulas retenedoras de cilindros | | G |  | Mecánico. Inspecciona estado del interior de la válvula, los resostes no deben estar rotor y deben tener elongación, los o-ring no deben estar cristalizados o rotos. (30 min) | HD-01-C Cambiar componentes internos válvula, calibrar o reemplazar | | |
| 23 | Aceite hidráulico | | G |  | Mecánico. Reemplazar totalidad del aceite hidráulico en el sistema. (2.5 hrs) | HD-02-C Reemplace el aceite | | |
| 24 | Conjuntos rotativos de bombas | | G |  | Mecánico. Verifique que los anillos de los pistones no estén rotos, que el barril no tenga rayaduras, placa valvula no tenga rayaduras (4 hrs) | HD-03-C Reemplace el conjunto rotativo | | |
| 25 | Tanque aceite hidráulico | | G |  | Mecánico. Limpiar el interior del tanque al drenar la totalidad del aceite hidráulico. (4 hrs) | En caso de fugas enviar tanque a reparación. | | |

|  | | | | RUTA DE MANTENIMIENTO | | PAG 4 DE 8 | |
|---|-------------------------|-------------|---|--|---|--|------------|
| | | | | SISTEMA ELÉCTRICO | | VERSIÓN 1.0 | |
| FRECUCIA (HORAS) | | | |   | CAMBIO |   | INSPECCIÓN |
| A | 10 | B | 50 | | | | |
| C | 100 | D | 250 | | | | |
| E | 500 | F | 1000 | | | | |
| G | 2000 | | | | | | |
| # | COMPONENTE | FRECUCIA | ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO | COD. FALLA | | |
| 26 | Baterías | A condición |  | Operador. Verifique si las baterías se encuentran sulfatadas, sopladas, rotas o se descargan en menos de un día. (20 min) | EL-02-B Reemplace baterías (2) | | |
| 27 | Voltaje baterías | A |  | Operador. Comprobar el voltaje de las baterías a través de los instrumentos en cabina. Mínimo 24V (1 min) | EL-02-A Reemplace baterías (2) | | |
| 28 | Nivel ácido de baterías | B |  | Eléctricista. Comprobar que el nivel de ácido cubra las plaquetas de las baterías. (15 min) | EL-02-A Adicionar liquido o nivelar con agua | | |
| 29 | Contactores | D |  | Eléctricista. Soltar y limpiar uno a uno la totalidad de los contactores de relevos, fusibles, conectores con limpia contactos. (3 hrs) | EL-01-A Cambiar contactos, cables o terminales | | |
| 30 | Paradas de emergencia | D |   | Eléctricista. Verificar y limpiar el funcionamiento de los paros de emergencia y el cableado que los compone. (3 hrs) | EL-01-D Cambiar cableado o pulsadores de emergencia | | |
| 31 | Electroválvulas | E |   | Mecánico. Verificar uno a uno el funcionamiento de electroválvulas magnetizando las bobinas, realizar limpieza en contactos de sockets y válvulas (3 hrs) | EL-05-A Reemplace bobinas o electroválvula completa según necesidad | | |

|  | | | | RUTA DE MANTENIMIENTO | | | PAG 5 DE 8 | | | |
|---|---|---|-----------------|---|--|---|---|---|-------------|--|
| FRECUENCIA (HORAS) | | | | SISTEMA ROTARIA | | | VERSIÓN 1.0 | | | |
| A | 10 | B | 50 |  | CAMBIO |  | INSPECCIÓN | | | |
| C | 100 | D | 250 | |  | | AJUSTE Y LIMPIEZA |  | LUBRICACIÓN | |
| E | 500 | F | 1000 | | | | | | | |
| G | 2000 | | | | | | | | | |
| # | COMPONENTE | | FRECUENCIA | ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO | | COD. FALLA | | | |
| 32 | Verificar fugas en mangueras, cilindros y acoples | | A |  | Mecánico. Comprobar presencia de fugas de aceite hidráulico en componentes como motores, mangueras, acoples, cilindro pull-down (1 min) | | RO-01-A Reemplace los elementos con fuga | | | |
| 33 | Pasadores | | B |  | Operador. Veriificar el estado de los pasadores que enlazan el pull-down con la rotaria. No deben estar doblados o sin pin. (1 min) | | Solicitar fabricación de nuevos pasadores si es necesario. | | | |
| 34 | Nivel de grasa al interior de la rotaria | | C |  | Operador. Verificar que el nivel de grasa al interior de la rotaria no se encuentre por debajo del minimo. (15 min) | | RO-01-B Adicionar de ser necesario | | | |
| 35 | Desgaste superficial | | D |  | Operador. Inspeccionar la superficie de la carcasa de la rotaria, muescas internas y guías de la misma que no presenten desgaste que impidan la transmision de par al Kelly (1min) | | RO-02-A Cambiar las muescas que se encuentren desgastadas | | | |
| 36 | Rodamientos y piñonera reductores | | G |  | Mecánico. Inspeccionar los rodamientos y piñonera del reductor, solamente levantando la tapa superior de la rotaria (2 hrs) | | RO-03-A Según el estado del piñon solicitar relleno, cambio o fabricación del componente | | | |
| | | | Según condición |  | En caso de fallo, desmontar y reemplazar el componente averiado | | | | | |

|  | | | | RUTA DE MANTENIMIENTO | | | PAG 6 DE 8 | |
|---|---|------------|---|---|--|---|-------------------|---|
| FRECUENCIA (HORAS) | | | | SISTEMA PANTOGRAFO | | | VERSIÓN 1.0 | |
| A | 10 | B | 50 |  | CAMBIO |  | INSPECCIÓN | |
| C | 100 | D | 250 | |  | | AJUSTE Y LIMPIEZA |  | LUBRICACIÓN |
| E | 500 | F | 1000 | | | | | |
| G | 2000 | | | | | | | |
| # | COMPONENTE | FRECUENCIA | ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO | COD. FALLA | | | |
| 37 | Verificar fugas en mangueras, cilindros y acoples | A |  | Operador. Comprobar presencia de fugas de aceite hidráulico en componentes como motores, mangueras, acoples, cilindro pull-down (1 min) | PA-01-B Reemplace los componentes que presenten fugas | | | |
| 38 | Articulaciones | B |  | Operador y ayudante. Engrasar todos los puntos de articulaciones (2 hrs) | Lubricar los puntos según la frecuencia indicada | | | |
| 39 | Cilindros hidráulicos | E |  | Mecánico. Verificar el estado de los cilindros hidráulicos de nivelación mástil y avance pantografo (rayaduras o grietas en vastagos, desgaste en las camisas de los cilindros, estado de valvulas retenedoras) (1.5 hrs) | PA-01-A Reemplace los componentes que presenten fugas o se encuentren en mal estado | | | |
| 40 | Desgaste superficial | D |  | Operador. Inspeccionar el estado de la estructura en busca de fisuras o grietas que puedan poner en peligro la estabilidad de la misma. (1 hr) | PA-02-A Si la grieta puede ser reducida con soldadura, solicite el trabajo si no, cambie el componente | | | |
| SISTEMA MÁSTIL | | | | | | | | |
| 41 | Guías mástil | A |  | Ayudantes. Lubricar guías para la correcta movilidad de la rotaria (30 min) | MA-03-B Lubricar guías según la frecuencia recomendada | | | |
| 42 | Pasadores | C |  | Operados. Verificar el estado de los pasadores de unión de extensión y base mástil, que no esten doblados o fisurados comprobar estado de roscas y topes (15 min) | MA-02-B Reemplace pasadores | | | |
| 43 | Desgaste superficial | D |  | Inspeccionar el estado de la estructura en busca de fisuras o grietas en la misma. | MA-02-C Solicite acompañamiento del soldador si la fisura puede reducirse de esta manera | | | |

| | | | | RUTA DE MANTENIMIENTO | | | PAG 7 DE 8 | |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------|---|---|------------|-------------------|-------------|
| FRECUENCIA (HORAS) | | | | SISTEMA BARRA KELLY Y BARRENOS | | | VERSIÓN 1.0 | |
| A | 10 | B | 50 | | CAMBIO | | INSPECCIÓN | |
| C | 100 | D | 250 | | | | AJUSTE Y LIMPIEZA | LUBRICACIÓN |
| E | 500 | F | 1000 | | | | | |
| G | 2000 | | | | | | | |
| # | COMPONENTE | FRECUENCIA | ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO | | COD. FALLA | | |
| 44 | Unión giratoria "Rata" | A | | Ayudante. Engrasar los puntos de lubricación de la unión giratoria (10min) | KB-01-C Lubricar punto de engrase según la frecuencia recomendada | | | |
| 45 | Unión giratoria "Rata" | D | | Mecánico. Destapar unión giratoria para comprobar el estado de los rodamientos internos, no deben estar rotos, con juego o sin pistas (2 hrs) | KB-01-C Reemplazar rodamientos | | | |
| 46 | Desgaste muescas kelly | E | | Operador. Verificar el estado de las muescas de la barra kelly que permitan la transmisión del par rotacional (15 min) | KB-03-B Reemplazar muescas deterioradas | | | |
| 47 | Barra Kelly | G | | Operador y mecánico. Desarmar el kelly en su totalidad para inspeccionar el estado de los topes de las fundas y muescas de la barra Kelly (2 días) | KB-03-A Abrir ventanas que permitan realizar limpieza de sedimentos en las fundas interiores y revestimiento de topes desgastados | | | |
| 48 | Baldes | Según Condición | | Operador. Verificar el estado del cuerpo, cuadrante, tapas, bisagras, lanzas, puntas o dientes. Reparar de ser necesario. Desgaste mayor a 20 mm por diente o punta (2 min) | KB-02-A Reemplazar dientes o puntas y soldar tapas o bisagras | | | |
| 49 | Brocas helicoidales | Según Condición | | Operador. Verificar el estado de hélices, cuadrante, tapas, puntas o dientes. Reparar de ser necesario. Desgaste mayor a 20 mm por diente o punta. (2 min) | KB-02-A Reemplazar dientes o puntas y soldar hélices | | | |
| SISTEMA CABESTRANTES | | | | | | | | |
| 50 | Tornillos bloqueo de cabestrantes | C | | Mecánico. Verificar el apriete de los tornillos que bloquean los cabestrantes. No deben estar sueltos o rodados (15 min) | CA-02-B Apretar o reemplazar de ser necesario | | | |
| 51 | Nivel de aceite en reductores | C | | Operador. Verificar que el nivel de aceite en los reductores de los motores de los cabestrantes no este por debajo del minimo. (10 min) | CA-01-C Adicionar si es necesario | | | |
| 52 | Pasadores bloque de poleas | C | | Ayudante. Aplicar grasa en los puntos de lubricación del bloque de poleas (5 min) | Lubricar puntos de engrase sugeridos | | | |
| 53 | Cables | C | | Operador. Verificar el estado de los cables. Considerar numero de hilos rotos, corrosión. (5 min) | CA-02-A Reemplace el cable si se encuentran mas de dos torones rotos o la deformación es mayor a un diametro | | | |
| 54 | Motores hidráulicos cabestrantes | G | | Verificar que no esten rotos los anillos, pistones deformados o barril con rayaduras en los conjuntos rotativos de los motores. (2 hrs) | CA-01-A reemplace conjuntos rotativos | | | |

|  | | | | RUTA DE MANTENIMIENTO | | | PAG 8 DE 8 |
|---|---|------------|---|---|---|---|-------------|
| FRECUENCIA (HORAS) | | | | SISTEMA TRASLACIÓN | | | VERSIÓN 1.0 |
| A | 10 | B | 50 |  | CAMBIO |  | INSPECCIÓN |
| C | 100 | D | 250 |  | AJUSTE Y LIMPIEZA |  | LUBRICACIÓN |
| E | 500 | F | 1000 | | | | |
| G | 2000 | | | | | | |
| # | COMPONENTE | FRECUENCIA | ACTIVIDAD | PROCEDIMIENTO | COD. FALLA | | |
| 55 | Rodamiento giro de torreta | A |  | Ayudante. Lubricar rodamiento de giro torreta (10 min) | Lubricar según carta de lubricación | | |
| 56 | Tensión cadena | A |  | Operador. Verificar la tensión de la cadena que no ceda al soportar el peso de un hombre (2 min) | TR-03-C Tensionar tanto como lo permita el terreno | | |
| 57 | Rodillos superiores en inferiores | A |  | Operador. Inspeccionar el estado y ajuste de los rodillos superiores e inferiores. El rodillo no debe permitir oscilación de la cadena mayor a 5 mm (2 min) | TR-04-C Aplicar soldadura de revestimiento en el contorno del rodillo | | |
| 58 | Rueda tensora | A |  | Operador. Verificar presencia de desgaste en la rueda tensora. La estria de la rueda debe ser no menor a 20 mm | TR-01-D Aplicar soldadura de revestimiento | | |
| 59 | Articulaciones de los largueros | B |  | Ayudante. Engrasar los puntos de lubricación de los largueros (10 min) | Lubricar según carta de lubricación | | |
| 60 | Dientes de sprocket | B |  | Ayudante. Aceitar los dientes del sprocket (5 min) | Lubricar según carta de lubricación | | |
| 61 | Aceite reductor torreta | E |  | Mecánico. Cambiar aceite de transmisión para reductor torreta (1 hr) | Cambiar según carta de lubricación | | |
| 62 | Nivel aceite reductor motores de traslación | E |  | Operador. Verificar que el nivel de aceite de los reductores no este por debajo del mínimo (1 min) | TR-01-A Adicionar de ser necesario | | |
| 63 | Tejas estera | F |  | Operador. Verificar que los tornillo que fijan las tejas a la cadena no esten sueltos o rodados o que las tejas esten deformadas o fisuradas (40 min) | TR-03-B Aprete o reemplace si es necesario | | |
| 64 | Aceite reductores de traslación | F |  | Mecánico. Cambiar aceite de transmisión para reductores (1 hr) | TR-01-A Cambiar según carta de lubricación | | |
| 65 | Nivel de aceite reductor torreta | F |  | Operador. Verificar que el nivel de aceite del reductor de la torreta no este por debajo del mínimo (2 min) | TR-01-A Adicionar de ser necesario | | |
| 66 | Tornillos anillo de giro torreta | F |  | Operador. Verificar el apriete de los tornillos de fijación del anillo de giro. No deben estar sueltos o rodados. (45 min) | TR-02-B Aprete o reemplace si es necesario | | |

Nota. Ruta de mantenimiento donde se indican determinadas tareas para cada uno de los sistemas en función de la frecuencia.

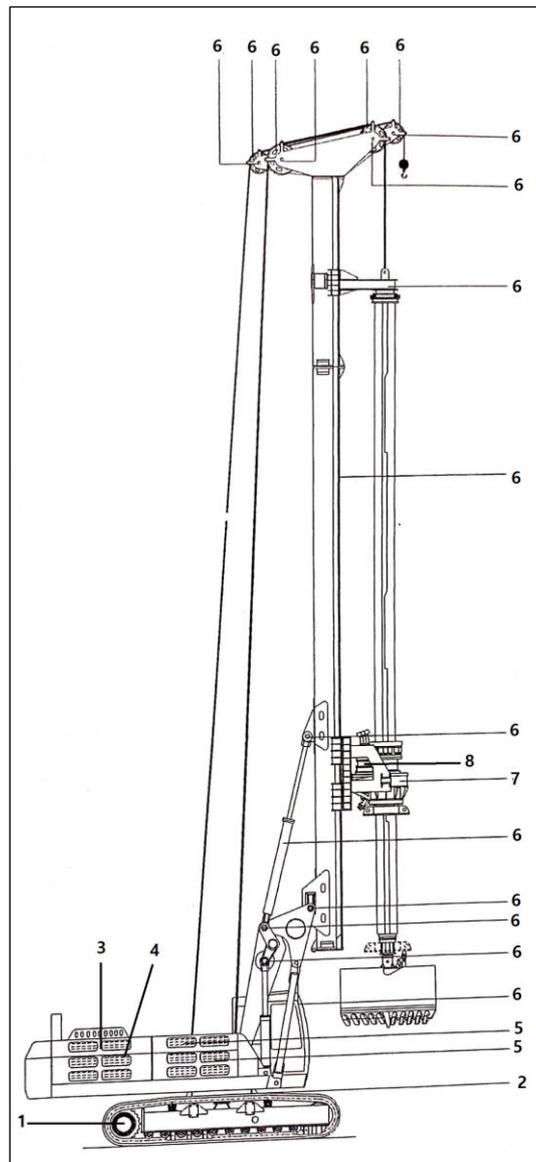
6.4 Ruta de lubricación

La ruta de lubricación es establecida en base a la experiencia obtenida por el personal involucrado con la máquina.

Existen diferentes puntos de engrase que se tendrán en cuenta para la elaboración de la ruta de lubricación y se muestran en la siguiente ilustración.

Figura 39.

Puntos de engrase.



Nota. Se muestran los puntos donde se deben realizar las actividades de lubricación

Tabla 13.

Ruta de lubricación

|  | | | | RUTA DE LUBRICACIÓN | | | PAG 1 DE 1 |
|---|---------------------------|------------|---|---------------------|----------|---|-------------|
| | | | | | | | VERSIÓN 1.0 |
| A | 10 | C | 100 | E | 500 | G | 2000 |
| B | 50 | D | 250 | F | 1000 | | |
| # | COMPONENTE | FRECUENCIA | TIPO DE LUBRICANTE | UNIDAD | CANTIDAD | | |
| 1 | Reductor orugas | F | Delta ignition 85W140 (Aceite transmisión) | Gl | 1.5 | | |
| 2 | Reductor rotación torreta | E | Delta ignition 85W140 (Aceite transmisión) | Gl | 2.75 | | |
| 3 | Motor Diesel | D | Mobil Delvac MX ESP 15W40 (Aceite motor) | Gl | 5 | | |
| 4 | Sistema hidráulico | G | Cinco-Once ISO 68 (Aceite hidráulico) | Gl | 158 | | |
| 5 | Cabestrante principal | E | Mobil ATF 220 (Aceite transmisión) | Gl | 2 | | |
| 5 | Cabestrante auxiliar | E | Mobil ATF 220 (Aceite transmisión) | Gl | 2 | | |
| 6 | Puntos de engrase | B | Shell Grease 3 (Grasa multipropósito base litio EPL3) | Kg | ..... |  |  |
| 7 | Rotaria | E | Texaco Multifak MP 2 (Grasa base teflon) | Kg | 50 | | |
| 8 | Reductor rotaria | F | Mobil Glygoyle 22 (Aceite transmisión) | Gl | 3.5 | | |

Nota: La tabla muestra el tipo y cantidad de lubricante que se requiere para las actividades de lubricación.

7. ANÁLISIS DE RESPUESTOS

Uno de los principales problemas que se presentan en la industria son los retrasos en intervenciones de mantenimiento por no disponibilidad inmediata de los repuestos para un equipo que combinado con la falla extienden el tiempo muerto en un proceso generando pérdidas económicas, retrasos en las actividades, mala relación con el cliente, etc.

De acuerdo al análisis realizado en la sección 3.2.1, gestión actual de repuestos y compras es evidente la importancia de manejar de manera organizada los repuestos e insumos relacionados a mantenimiento, por lo que se propone este análisis para este proyecto. Realizada dicha organización aumentara el grado de facilidad en las intervenciones preventivas, y operaciones logísticas.

Los repuestos a seleccionar en stock serán determinados según la metodología descrita en el libro organización y gestión integral del mantenimiento redactado por Santiago García Garrido, en donde “se establece una selección de repuestos según una serie de criterios, que permite elaborar una clasificación según la responsabilidad que tienen estos dentro del equipo o proceso, y para dar por hecho este proceso metodológico se deben relacionar aquellos repuestos que son estrictamente necesarios para la operación de la maquina piloteadora y que se reemplazan según su uso” [6]

Para concluir la introducción del análisis se debe aclarar que este se realizara solo con la mención de los repuestos ya que es decisión netamente de la empresa DISEPIL S.A.S. quienes serán sus proveedores y según esto los precios para las ofertas de dichos repuestos.

7.1 Criterios para la selección de repuestos

En la selección de los repuestos se deben tener en cuenta aspectos importantes, como son:

- Tiempo perdido. En relación a este aspecto se establece la importancia de determinar que insumos o repuestos son cruciales con el fin de evitar tiempos de parada muy altos en medio de una contingencia.
- Criticidad. Según la criticidad establecida en el AMEF para los sistemas que integran la maquina se fomentara la selección de los repuestos correspondiente en donde priman los sistemas con mayor índice de criticidad y menor medida los sistemas con baja criticidad.
- Consumo. Son piezas que se deben intercambiar en un tiempo determinado debido a su uso y que para facilitar el proceso deberían estar en stock y serán seleccionadas en base al historio de fallas.
- Tiempo de entrega. Es importante mantener suministros en stock que por disponibilidad de proveedores o tiempo de importación puedan tardar días e incluso meses en ser entregados y que pertenezcan a un sistema de alta criticidad.

7.2 Clasificación repuestos para stock

En esta clasificación se relacionan las categorías según la responsabilidad de componente en el equipo o proceso.

- Consumibles. Según el histórico de fallas realizado por la empresa, se establecen una serie de elementos de cambio frecuente según su uso que generalmente se sustituyen sin presentar una falla, pero que de no ser reemplazados pueden generar grandes afectaciones al equipo como por ejemplo filtros, lubricantes, empaques, tornillería, etc.
- Piezas sometidas a desgaste. Son elementos fijos o móviles que se desgastan por abrasión o contacto durante la operación y que necesitan ser reemplazados para evitar fallas de alto impacto.
- Piezas móviles. Elementos que están relacionadas directamente con un movimiento frecuente puede ser de rotación o lineal y que por la acción de una

fuerza constante presentan fatiga como bombas, motores, piñonera, ejes, correas, poleas, cables, cadenas, etc.

- Piezas estructurales. Componentes que funcionan como soporte del equipo sometidos a compresión o tensión y que, aunque rara vez, pueden fallar por recurrencia de una carga constante.
- Componentes eléctricos y electrónicos. Elementos o instalaciones que presentan fallas comunes por malas conexiones, calentamiento, chispa, variación del voltaje y rpm, etc.
- Componentes de medición. Instrumentos que se encargan de controlar las variables sobre las que se diseñaron el proceso y sobre las cuales se asegura el correcto funcionamiento del mismo como manómetros, horómetro, termómetros, etc.

La compra de los repuestos se rige por dos grandes ítems que corresponden a la disponibilidad que se tiene dentro del país o si se debe solicitar por medio de empresas que realicen la importación de los componentes.

- Importados. La entrega de los repuestos por importación depende directamente de los fabricantes de las piezas y el tiempo de entrega brindado por la empresa importadora del elemento, este puede variar de 6 a 10 semanas (Importación a Colombia).
- Locales. Compras de repuestos que se pueden conseguir dentro del territorio colombiano y que poseen un tiempo de entrega de 1 a 3 días hábiles según la empresa distribuidora del mismo.

La clasificación principal se realizó de la mano con la empresa DISEPIL S.A.S. según la necesidad de los repuestos que se tienen actualmente en planta, de la siguiente manera:

- Repuestos tipo 1. Son elementos que se mantienen en stock debido a su cambio frecuente y que pueden ser multiequipos.

- Repuestos tipo 2. Elementos que no se mantienen en stock actualmente, pero se localizan con proveedores previamente seleccionados, teniendo en cuenta los tiempos de entrega o importaciones.
- Repuestos tipo 3. Repuestos que son de baja criticidad y poca frecuencia de falla que no son necesarios en stock y que en su momento no afectaran de forma grave la operación.

Tabla 14.

Clasificación de repuestos.

| CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS | | | | | |
|----------------------------|----------|-------------------|---------------|------------|----------|
| RESPONSABILIDAD | | | | | |
| Consumibles | Desgaste | Móviles | Estructurales | Eléctricos | Medición |
| C | D | M | S | E | I |
| DISPONIBILIDAD | | | | | |
| Local Inmediato | | Fabricación local | | Importado | |
| LI | | FL | | IM | |
| IMPORTANCIA | | | | | |
| TIPO 1 | | TIPO 2 | | TIPO 3 | |
| 1 | | 2 | | 3 | |

Nota. La tabla muestra la clasificación de repuestos según los criterios establecidos anteriormente.

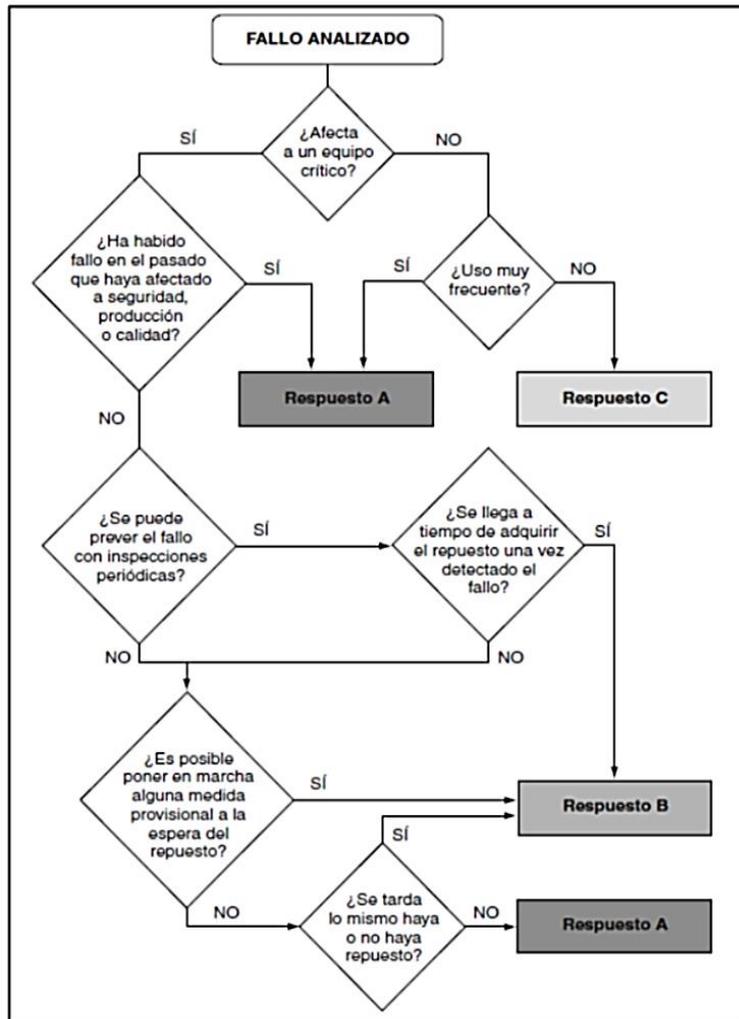
7.3 Establecimiento del stock

La determinación final del stock se realiza una vez establecidos los criterios para clasificación de repuestos que se deben tener en stock para el cambio y/o uso en planta según la necesidad.

Para complementar toda la selección de los repuestos que se tendrán en cuenta principalmente se introdujo la metodología expuesta en el libro Organización y gestión integral del mantenimiento, escrito por Santiago Moreno en donde por medio de un organigrama (ver a continuación) expone las recomendaciones a tener y los pasos a seguir para la selección según varios factores que pueden alterar la decisión sobre la disponibilidad de un repuesto en stock.

Figura 40.

Proceso stock de repuestos



Nota. García, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento 2003

El inventario sugerido o establecido para el proyecto teniendo en cuenta todos los parámetros de vital importancia involucrando los históricos o diagnósticos realizados por la empresa DISEPIL S.A.S se mostrará a manera de tabla a continuación.

Tabla 15.

Stock de repuestos.

| STOCK DE REPUESTOS | | | | | | | |
|---|----------------------|------------|--------|----------|-----------------|----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN | MARCA | REFERENCIA | UNIDAD | CANTIDAD | CLASIFICACIÓN | | |
| | | | | | RESPONSABILIDAD | DISPONIBILIDAD | IMPORTANCIA |
| Aceite lubricante | Mobil | 15W40 | Gl | 55 | C | LI | 1 |
| Aceite hidráulico | Cinco-Once | ISO 68 | Gl | 110 | C | LI | 1 |
| Kit de O-ring milimétrico | | | Und | 1 | C | LI | 1 |
| Kit de O-ring pulgadas | | | Und | 1 | C | LI | 1 |
| Filtro de aire | Fabricación especial | | Und | 5 | C | FL | 1 |
| Filtro de aceite | Baldwin | B76 | Und | 5 | C | LI | 1 |
| Filtro de combustible | Fleetguard | FF5324 | Und | 8 | C | LI | 1 |
| Filtro separador de agua | Fleetguard | FS1000 | Und | 8 | C | LI | 1 |
| Limpiacontactos | ..... | ..... | Und | 5 | C | LI | 1 |
| Rodillos superiores tren de rodaje | ..... | 971676 | Und | 2 | M | LI | 2 |
| Rodillos inferiores tren de rodaje | ..... | 160039 | Und | 3 | M | LI | 2 |
| Links cadena | | 971680 | Und | 5 | M | LI | 2 |
| Electro valvula | ..... | 120225 | Und | 1 | C | IM | 2 |
| Electro valvula | ..... | 120309 | Und | 1 | C | IM | 2 |
| Empaquetadura distribuidor proporcional | ..... | 220424 | Und | 1 | D | LI | 3 |
| Baterías | MAC | 4H | Und | 2 | E | LI | 1 |
| Conjunto rotativo bomba principal | Rexroth | 560405 | Und | 1 | D | LI | 2 |
| Bomba piloto | Hydrofluid | 560413 | Und | 1 | D | LI | 2 |
| Filtro aceite hidráulico | ..... | 260049 | Und | 5 | C | LI | 2 |
| Conjunto rotativo wincher principal | ..... | 440217 | Und | 1 | D | IM | 2 |
| Empaquetadura cilindro pull-down | ..... | 500696 | Und | 1 | D | LI | 2 |
| Empaquetadura cilindros mástil | ..... | 971850 | Und | 2 | D | LI | 2 |
| Manómetros presión hidráulica | Ritherm | 765003 | Und | 2 | I | LI | 1 |
| Tacómetro | VDO | 500580 | Und | 1 | I | LI | 1 |
| Termómetros | Veethree | 500535 | Und | 2 | I | LI | 1 |
| Manómetro aceite lubricante | Veethree | 500537 | Und | 1 | I | LI | 1 |
| Cable instalación eléctrica | ..... | ..... | M | ..... | E | LI | 1 |
| Selectores | ..... | ..... | Und | 3 | E | LI | 1 |
| Switch | ..... | 120319 | Und | 2 | E | LI | 1 |
| Rodamiento polea cable principal | ..... | 180361 | Und | 1 | D | LI | 1 |

Nota. La tabla muestra los repuestos mínimos necesarios para atender de manera rápida y eficaz las posibles contingencias por averías.

8. INDICADORES

Por medio del uso de indicadores se podrá medir y valorar de manera objetiva la gestión del mantenimiento, procesando los datos recolectados a través de los formatos elaborados anteriormente y convirtiéndolos en información útil para la toma de decisiones.

Disepil S.A.S. hoy en día no cuenta con ningún indicador que permita medir el comportamiento de sus equipos en campo o la eficacia de la labor de mantenimiento, por lo que se aplicaran los indicadores universales sugeridos en la Guía técnica colombiana GTC 62 de 1999, Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio, mantenimiento, terminología [7] Estos son:

- **Mantenibilidad:** Es la facultad de un equipo de ser mantenido en un estado en el que pueda cumplir su función requerida, bajo las condiciones de mantenimiento existentes.
- **Confiabilidad:** Capacidad de un equipo para realizar su función bajo condiciones y tiempos definidos.
- **Disponibilidad:** Probabilidad de que un equipo se encuentre utilizable cuando sea requerido.

Para la correcta elaboración de este capítulo, se evaluará el comportamiento de estos indicadores en la actualidad y se comparará con lo propuesto en este plan de mantenimiento. Para cumplir con lo propuesto se tendrá en cuenta los datos recolectados en el checklist semanal de operación.

8.1 Calculo de indicadores

8.1.1 Confiabilidad

Para determinar la confiabilidad se medirán la frecuencia en que ocurren las fallas. Si en un periodo de tiempo no hay fallas, el equipo es 100% confiable, pero si por lo contrario la frecuencia es muy alta el equipo es poco confiable [8]. Esto se relaciona directamente con el TMEF (Tiempo Medio Entre Fallas) calculado mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1.

Tiempo medio entre fallas (TMEF)

$$TMEF = \frac{\text{Horas Trabajadas}}{\#Fallas}$$

Nota. Ecuación para el cálculo del tiempo medio entre fallas. ZERRAGA, Manuel. Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. En: Ciencia y Desarrollo [En línea]. 2016. Disponible en: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/1219/1189>

8.1.2 Mantenibilidad

Para medir la mantenibilidad se miden los tiempos empleados en las actividades de mantenimiento o reparaciones que se realizan para llevar o conservar el equipo a su estado de funcionalidad. Esto se relaciona directamente con el TMPR (Tiempo Medio Para Reparaciones). Calculado mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 2.

Tiempo medio para reparaciones (TMPR)

$$TMPR = \frac{\sum \text{Tiempo de reparaciones}}{\#Fallas}$$

Nota. Ecuación para el cálculo del tiempo medio para reparaciones. ZERRAGA, Manuel. Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. En: Ciencia y Desarrollo [En línea]. 2016. Disponible en: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/1219/1189>

8.1.3. Disponibilidad

Para este proyecto se tendrá en cuenta la disponibilidad por averías, en la que se tendrán en cuenta solo las actividades de mantenimiento no programadas. Calculada mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 3.

Disponibilidad.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{TMEF}{TMEF - TMPR}$$

Nota. Ecuación para el cálculo de la disponibilidad. GARCIA GARRIDO, Santiago. Indicadores en mantenimiento. [En línea] Disponible en: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>

A continuación, se muestra tabla 16, elaborada a partir del registro operacional registrado por Disepil S.A.S. entre el mes de enero y marzo de 2020.

Tabla 16.

Indicadores de gestión.

| INDICADORES | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|-------------|-------------|----------------|
| PILOTEADORA CMV TH 15/50 | | | | | | |
| MES | HORAS TRABAJADAS | TIEMPO DE REPARACIÓN (hrs.) | NUMERO DE FALLAS | TMEF (hrs.) | TMPR (hrs.) | DISPONIBILIDAD |
| ENERO | 134 | 15.7 | 5 | 26.8 | 3.14 | 89.5% |
| FEBRERO | 163 | 30.2 | 2 | 81.5 | 15.1 | 84.3% |
| MARZO | 155 | 22.6 | 6 | 25.8 | 3.76 | 87.2% |

Nota. Indicadores de gestión calculados para los meses de enero a marzo de 2020.

8.2 Análisis de resultados

Para dar interpretación a los resultados obtenidos se puede decir que a medida que crezca el TMEF mayor será la disponibilidad de la piloteadora; por otra parte, la mantenibilidad puede interpretarse como: a menor sea el tiempo medio para reparar

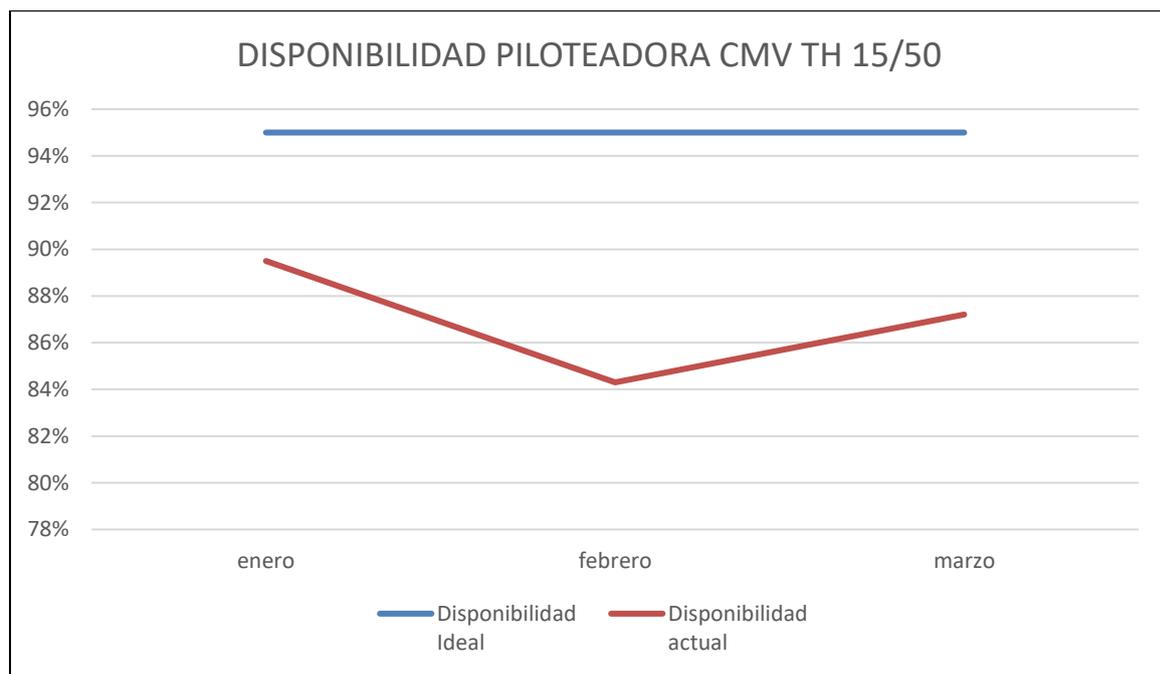
(TMPR) mayor será la mantenibilidad. Este indicador es afectado no solo por el tiempo de la ejecución como tal, sino por la gestión de repuestos, capacidades técnicas, etc.

El propósito de este proyecto es obtener la mayor disponibilidad del equipo, que para este caso se evidencia que es del 87% promedio, un porcentaje muy bajo para este tipo de equipos cuyo promedio general es del 95%.

A continuación, en el grafico 1, se muestra el comportamiento de la disponibilidad durante los tres meses evaluados en la tabla 16. Denotando con mayor detalle la baja disponibilidad de la piloteadora para estos meses.

Gráfico 1.

Disponibilidad piloteadora CMV TH 15/50.



Nota. Grafica de disponibilidad donde se evidencia que la disponibilidad de la piloteadora es inferior a la disponibilidad ideal.

9. IMPACTO AMBIENTAL

En la actualidad uno de los aspectos más importantes en la sociedad es el impacto negativo de las acciones ejercidas por la industria en el medio ambiente, es por esto que la empresa DISEPIL S.A.S se enfoca en mitigar los efectos de sus acciones con el único objetivo de reducir las consecuencias que estas pueden llegar a tener con el ecosistema que los rodea.

En este capítulo del proyecto se realizará el análisis del impacto ambiental con respecto a las actividades de mantenimiento expuestas anteriormente, esto con el fin de establecer o diseñar un plan compuesto de una serie de acciones que disminuyen la afectación o contaminación para con su periferia.

Las ya mencionadas actividades de mantenimiento pueden llegar a generar desperdicios, es por esto que se deben seguir unos lineamientos correctamente establecidos para las intervenciones planteando alternativas que disminuyan las afectaciones ligadas directamente al medio ambiente.

En base a la introducción del análisis del impacto ambiental y teniendo en cuenta que este comprende tanto las operaciones de mantenimiento como las pruebas de funcionamiento se realizara el diseño de un plan de mitigación ambiental, reduciendo los daños de dichas acciones por medio de actividades correctivas o preventivas, contribuyendo de manera positiva con el ecosistema generando así un proyecto eco eficiente por parte de la empresa DISEPIL S.A.S.

El paso a seguir cuando ya se tiene claridad sobre las actividades de mantenimiento preventivo que se realizaran a la maquina piloteadora integrando a esta los elementos necesarios como repuestos, lubricantes y piezas obsoletas, es determinar el aspecto e impacto ambiental que estas conllevan al realizarse, lo cual se efectuara en base a la norma NTC ISO 14001 (Norma Técnica Colombiana) [9]

La identificación de actividades y sus respectivos aspectos e impactos ambientales se definen como se mencionó anteriormente bajo una serie de parámetros establecidos por normas y/o procedimientos especializados y descritos en este proyecto por medio de un cuadro a continuación.

Tabla 17.

Identificación de actividades de riesgo.

| IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES CON SU ASPECTO E IMPACTO AMBIENTAL | | |
|---|---|---|
| ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO | ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL |
| Limpieza o alistamiento de piezas | Generación de residuos potencialmente riesgosos para el medio ambiente, desechos, polvos. | Contaminación del medio ambiente, en este caso suelo y aire de los alrededores. |
| Cambio de aceites lubricantes | Derrames del aceite al suelo generando desechos altamente riesgosos (tóxicos) | Contaminación del medio ambiente, en este caso suelo y agua de los alrededores. |
| Limpieza y verificación conexiones | Por malas conexiones emisión de humos, ruidos y residuos | Contaminación auditiva, visual, residuos y afectación a la salud del personal |
| Cambio aceite hidráulico | Derrames del aceite al suelo generando desechos altamente riesgosos (tóxicos) | Contaminación del medio ambiente, en este caso suelo y agua de los alrededores. |
| Cambio de filtros | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminación del entorno aumentando residuos solidos |
| Cambio de empaques | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminación del entorno aumentando residuos solidos |
| Lubricación de rodamientos | Desechos riesgosos, derrames y/o residuos | Contaminación del medio ambiente, en este caso suelo y agua de los alrededores. |
| Cambio de rodamientos | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminación del entorno aumentando residuos solidos |
| IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES CON SU ASPECTO E IMPACTO AMBIENTAL | | |
| ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO | ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL |
| Cambiar correas o poleas | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminación del entorno aumentando residuos solidos |
| Reemplazar piezas con desgaste | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminación del entorno aumentando residuos solidos |

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| Reciclaje de aceites o grasas | Fugas, derrames, desechos y posibilidad de incendio | Contaminación de alto riesgo con alta posibilidad de incendio |
| Reciclaje de piezas obsoletas | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminación del entorno aumentando residuos solidos |
| Cambio de batería | Desecho con fluidos internos de alto riesgo | Aumento en la contaminación con residuos solidos |
| Pintura de componentes | Genera emisiones de alto impacto ambiental | Afectación en la vida humana, contaminación del aire por emisiones, gases emitidos a la atmosfera. |
| Lavado y limpieza final | Consumo del recurso hídrico y detergentes generando aguas contaminadas | Contaminación del recurso hídrico |
| Pruebas de funcionamiento | Consumo de energía, generación de ruido y emisiones | Contaminación visual, auditiva y afectación al sistema respiratorio humano |

Nota. Descripción de las actividades de mantenimiento preventivo y sus respectivos aspectos e impactos ambientales. Elaboración propia.

El aspecto ambiental según la norma NTC ISO 14001 es el elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente.

El impacto ambiental según la norma NTC ISO 14001 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.

9.1 Análisis del impacto ambiental del mantenimiento preventivo

El análisis del impacto ambiental es de vital importancia ya que se debe buscar la mejora progresiva de las acciones negativas que tenga el mantenimiento con respecto al medio ambiente y así generar proyectos eco eficientes, es por esto que DISEPIL S.A.S “pensando en pro del medio que lo rodea generar una serie de guías para los procedimientos impulsando la mejora del impacto de sus acciones industriales comenzando por una evaluaciones de las mismas por medio de la metodología

expuesta en la Guía Técnica para la Identificación de Aspectos Ambientales del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático” [10]

Para el mantenimiento a realizar en la maquina piloteadora se generan una serie de acciones con su respectivo impacto, este será calificado de 0 a 5, siendo cero ningún impacto por parte de la actividad al medio ambiente y cinco el máximo impacto que puede llegar a generar una acción con el medio ambiente.

Tabla 18.
Calificación de impacto ambiental

| Calificación | Nivel del impacto ambiental |
|--------------|-----------------------------|
| 0 | Ninguno |
| 1 | Muy bajo |
| 2 | Bajo |
| 3 | Medio |
| 4 | Alto |
| 5 | Muy alto |

Nota. En este cuadro se describe la clasificación según el nivel de impacto ambiental para una actividad.

De igual manera se tendrá en cuenta la frecuencia y el alcance del impacto ambiental generado por la acción de mantenimiento preventivo realizado a la maquina piloteadora.

Tabla 19.
Calificación de frecuencia y alcance

| CALIFICACION DE LA FRECUENCIA Y ALCANCE IMPACTO AMBIENTAL | | |
|---|--|-------------|
| | Descripción | Ponderación |
| FRECUENCIA | Presencia semestral - anual | 1 |
| | Presencia mensual - trimestral | 3 |
| | Presencia diaria - semanal | 5 |
| ALCANCE | Poco alcance (Presente en un espacio reducido de la empresa) | 1 |
| | Mediano alcance (Presente dentro de los límites de la empresa) | 3 |
| | Gran alcance (Supera los límites de la empresa) | 5 |

Nota. En este cuadro se describe la clasificación según la frecuencia y alcance del impacto ambiental para las actividades de mantenimiento.

Para finalizar el análisis teniendo definidos los parámetros o criterios de evaluación, se procede a realizar la valoración por medio de una matriz a continuación, con el fin de determinar la importancia del impacto ambiental que se obtiene al realizar una actividad de mantenimiento preventivo y en base a esto generar las acciones de mitigación a aplicar por parte de DISEPIL S.A.S.

Tabla 20.

Matriz de análisis impacto ambiental

| IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES CON SU ASPECTO E IMPACTO AMBIENTAL | | | | | | |
|--|---|---|----------------------------------|---------|---------|-------------|
| ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO | ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL | | | |
| | | | Frecuencia | Alcance | Impacto | PONDERACION |
| Resumen actividad | Resumen aspecto | Resumen impacto | | | | |
| Limpieza o alistamiento de piezas | Generacion de residuos potencialmente riesgosos para el medio ambiente, desechos, polvos. | Contaminacion del medio ambiente, en este caso suelo y aire de los alrededores. | 3 | 5 | 5 | 13 |
| Cambio de aceites lubricantes | Derrames del aceite al suelo generando desechos altamente riesgoso (toxicos) | Contaminacion del medio ambiente, en este caso suelo y agua de los alrededores. | 3 | 1 | 5 | 9 |
| Limpieza y verificacion conexiones | Por malas conexiones emision de humos, ruidos y residuos | Contaminacion auditiva, visual, residuos y afectacion a la salud del personal | 1 | 1 | 2 | 4 |
| Cambio aceite hidraulico | Derrames del aceite al suelo generando desechos altamente riesgoso (toxicos) | Contaminacion del medio ambiente, en este caso suelo y agua de los alrededores. | 1 | 1 | 5 | 7 |
| Cambio de filtros | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminacion del entorno aumentando residuos solidos | 3 | 1 | 3 | 7 |
| Cambio de empaques | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminacion del entorno aumentando residuos solidos | 1 | 1 | 3 | 5 |
| Lubricacion de rodamientos | Desechos riesgosos, derrames y/o residuos | Contaminacion del medio ambiente, en este caso suelo y agua de los alrededores. | 1 | 1 | 2 | 4 |
| Cambio de rodamientos | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminacion del entorno aumentando residuos solidos | 1 | 1 | 3 | 5 |

| IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES CON SU ASPECTO E IMPACTO AMBIENTAL | | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|---------|---------|-------------|
| ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO | ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTO AMBIENTAL | EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL | | | |
| | | | Frecuencia | Alcance | Impacto | PONDERACION |
| Resumen actividad | Resumen aspecto | Resumen impacto | | | | |
| Cambiar correas o poleas | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminacion del entorno aumentando residuos solidos | 1 | 1 | 2 | 4 |
| Reemplazar piezas con desgaste | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminacion del entorno aumentando residuos solidos | 1 | 1 | 3 | 5 |
| Reciclaje de aceites o grasas | Fugas, derrames, desechos y posibilidad de incendio | Contaminacion de alto riesgo con alta posibilidad de incendio | 3 | 3 | 5 | 11 |
| Reciclaje de piezas obsoletas | Desechos contaminados con polvos y sustancia potencialmente riesgosas | Contaminacion del entorno aumentando residuos solidos | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Cambio de bateria | Desecho con fluidos internos de alto riesgo | Aumento en la contaminacion con residuos solidos | 1 | 3 | 3 | 7 |
| Pintura de componentes | Genera emisiones de alto impacto ambiental | Afectacion en la vida humana, contaminacion del aire por emisiones, gases emitidos a la atmosfera | 1 | 3 | 3 | 7 |
| Lavado y limpieza final | Consumo del recurso hidrico y detergentes generando aguas contaminadas | Contaminacion del recurso hidrico | 1 | 1 | 5 | 7 |
| Pruebas de funcionamiento | Consumo de energia, generacion de ruido y emisiones | Contaminacion visual, auditiva y afectacion al sistema respiratorio humano | 1 | 1 | 3 | 5 |

Nota. En este cuadro se realiza la evaluación y el análisis del impacto ambiental que tienen las actividades de mantenimiento para la piloteadora.

El análisis del impacto ambiental con respecto a las actividades de mantenimiento para el proyecto en relación con la maquina piloteadora determino que las actividades más riesgosas o que pueden llegar a tener un gran impacto ambiental en el ecosistema o medio que las rodea corresponden a la limpieza o alistamiento de piezas (lavado inicial y desmonte de piezas para realizar un procedimiento de manteamiento), cambio de aceites lubricantes (se generan desperdicios o residuos de riesgo potencial) y por último el reciclaje o deposito del aceite lubricado mencionado en el ítem anterior el cual puede llegar a generar incendios en sitio.

El plan de mitigación del impacto ambiental con respecto a las actividades preventivas del mantenimiento a realizar para la maquina piloteadora está integrado por una serie de posibles soluciones propuestas en forma de cuadro que tienen como objetivo reducir el impacto ambiental aspecto que se mencionó anteriormente, por último se debe resaltar que la utilización de los elementos de protección por parte del personal reducirán de manera significativa el impacto negativo que se genera durante una intervención de mantenimiento.

Tabla 21.

Plan de mitigación

| ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO | DESCRIPCION | FUENTE | POSIBLE SOLUCION |
|-----------------------------------|---|-------------|--|
| Limpieza o alistamiento de piezas | Generacion de residuos potencialmente riesgosos para el medio ambiente, desechos, polvos. | Piloteadora | Adecuar la zona en donde se realizara la limpieza y alistamiento, realizar protocolos de reutilizacion del recurso hidrico, establecer un protocolo de actividades en donde prime la recoleccion de residuos |
| Cambio de aceites lubricantes | Derrames del aceite al suelo generando desechos altamente riesgoso (toxicos) | Piloteadora | Implementar una guia para el cambio de aceites realizando el procedimiento en una zona donde se puedan controlar fugas o derrames, instruir al personal para realizar protocolo adecuado. |
| Reciclaje de aceites o grasas | Fugas, derrames, desechos y posibilidad de incendio | Planta | Implementar un sitio de almacenamiento seguro que pueda contener las fugas de dicho fluido, informar al personal que se debe hacer en caso de que exista fuga, tener implementos o dispositivos para detener un posible incendio, realizar un plan de extraccion o salida de estos fluidos a otro sitio. |

Nota. En este cuadro se realiza el plan de mitigación para el impacto ambiental que generan las actividades de mantenimiento en la piloteadora.

9.2 Seguridad y salud en el trabajo

Es de vital importancia la vida humana en el ámbito laboral y sin duda para la empresa DISEPIL S.A.S. este es un indicador de gran importancia, es por esto que el personal encargado de realizar el mantenimiento preventivo establecido en este proyecto debe seguir una serie de reglas o normas al momento de realizar la intervención con el equipo o con sus componentes.

Los riesgos potenciales para con el elemento humano como se mencionó anteriormente se pueden reducir utilizando los debidos elementos de protección al momento de tener contacto con el equipo.

9.2.1 Normas o reglas para la intervención de mantenimiento

Estas son establecidas para priorizar la integridad del personal y son de uso obligatorio al momento de interactuar en acciones de mantenimiento.

- Leer y seguir las recomendaciones establecidas por la empresa
- Seguir las orientaciones brindadas por personal antiguo y capacitado
- Verificar los pasos a seguir en caso de emergencia identificando los puntos de alto riesgo dentro de la planta.
- Utilizar los elementos de protección para asegurar la integridad del operario

Los elementos de protecciones mencionados disminuyen los riesgos del personal al momento de sufrir un accidente laboral o en la simple ejecución de una labor, estos serán mencionados a continuación.

Botas de seguridad punta de acero. Elemento que se utiliza para proteger los pies y dedos del personal, estas poseen una punta reforzada con acero ofreciendo una elevada protección con respecto a golpes o caídas de elementos, en algunos casos tienen la característica de ser aislantes de energía eléctrica protegiendo de la misma al usuario.

Figura 41.

Botas de seguridad



Nota. Botas de seguridad punta de acero. Tomado de: Dafiti, botas de seguridad.

<https://www.dafiti.com.co/Bota-Seguridad>

Casco de seguridad. El casco es el elemento de protección de mayor importancia ya que es el encargado de evitar golpes o lesiones en la cabeza por la probabilidad de caídas o afectaciones de elementos durante el desarrollo de una labor

Figura 42.

Casco de seguridad



Nota. Casco de seguridad dieléctrico. Tomado de: Mercado libre, casco de seguridad.

<https://articulo.mercadolibre.com.co/>

Protectores auditivos tipo diadema. Elemento de protección encargado de proteger el oído humano de niveles de presión sonora mayor a 80 dB al momento de realizar intervenciones de mantenimiento o pruebas de funcionamiento.

Figura 43.

Protector auditivo



Nota. Protectores auditivos de copa.
Tomado de: AMAZON.
<https://www.amazon.es/PRETEX-protectores-auditivos-satisfacci%C3%B3n-protecci%C3%B3n/dp/B01JA9T2N2>

Gafas de seguridad. Gafas en policarbonato, con anti empañante y protección para luz ultravioleta. Evita la proyección de partículas sólidas o líquidas a los ojos, tales como, manejo de sustancias corrosivas.

Figura 44.

Gafas de seguridad



Nota. Gafas de seguridad de cobertura amplia. Tomado de: Mercado libre. gafas de seguridad. <https://articulo.mercadolibre.com.co/> [Acceso: 14 de septiembre de 2020]

Respirador con protección material particulado. Elemento utilizado para proteger el personal de partículas menores a 10 micras suspendidas en el aire que los rodea al momento de realizar una labor, este debe contener un elemento filtrante.

Figura 45.

Respirador con protección



Nota. Respirador industrial con filtro.
Tomado de: EDIFIK.
<http://www.edifik.com.co/producto/respirador-para-material-particulado-libre-de-mantenimiento/>

Para realizar las intervenciones de mantenimiento se deben utilizar obligatoriamente estos implementos ya que la empresa DISEPIL S.A.S está comprometida principalmente con la integridad de sus trabajadores, también se contará con botiquín de seguridad, extintor y rutas de evacuación en planta para algún caso de emergencia.

10. EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se determinan los costos de implementación del plan de mantenimiento, en primera medida teniendo en cuenta la inversión inicial del proyecto, relacionando los costos de ingeniería para la planeación y elaboración del proyecto, en segunda medida se evalúa el costo de la ejecución del plan de mantenimiento, contemplando los costos de las rutas de mantenimiento y lubricación; por último, se analiza el costo de no disponibilidad por averías.

10.1 Inversión inicial

Para determinar el costo de inversión inicial para la ejecución del proyecto, se incluyen los gastos de planeación.

Tabla 22

Costo de inversión inicial.

| ITEM | UNIDAD | CANT | VALOR UN | TOTAL |
|-----------------------------|------------------|------|-------------------|-----------|
| RECURSO HUMANO | | | | |
| Proyectista | H-H | 522 | 14.077 | 7.348.093 |
| TOTAL | 7.348.093 | | | |
| RECURSO TECNOLÓGICO | | | | |
| COMPUTADOR | UN | 1 | 2.500.000 | 2.500.000 |
| LICENCIA OFFICE | UN | 1 | 190.000 | 190.000 |
| LICENCIA WINDOWS | UN | 1 | 100.000 | 100.000 |
| CELULAR | UN | 1 | 630.000 | 630.000 |
| IMPRESORA | UN | 1 | 350.000 | 350.000 |
| TOTAL | 3.770.000 | | | |
| FUNGIBLES | | | | |
| PAPEL | RESMA | 3 | 12.500 | 37.500 |
| TINTA | PAGINAS | 850 | 60 | 51.000 |
| SERVICIO INTERNET | HORA | 280 | 2.500 | 700.000 |
| SERVICIO CODENSA | HORA | 280 | 3.125 | 875.000 |
| TOTAL | 1.663.500 | | | |
| OTROS GASTOS | | | | |
| RODAMIENTO | UNIDAD | 10 | 300.000 | 3.000.000 |
| TOTAL | 3.000.000 | | | |
| TOTAL, ANTES DE IMPREVISTOS | | | 15.781.593 | |
| IMPREVISTOS (5%) | | | 789.080 | |
| TOTAL | | | 16.570.672 | |

Nota. Tabla de costos inversión inicial donde se muestran los gastos de planeación que albergan recursos técnicos, tecnológicos, fungibles, horas hombre y movilidad.

10.2 Costo de ejecución

Para determinar acertadamente el costo de implementación del plan de mantenimiento se deben tener en cuenta el valor de la implementación de las rutas de mantenimiento y lubricación realizadas previamente en capítulo 6.

El valor de la actividad se calcula con base en el talento humano utilizado, el tiempo de duración, los insumos y repuestos utilizados para la ejecución de la actividad.

El periodo de implementación para el proyecto se establece en un año, que significarían alrededor de 2300 hrs. anuales de operación de la piloteadora. Según lo anterior, se establece el valor en horas hombre (HH), correspondiente al talento humano involucrado en mantenimiento. Para el cálculo se toma el salario más parafiscal y se convierte en costo/hora como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 23
Costo hora hombre

| COSTO HH | | |
|-----------|-----------------|----------|
| CARGO | SALARIO MENSUAL | COSTO HH |
| TÉCNICO | 2.455.086 | 12.032 |
| INGENIERO | 4.003.500 | 31.138 |
| OPERADOR | 1.880.064 | 9.236 |

Nota. En la tabla se muestra el costo de hora hombre para el personal involucrado en el mantenimiento de la piloteadora.

Para determinar el costo anual del personal involucrado se tiene en cuenta únicamente el tiempo que dedica exclusivamente a las actividades de la piloteadora CMV TH 15/50.

Tabla 24

Costo anual del personal.

| COSTO ANUAL PERSONAL | | | |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|---------------------|
| | COSTO HH | CANT H AÑO | TOTAL, COSTO |
| TECNICO | 12.032 | 522 | 6.280.530 |
| INGENIERO | 31.138 | 250 | 7.784.583 |
| OPERARIO | 9.236 | 522 | 4.821.412 |
| TOTAL, COSTO ANUAL | | | 18.886.526 |

Nota. Se muestra el costo anual del personal involucrado en el mantenimiento de la piloteadora teniendo en cuenta la exclusividad en el desarrollo de las tareas.

Tabla 25

Costo de rutas.

| COSTO DE RUTAS | |
|-----------------------|-------------------|
| COSTO LUBRICACION | 6.280.000 |
| COSTO MANTENIMIENTO | 26.290.750 |
| TOTAL | 34.570.750 |

Nota. Se estipulan los costos para la ejecución anual de las rutas de mantenimiento y lubricación elaboradas en el capítulo 6.

Tabla 26

Costo total del plan de mantenimiento.

| COSTO TOTAL | |
|---------------------|-------------------|
| TALENTO HUMANO | 18.886.526 |
| COSTO LUBRICACION | 4.280.000 |
| COSTO MANTENIMIENTO | 26.290.750 |
| TOTAL | 49.457.276 |

Nota. Se presenta el valor total para la implementación del plan de mantenimiento.

10.3 Costos por no disponibilidad

Al tener conocimiento de estos costos, es posible determinar cuánto deja de ganar la empresa durante el tiempo que permanezca detenida la máquina. Para esto, se

calcula la no disponibilidad para un proyecto realizado en enero de 2020 que consistió en la perforación de 25 unidades de pilote diámetro 0,50m X 30 m de longitud, una de las especificaciones de pilote comúnmente utilizadas, que en óptimas condiciones ejecutaría la maquina durante dos semanas perforando en promedio dos pilotes diarios, pero la obra finalmente se realizó en tres semanas.

Tabla 27.

Cotización de pilotaje

| ACTIVIDAD | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL | TIEMPO EJECUCIÓN (hrs.) | TIEMPO REAL DE EJECUCIÓN (hrs) |
|---|----------|--------|----------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|
| Excavación de 25 pilotes diámetro 0,50 X 30 m | 750 | M | 55000 | 41250000 | 96 hr | 150 |

Nota. En la tabla se muestra el precio por metro lineal para los pilotes a ejecutar en el periodo mencionado junto con el valor de tiempo en horas propuesto para el desarrollo de los trabajos y el tiempo total requerido.

Las horas de no disponibilidad son 54 hrs. que corresponden a 6 días en los cuales la piloteadora podría haber perforado 12 pilotes. El valor de un pilote es de \$1´650.000 para un total de \$19´800.000 que no se reflejaron en la utilidad debido a los retrasos por no disponibilidad.

Sin un debido plan de mantenimiento, la empresa proporciona los repuestos y mano de obra para el arreglo de la máquina una vez que esta falla. Para llevar a cabo este mantenimiento, se recurre en el desgaste de buscar en facturas de compras anteriores, las referencias y repuestos que se han instalado en la máquina, dificultando así, la actualización y preparación de la hoja de vida.

El proceso para tener los repuestos e insumos necesarios para poner en funcionalidad la máquina, toma un tiempo aproximado de 2 a 3 semanas a la empresa DISEPIL S.A.S ya que, sin una adecuada coordinación, no se pueden obtener a tiempo.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario identificar y programar los mantenimientos preventivos y analizar los costos de estos para un tiempo prudente, en el caso de la máquina piloteadora CMV TH 15/50, la programación sugerida sería 3 días para así, poder verificar la disponibilidad de los repuestos e insumos y evitar que dicho equipo quede fuera de servicio.

De no tener en cuenta la importancia de este plan de mantenimiento, podemos ver que esta situación lleva a la empresa a perder dinero, debido al tiempo que el equipo quede sin funcionar. A continuación, se hará un análisis de estos costos, incluyendo el salario del operador y ayudantes.

Tabla 28.

Costo operación diaria Maquina

| ITEM | VALOR HORA | HT | TOTAL, DIA |
|------------|------------|----|------------|
| MAQUINA | 220.000 | 8 | 1.760.000 |
| OPERARIO | 12.032 | 8 | 96.253 |
| AYUDANTE 1 | 9.236 | 8 | 73.891 |
| AYUDANTE 2 | 9.236 | 8 | 73.891 |
| AYUDANTE 3 | 9.236 | 8 | 73.891 |
| VALOR DIA | | | 2.077.927 |

Nota. La tabla muestra el costo de operación diario por talento humano. Tomado de: Informe costos DISEPIL SAS

Para determinar la viabilidad de este plan de mantenimiento se evaluarán dos posibles escenarios durante un periodo de un año. El primero muestra la situación actual de la empresa y el segundo un escenario en el que es aplicado el proyecto.

Tabla 29.

Escenario actual.

| | ANUALIDAD | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Consumibles | \$48.657.670 | \$4.054.806 | \$4.054.806 | \$4.054.806 | \$4.054.806 | \$4.054.806 |
| Costos de personal | \$47.216.315 | \$3.934.693 | \$3.934.693 | \$3.934.693 | \$3.934.693 | \$3.934.693 |
| Total Costos | \$95.873.985 | \$7.989.499 | \$7.989.499 | \$7.989.499 | \$7.989.499 | \$7.989.499 |

Nota. Costos de mantenimiento en la actualidad.

Tabla 30.

Escenario con plan de mantenimiento.

| | ANUALIDAD | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Consumibles y actividades de mantenimiento | \$34.570.750 | \$2.880.896 | \$2.880.896 | \$2.880.896 | \$2.880.896 | \$2.880.896 |
| Costos de personal | \$18.886.526 | \$1.573.877 | \$1.573.877 | \$1.573.877 | \$1.573.877 | \$1.573.877 |
| Total costos | \$53.457.276 | \$4.454.773 | \$4.454.773 | \$4.454.773 | \$4.454.773 | \$4.454.773 |

Nota. Costos adquiridos con la implementación del plan de mantenimiento.

AL tener los valores de los costos para cada uno de los escenarios, se define la variación incremental del proyecto.

Tabla 31.

Variación incremental del proyecto.

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Disminución de costos operacionales | \$42.416.709 | \$3.534.726 | \$3.534.726 | \$3.534.726 | \$3.534.726 | \$3.534.726 |
| Mejoramiento de la disponibilidad | \$37.830.000 | \$3.152.500 | \$3.152.500 | \$3.152.500 | \$3.152.500 | \$3.152.500 |
| Flujo de caja | | \$6.687.226 | \$6.687.226 | \$6.687.226 | \$6.687.226 | \$6.687.226 |

Nota. Se presenta la disminución de costos operacionales y disponibilidad.

Para el establecimiento de indicadores, se emplea un flujo de caja en el cual se establece un costo de oportunidad del 15% anual que equivale al 1,17% mensual, un IPC anual del 4% y se estima una inversión inicial de \$39'457.276 para la compra de equipo y herramienta especializada para la correcta ejecución de las actividades de mantenimiento planteadas.

Tabla 32.

Flujo de caja e indicadores de viabilidad.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Inversión inicial | 39.457.276 | | | | | |
| Disminución costos de personal | | 1.578.623 | 1.578.623 | 1.578.623 | 1.578.623 | 1.578.623 |
| Mejoramiento de la disponibilidad | | 3.152.500 | 3.152.500 | 3.152.500 | 3.152.500 | 3.152.500 |
| Flujo neto | -39.457.276 | 4.731.123 | 4.731.123 | 4.731.123 | 4.731.123 | 4.731.123 |
| VNA | \$8.999.956,00 | | | | | |
| TIR | 78% | | | | | |
| RELACIÓN COSTO/BENEFICIO | 1,25 | | | | | |
| Costo de oportunidad mensual | 1,17% | | | | | |

Nota. Cálculo de indicadores de rentabilidad.

De acuerdo al cálculo de los indicadores de viabilidad calculados en la tabla anterior se podría inferir que el proyecto estaría devolviendo en ahorro de costos y en vías de productividad el 78% de la inversión inicial anualmente; además que la relación costo beneficio diera un valor superior a 1, indica que dentro del flujo de caja el valor de los ingresos será mayor al de los egresos determinando así la viabilidad de la implementación de este plan de mantenimiento.

11. CONCLUSIONES

A través del diagnóstico hecho a la máquina piloteadora y al mantenimiento aplicado en la actualidad, se pudieron clasificar los sistemas de la máquina y las falencias en cada uno de ellos y la gestión de su mantenimiento.

Se determinó que el plan de mantenimiento que mejor se adapta a la máquina piloteadora es el AMEF debido a que a través de este modelo se puede hacer una recolección de datos eficaz que permita clasificar las fallas y las causas que las producen; también permite jerarquizar los sistemas por su criticidad y como afectan la máquina.

La planificación de actividades propuesta en las rutas de mantenimiento y lubricación, permiten tener mayor control de las piezas, componentes y consumibles que pueden afectar la productividad de la máquina; por otro lado, a través del análisis de indicadores se puede pronosticar la efectividad de este plan de mantenimiento de ser aplicado al obtener una disponibilidad del 95%.

Gracias al análisis ambiental se lograron definir las actividades que mayor impacto generan a la naturaleza, pero también se instauró un plan de mitigación que permita reducir dicho impacto. Con respecto a el análisis financiero, se deduce que gracias al plan de mantenimiento se reducirían los costos por no disponibilidad y en base al cálculo de indicadores económicos como la TIR y relación costo/beneficio se evidencia la viabilidad de la aplicación del plan de mantenimiento.

12. RECOMENDACIONES

Seguir las rutas de mantenimiento y lubricación elaboradas, respetando las frecuencias decretadas y las observaciones hechas.

Exigir a los contratistas de mantenimiento tercerizado la entrega de diagnóstico e informe del servicio técnico realizado, con el fin de aumentar el conocimiento acerca de los modos, causas y posible solución a fallas.

Si se requiere realizar un cambio en el presente plan de mantenimiento, consultar el manual del fabricante y personal involucrado en mantenimiento.

Elaboración de un estudio financiero que permita la implantación futura de actividades predictivas con medios tecnológicos más avanzados.

Capacitar constantemente al operador y personal de mantenimiento respecto al buen uso y buenas prácticas que permitan alargar la vida útil de la piloteadora.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Diseños y pilotajes Disepil S.A.S. “Misión y visión de la empresa” [en línea] Disponible en: <http://disepil.co/> [Acceso: 27 de junio del 202].
- [2] CABLEMAX. “Ficha técnica cable de acero 6X19 A/A” [en línea] Disponible en: <https://induferro.com/wp-content/uploads/2018/07/Ficha-tecnica-Cable6x19AA.pdf> [Acceso: 17 de agosto de 2020]
- [3] A. MORA GUTIÉRREZ. *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega, 2009. P 328
- [4] K. MORENO. “Como calcular el NPR” febrero 28 del 2018 [en línea]. Disponible en: <https://mail.google.com/mail/u/6/#inbox/FMfcgxwJXpQrnJwmxtpZbnmSkWmhmqzj?projector=1&messagePartId=0.1> [Acceso: 24 de agosto de 2020]
- [5] A. MORA GUTIERREZ. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega, 2009 pág. 343.
- [6] S. GARCIA GARRIDO. En: *Organización y gestión integral del mantenimiento. Gestión de repuestos*. Madrid, Diaz de los Sanos. 2003. Pág. 119-130.
- [7] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN, Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Bogotá D.C. 1999
- [8] L. NAVARRO ELOLA. *Gestión integral del mantenimiento*. Barcelona Mar combo Boixareu Editores, Barcelona, 1997. 112 p.
- [9] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Sistema de gestión ambiental. NTC ISO 14001. Bogotá, Colombia: ICONTEC 2015
- [10] INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO. Guía técnica para la identificación de aspectos e impactos ambientales. PLE-GU-01. Bogotá, Colombia: 2015, p. 7.

ANEXO A. FORMATO HOJA DE VIDA ACTUAL.

| Año 2020 | | | | | | | | |
|------------|---|---|--------------------|---|----------------------|----------------|---------------------------------------|------------|
| 14/01/2020 | | x | Suministro | 70 mts guaya 5/8 AA acero para el cable auxiliar | \$ 705.880 | 36714-00008686 | Ferretería los Crisoles | Chorrillos |
| 14/01/2020 | | x | Suministro Bateria | 2 Baterías de 200 amperios | \$ 500.000 | 8385-00008686 | Carbuelectricos F.C.D | Chorrillos |
| 17/01/2020 | x | | Mantenimiento | 90 mts lineales de guaya alma de acero 6-19, 4 perros tipo pesado de 1", 4 perros de 5/8", 2 garrafas de aceite hidraulico 15w40, 1 grillete de 8 toneladas, un inyector, una caneca de grasa | 280000, 140000, 7000 | | Algofer | Luxury |
| 25/01/2020 | | x | Suministro | Garrafa de 5 galones | \$ 800.000 | 0000-8724 | Grand Filters | |
| 27/01/2020 | | x | suministro | Cambio de ensamble de manguera con acoples grafados | \$ 135.660 | f28389-ce8783 | Dinacoples LTDA | |
| 28/01/2020 | | | | 5 cuñetes de hidráulico | | | | |
| 29/01/2020 | x | | Mantenimiento | Reparación 3 bombas hidráulicas, 2 kit de empaquetadura, 1 kit de empaquetadura, rectificación y servicio técnico | \$ 3.927.000 | 193-ce8751 | Ever Silva | |
| 12/02/2020 | x | | Mantenimiento | Mecanizado eje rata CMV | \$ 20.000 | | | |
| 25/02/2020 | x | | Mantenimiento | Arreglo polea | \$ 499.800 | CE8840-fv769 | Mangueras y acoplamiento industriales | Luxury 88 |
| 27/02/2020 | | x | Mantenimiento | SAE 100 R13 3/4 x 6M AC HH RT 90/1x1 tipo trampa | \$ 630.700 | CE8840-fv790 | Mangueras y acoplamiento industriales | Luxury 88 |

| EQUIPO | | PILOTEADORA CMY TH -15 | | | ROPIETARI | DISEÑOS Y PILOTAJES DISEPIL SAS | | |
|--|----------------------------|------------------------|-----------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|--|--|
| | MODELO | M00194 | | COLOR | AMARILLA-AZUL | | | |
| | MARCA | CMV | | AÑO DE ADQUISICIÓN | 2015 | | | |
| | DATOS DE LA MÁQUINA | | | | | | | |
| | TIPO DE MÁQUINA | PILOTEADORA | | | CLASE | LADRO HIDRAUL | | |
| | MATRICULA | 1232 | | MOTOR | CUMMINS 6CT Q8,3C 21286150 | | | |
| | TRANSFERENCIAS | | | | | | | |
| | SERIE MOTOR | 45314976 | | CAPACIDAD DEL MOTOR | 8300 Cilindraje | | | |
| | CLARACION IMI | 482014000438659-2 | | UBICACIÓN | COTA | | | |
| | ESPECIFICACIONES | | | | | | | |
| | Rodamiento: Gruas | | | | AIRE | | | |
| Diámetro de perforación: 2500 mm | | | | ACPM | | | | |
| Profundidad de perforación: 102 m | | | | | | | | |
| Sistema: Hidráulico | | | | | | | | |
| CABLES EN ACERO CON ALMA DE ACERO | | | | | | | | |
| TIPO | INCHES PRINCIPAL | | VINCHE AUXILIAR | | CABLE PLUMA | | | |
| Diámetro | 3/4 | | 3/4 | | 3/4 | | | |
| Longitud | 80 ml | | 60 ml | | 100 ml | | | |
| Cantidad | 1 unidad | | 1 unidad | | 1 unidad | | | |
| CONTROL CON MANUA | X | | | | | | | |
| CRACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

