

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**



**ANÁLISIS DE FALLAS APLICADOS A LOS EQUIPOS DE
CARGA TIPO SCOOP DE LA MINA ISIDORA – VALLE NORTE
PERTENECIENTES A LA EMPRESA MINERA VENRUS C.A.,
EL CALLAO – ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO DE GRADO
PRESENTADO POR EL
BACHILLER KEYLA J
MARTÍNEZ B. PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

CIUDAD BOLIVAR, MAYO DE 2010

HOJA DE APROBACION

Este trabajo de grado titulado “**Análisis de fallas aplicados a los equipos de carga tipo Scoop de la Mina Isidora – Valle Norte pertenecientes a la empresa Minera Venrus C.A., El Callao – Estado Bolívar.**”, preparado por la bachiller **Keyla J. Martínez B.**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesor Iván Quintero

(Asesor)

Profesor. Dafnys Echeverría

Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial

Ciudad Bolívar, Mayo de 2010

DEDICATORIA

Ante todo a Dios por guiar siempre mis pasos y bendecirme.

A mi Mamá Isabel Betancourt por darme la vida, por apoyarme, por darme la fortaleza para alcanzar mis metas y por acompañarme en los mejores momentos, te mereces mi esfuerzo. A mi tía Josefa, por ser mi segunda Madre, por darme su apoyo y confianza. A ustedes gracias por su amor incondicional.

A mis hermanos, Javier, Oredys, Zuehan y Julio por apoyarme siempre.

A mis sobrinos, para que se tracen metas y se esfuercen por alcanzarlas.

A la familia Jiménez Betancourt y a la familia Lara Rodríguez, por ser también mi familia a ustedes dedico este logro.

Keyla J. Martínez B.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente y a todos mis profesores, quienes fueron pilares fundamentales en mi crecimiento académico y profesional.

A la Empresa Minera Venrus, C.A., por permitir realizar en sus instalaciones el desarrollo de este proyecto. Al Ingeniero Luis Espinel tutor industrial, gran colaborador y guía para el desarrollo de este trabajo. A todo el equipo del Departamento de Mantenimiento de la Empresa Minera Venrus, C.A, especialmente a la Ingeniero Marycruz Martínez y la Licenciada Mary Luz Jimenez, por todo el apoyo brindado.

Al profesor Ivan Quintero, tutor académico, por contar con su orientación, colaboración y especial dedicación en la realización del proyecto. Al Ingeniero Alejandro Santana, por la ayuda brindada y conocimientos alentadores, por confiar en mí y en mi capacidad de realizar un buen trabajo. A la Ingeniero Elianneth Cabrera, por toda su colaboración y ayuda en el manejo de programas de software.

A mi familia, a mis amigos y a César Obando por apoyarme en los momentos más importantes.

Keyla J. Martínez B.

RESUMEN

Todo sistema es productivo siempre y cuando opere bajo un mínimo de ocurrencia de fallas, y evite en lo posible, paradas inesperadas de la planta, disminución de la confiabilidad y en consecuencia disminución de la producción. Considerando éstos aspectos la investigación tuvo como objetivo realizar un “Análisis de fallas aplicado a los equipos de carga tipo Scoop de la Mina Isidora - Valle Norte perteneciente a la empresa Minera Venrus C.A.”. Específicamente Mina Isidora está ubicada en El Callao – Estado Bolívar. Dicho estudio fue realizado en un período de seis meses. La investigación se considera de tipo descriptiva y exploratoria, y de diseño de campo y no experimental. Esta consistió básicamente en un análisis de la situación actual de los equipos y también se procedió a determinar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los Scoop, los equipos que resultaron críticos fueron el Scoop 3.5, Scoop 145 y Scoop 116, se llegó a esta conclusión evaluando la cantidad de fallas que presentaron cada uno de estos. La Mantenibilidad menor, resultó ser la del Scoop 3.5 con 7,29 hrs para las actividades de mantenimiento, y la mayor fue la del Scoop 116 con 13.29 horas para devolverlo a su estado de funcionamiento. En cuanto a la disponibilidad, el equipo menos disponible fue el Scoop 3.5 con solo 3% de funcionamiento diario, el más confiable fue el Scoop 116 con 5,5%, si bien es el más confiables el porcentaje es bajo. Con respecto a la disponibilidad el Scoop 116 resultó ser el menor con 0.41 hrs diarias disponibles. Finalmente se elaboró un plan de mantenimiento preventivo programado que de ser aplicado eficientemente, contribuirá a reducir las horas inoperativas de los equipos de carga. En el plan se encuentran especificadas las actividades a realizar para 125, 250, 500 y 1000 horas.

CONTENIDO

HOJA DE APROBACION	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I.....	4
SITUACIÓN A INVESTIGAR	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivos de la investigación	12
1.2.1 Objetivo general	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 Justificación de la investigación	12
1.4 Alcance de la investigación	14
CAPÍTULO II.....	15
GENERALIDADES	15
2.1 Ubicación y descripción de la empresa	15
2.2 Reseña histórica	15
2.3 Filosofía de Gestión	18
2.3.1 Función de la empresa	18
2.3.2. Objetivos	18
2.3.3 Misión	19
2.3.4 Visión	19
2.3.5 Valores y principios.....	20

2.4 Función del Departamento de Mantenimiento	20
2.4.1 Misión	20
2.4.2 Visión	20
2.4.3 Ubicación y Acceso a la Empresa.....	21
2.5 Estructura Organizacional de la Empresa	23
2.5.1 Estructura Organizacional del Departamento de Mantenimiento.....	25
CAPÍTULO III.....	31
MARCO TEÓRICO	31
3.1 Antecedentes de la investigación.....	31
3.2 Bases de la investigación	34
Los conceptos utilizados para comprender más la investigación son los siguientes.....	34
3.2.1 Equipo de carga Scoop.....	34
3.2.2 Mantenimiento.....	36
3.2.3 Objetivos del mantenimiento.....	36
3.2.4 Importancia del mantenimiento en las empresas.....	36
3.2.5 Tipos de mantenimiento	37
Los tipos de mantenimiento son los siguientes.....	37
3.2.6 Falla.....	40
3.2.7 Clasificación de fallas	41
Las fallas se clasifican de la siguiente forma.....	41
3.2.8 Análisis de Falla	41
3.2.9 Mantenibilidad	41
3.2.10 Parámetros básicos de la mantenibilidad	42
3.2.11 Confiabilidad.....	43
3.2.12 Parámetros básicos de confiabilidad	46
3.2.13 Tiempo promedio entre falla (TPEF ó MTF)	46
3.2.14 Probabilidad de supervivencia	47
3.2.15 Disponibilidad.....	47
3.2.16 Importancia de la disponibilidad	48

3.2.17 Distribución de Weibull.....	49
3.2.18 Statgraphics.....	52
CAPÍTULO IV.....	54
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	54
4.1 Tipo y diseño de la investigación.....	54
4.1.1 Tipo de investigación.....	54
4.1.2 Diseño de la investigación.....	55
4.2 Población de la investigación.....	56
4.3 Muestra de la investigación.....	57
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	58
4.4.1 Revisión bibliográfica.....	58
4.4.2 Observación directa.....	58
4.4.3 Paquetes computarizados.....	59
4.4.4 Consultas académicas.....	59
4.4.5 Información histórica.....	59
4.4.6 Entrevistas no estructuradas.....	59
4.4.7 Paquete de software estadístico Statgraphics.....	60
CAPÍTULO V.....	61
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	61
5.1 Análisis de la situación actual de los equipos de carga Scoop.....	61
5.1.1 Características de los equipos de carga Scoop.....	61
5.1.2 Frecuencia de fallas de los equipos de carga Scoop.....	63
5.2 Cálculo de confiabilidad.....	72
5.2.1 Confiabilidad del equipo de carga Scoop 3.5.....	72
5.2.2 Confiabilidad del equipo de carga Scoop 145.....	73
5.2.3 Confiabilidad del equipo de carga Scoop 116.....	74
5.3 Cálculo de mantenibilidad.....	75
5.4 Cálculo de disponibilidad.....	78
5.5 Plan de mantenimiento preventivo para los equipos de carga Scoop.....	79

5.1.1 Instructivo de uso del formato	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
Conclusiones.....	84
Recomendaciones	86
REFERENCIAS	89
APÉNDICES.....	92
APÉNDICE A.....	92
Vistas de los equipos de carga tipo Scoop.....	92
APÉNDICE B.....	94
Mantenibilidad del equipo de carga Scoop 3.5.....	94
APÉNDICE C.....	96
Mantenibilidad del equipo de carga Scoop 145.....	96
APÉNDICE D	98
Mantenibilidad del Scoop 116	98
APÉNDICE E.....	100
Plan de mantenimiento preventivo	100

LISTA DE FIGURAS

Figura.1.1 Diagrama de Ishikawa de la Ausencia de un Programa de Mantenimiento Preventivo.	10
Figura 2.1. Ubicación y Acceso a Mina Isidora.....	21
Figura 2.2. Ubicación de Mina Isidora dentro de la Concesión de Minerven 2.....	22
Figura 2.3. Estructura Organizacional de la Empresa.....	24
Figura 2.4. Estructura Organizacional del Departamento de Mantenimiento	26
Figura 3.1 Forma de carga del equipo Scoop.....	34
Figura 3.2 Forma de transporte del equipos Scoop.....	34
Figura 3.3 Forma de descarga del equipo Scoop.....	35
Figura 3.4 Diagrama de Weibull.....	50
Figura 3.5 Curva de la bañera.....	51
Figura 5.1 Frecuencia de fallas de los equipos Scoop.....	63
Figura 5.2 Porcentaje de fallas para los equipos.....	64
Figura 5.3 Clasificación de fallas para el equipo Scoop 3.5.....	65
Figura 5.4 Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Scoop 3.5.....	66
Figura 5.5 Clasificación de fallas para el equipo Scoop 145.....	68
Figura 5.6 Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Scoop 145.....	69
Figura 5.7 Clasificación de fallas para el equipo Scoop 116.....	71
Figura 5.8 Resumen de los resultados de Mantenibilidad.....	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1. Especificación de los equipos Scoop .	57
Tabla 4.2 Especificaciones de lo equipos críticos evaluados.	58
Tabla 5.1 Características de los equipos Scoop.	62
Tabla 5.2. Fallas del equipo de carga Scoop 3.5.	65
Tabla 5.3 Tiempo fuera de servicio para las fallas del Scoop 3.5.	66
Tabla 5.4 Fallas del equipo de carga Scoop 145.	67
Tabla 5.5 Tiempo fuera de servicio para las fallas del Scoop 145.	68
Tabla 5.6 Fallas del equipo de carga Scoop 116.	70
Tabla 5.7 Tiempo fuera de servicio para las fallas del Scoop 116.	71
Tabla 5.8 Tabla de Mantenibilidad del equipo de carga Scoop 3.5.	75
Tabla 5.9 Tabla de Mantenibilidad del equipo de carga Scoop 116.	76
Tabla 5.10 Tabla de Mantenibilidad del equipo de carga Scoop 145.	77

INTRODUCCION

Las empresas se encuentran hoy, saturadas de una gran cantidad de métodos de mantenimiento que se usan indiscriminadamente, por el deseo de no quedarse atrás y estar dentro de las corrientes de pensamiento actual, tomando la forma de los bienes que se pone a la 'moda' utilizándolas como fin y no como medio para alcanzar la excelencia. Estos métodos poseen una metodología específica de implementación que requiere de un conocimiento profundo para lograr desarrollarlas con éxito. Además, cabe destacar que aún existen empresas que se apoyan en viejos paradigmas de mantenimiento, y otras que ni siquiera poseen una dirección sólida de Mantenimiento.

Tradicionalmente, en los procesos de comercialización de bienes y servicios, y con el objetivo de satisfacer al cliente, las empresas se han visto en la obligación de ofrecer garantías, es decir, de comprometerse con el cliente por un período determinado a reparar o sustituir de manera total o parcial los productos que presenten defectos operacionales o de construcción.

Aún cuando este compromiso representa tranquilidad para el consumidor, el hecho de no poder disponer del producto durante un período de reparación o sustitución, o que éste se averíe con mucha frecuencia; representa un motivo de insatisfacción, el cual se traduce como una pérdida de prestigio para el proveedor.

De igual manera, en aquellos casos en que el producto o servicio es utilizado en lugares remotos o en condiciones muy críticas, la garantía pasa a un segundo plano y el interés principal del cliente recae en que el producto no falle.

Por estos motivos, es necesario en la empresa Minera Venrus C.A, poseer equipos que estén disponibles para llevar a cabo las actividades de carga del mineral

y del estéril en la Mina Isidora- Valle Norte y es por ello que se surge la presente investigación.

El contenido de esta investigación se encuentra dividido en cinco capítulos, los cuales se describen a continuación:

El capítulo I, contiene el planteamiento del problema de la investigación el cual conllevó a establecer los objetivos tanto generales como específicos. También la justificación e importancia, así como el alcance del mismo. Todos ellos serán la base para llevar a cabo esta investigación. El capítulo II, se presenta una descripción general de la empresa que hizo posible la realización de esta investigación, una breve reseña histórica y sus principales lineamientos.

El capítulo III, describe todos los elementos conceptuales que comprende la investigación. Se encuentra el marco teórico y las referencias en las que se fundamenta el estudio.

El capítulo IV, contiene la metodología utilizada en la investigación, el tipo de investigación, la población, la muestra. Además se expresan técnicas utilizadas para la recolección de datos.

En el capítulo V, se realiza el análisis de la situación actual de la empresa así como también se presentan y se interpretan los resultados de la recolección de datos obtenidos durante la investigación.

Finalmente, se dan las conclusiones y recomendaciones relacionadas con los objetivos que se plantearon para justificar y estimar la importancia del estudio. Las referencias bibliográficas, y apéndices de la investigación.

Para estructurar el trabajo se siguieron los lineamientos establecidos en el Manual para la elaboración de Trabajos de Grado de la Escuela de Ciencias de la Tierra, de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, (2000).

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La tendencia de la Economía Mundial, la globalización de los mercados y el movimiento de capitales aumenta cada año. Como consecuencia las organizaciones se enfrentan a un nuevo entorno de desarrollo y deben adoptar las estrategias más convenientes. El progreso industrial no se reduce sólo a la inversión en nuevas instalaciones de producción y a la transferencia de tecnología extranjera, sino que es prioritario utilizar eficazmente las instalaciones actuales, donde uno de los requisitos importantes es el establecimiento de un servicio sistemático y técnico de mantenimiento eficiente, seguro y económico de los equipos industriales.

El mundo cambiante del mantenimiento es el resultado de su complejidad, de nuevas expectativas, nuevos patrones de fallas de equipo y nuevas técnicas, éstos cambios han generado otros requerimientos en la industria, que siente la necesidad de innovar las estrategias o enfoques de la función de mantenimiento.

Esta transformación que está ocurriendo en el mundo del mantenimiento ha hecho patente la necesidad de una mejora sustancial y sostenida de los resultados operacionales y financieros de las empresas, lo que ha llevado a la progresiva búsqueda y aplicación de nuevas y más eficientes técnicas y prácticas gerenciales de planificación y medición del desempeño del negocio. Las empresas deben considerar, que es un negocio invertir en mantenimiento de activos y no verlo como un gasto, ya que el mantenimiento de los equipos y sistemas de producción, acompañado de una buena gestión es primordial para obtener altas cotas de productividad.

Los servicios de mantenimiento están encuadrados dentro de la gestión de una empresa en la función producción y sin ellos difícilmente se llegaría a terminar de forma continua un proceso industrial para obtener un determinado producto o servicio. La más alta productividad se consigue con el empleo más racional, eficaz y económico de una planta industrial y del personal integrado en la misma. Está claro que, entre los factores que intervienen en el logro de este objetivo, está el de mantener la maquinaria e instalaciones en perfectas condiciones de funcionamiento.

Es importante tener presente que la relación que existe entre el mantenimiento y la productividad varía de acuerdo al tipo de industria, ya que para las empresas cuya operación depende del estado de su maquinaria, el mantenimiento es la función que más tiene relación con la producción, si se tiene en cuenta que influye representativamente sobre todos sus parámetros. Esta relación será positiva o negativa, dependiendo de la índole, calidad y eficiencia con que se implante el sistema de mantenimiento.

Las actividades de mantenimiento deben orientarse, por tanto, a reducir al mínimo posible la indisponibilidad de los equipos y a eliminar sus disfuncionamientos, que, aunque sean breves, distorsionan la continuidad del proceso productivo y la calidad de los productos y servicios. La disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad constituyen índices básicos para medir la eficacia del mantenimiento.

Minera Venrus, C.A, es una empresa mixta conformada entre el Gobierno Venezolano e Inversionistas Rusos, dicha empresa comienza sus operaciones en enero de 2003, fecha en la cual inicia el proceso de apertura de la boca de mina, que actualmente recibe el nombre de Mina Isidora - Valle Norte, la cual está ubicada en el caserío El Perú (Zona Minera), jurisdicción del Municipio Autónomo El Callao – Estado Bolívar.

Actualmente ésta es una de las principales empresas del país, dedicada a la explotación de mineral aurífero, particularmente Mina Isidora es una mina subterránea de tipo rampa combinada con descenso en caracol hacia los frentes de avance y producción.

El proceso productivo en Mina Isidora, está limitado a lo que es la exploración y explotación del mineral, puesto que Mina Isidora no cuenta con una planta instalada para el procesamiento del mismo, por lo que éste es enviado a la procesadora La Camorra (Otra concesión donde Minera Venrus, C.A, tiene derecho a operar) para su procesamiento. Previo a esto, el mineral es pasado por la planta de trituración, para darle al mineral las especificaciones de tamaño para que pueda ser procesado en la planta de La Camorra.

Considerando que la actividad fundamental de Mina Isidora es exploración y explotación del mineral, es imprescindible contar con la disponibilidad de los equipos de perforación, carga y acarreo, ya que sin ellos estaría paralizada la actividad que aquí se desarrolla. Además es importante considerar que para la empresa el mineral es útil una vez que se encuentra en superficie, por lo que es necesario y especialmente importante que los equipos de carga estén disponibles para poder mover el mineral hasta los puntos de acarreo y proceder a cargar, transportar y descargar el mismo en los camiones, los cuales posteriormente se encargaran de llevarlo hasta la superficie.

Actualmente, en la mina hay seis (6) equipos de carga tipo Scoop, para cargar, y cinco (5) camiones para transportar y descargar el material de roca. Particularmente el Scoop es un equipo de bajo perfil diseñado para realizar trabajos en mina subterránea o en zonas confinadas; con éste se puede cargar una cantidad grande de material, ya que están equipados con cangilones (palas mecánicas) con capacidad de hasta 9 metros cúbicos.

Una vez que se carga el material es posible transportarlo a un área específica y descargarlo en un camión o área determinada.

Es por éstas características que en Mina Isidora, los Scoops son principalmente necesarios en los trabajos subterráneos, debido al tamaño limitado de las labores y a su fácil acceso hasta los puntos de carga y descarga del material.

Es importante tener presente, que la operación segura y eficiente de éstos equipos requiere destreza y constante vigilancia por parte del operador, ya que éste debe familiarizarse con todos los instrumentos, controles y dispositivos de advertencia y conocer las capacidades y limitaciones del equipo respetando los procedimientos y normas de seguridad. Así mismo para la segura y eficiente operación de los mismos, se requiere un apropiado y correcto mantenimiento preventivo. En lo que respecta a Mina Isidora, las condiciones antes mencionadas no siempre se cumplen dado que no existe un uso adecuado de los equipos por parte de los operarios; por otro lado debido al uso frecuente y constante de los mismos y las condiciones en las cuales trabajan, dichos equipos han ido perdiendo sus condiciones iniciales de funcionamiento, por lo que éstos son susceptibles de falla. En el departamento de mantenimiento se realizan informes donde los supervisores deben describir de manera detallada y precisa lo acontecido en cada turno de trabajo, sobre todo los trabajos realizados durante esa jornada y los pendientes para la próxima, de la información extraída de éstos, del monitoreo y observaciones realizadas, se evidencia que las fallas que presentan los Scoops son de origen mecánico y eléctrico, donde es el mantenimiento correctivo el principal medio para solucionar tales problemas. Otra manera de atender los equipos, es a través del mantenimiento diario de rutina donde se realiza lo necesario para que el equipo pueda operar (corregir niveles de combustible, refrigerante, lubricación y ajustes menores si es necesario), éste se realiza una hora al inicio de cada turno de trabajo (la empresa labora tres turnos cada uno de 8 hrs.) para los equipos que estén operativos en ese momento.

También se efectúa un mantenimiento preventivo donde se aplica una serie de pautas siguiendo las recomendaciones técnicas del fabricante, sin embargo éste mantenimiento no ha sido lo suficientemente eficiente puesto que no ha disminuido la incidencia de fallas.

No se encuentra ningún tipo de información referida a la realización de análisis para evaluar las fallas producidas, por lo que no se tiene claro las medidas o consecuencias a las que se exponen al momento de suceder la falla.

El Departamento Mecánico, es el encargado de realizar con la mayor seguridad y eficiencia posible cada uno de los trabajos relacionados con mantenimiento y reparación de equipos pesados, livianos y menores, a fin de mantener en condiciones de operatividad los equipos con los que cuenta Minera Venrus, C.A, para garantizarle a la misma la continuidad de las labores de perforación, carga y descarga del mineral y del estéril. Además se encarga de atender las necesidades que presenten los equipos tanto en subterráneo como en superficie, sean de origen mecánico o eléctrico. Éste requiere una buena gestión de mantenimiento, ya que hoy en día no existe confiabilidad, así como disponibilidad segura y estable, la mantenibilidad es correctiva en un alto porcentaje, dado que aproximadamente el 70% de los costos del departamento de mantenimiento corresponden al mantenimiento correctivo. Las fallas que presentan los equipos son frecuentes y aleatorias, no se puede asegurar cuanto puede durar un equipo trabajando así como tampoco determinar las fallas críticas y resaltantes.

Consciente de la importancia que tiene el mantenimiento dentro de cualquier organización y especialmente en ésta empresa ya que se relaciona directamente con la productividad, se pretende realizar un análisis de falla de los 6 Scoops con los que dispone Mina Isidora para sus labores de carga, con el fin de conocer las causas y

efectos que originan las paradas no deseadas de uno o varios de estos equipos y recomendar acciones adecuadas y alcanzables para disminuir tales problemas.

Es posible esquematizar la problemática anteriormente planteada mediante el diagrama de Ishikawa presentado posteriormente. (Figura 1.1).

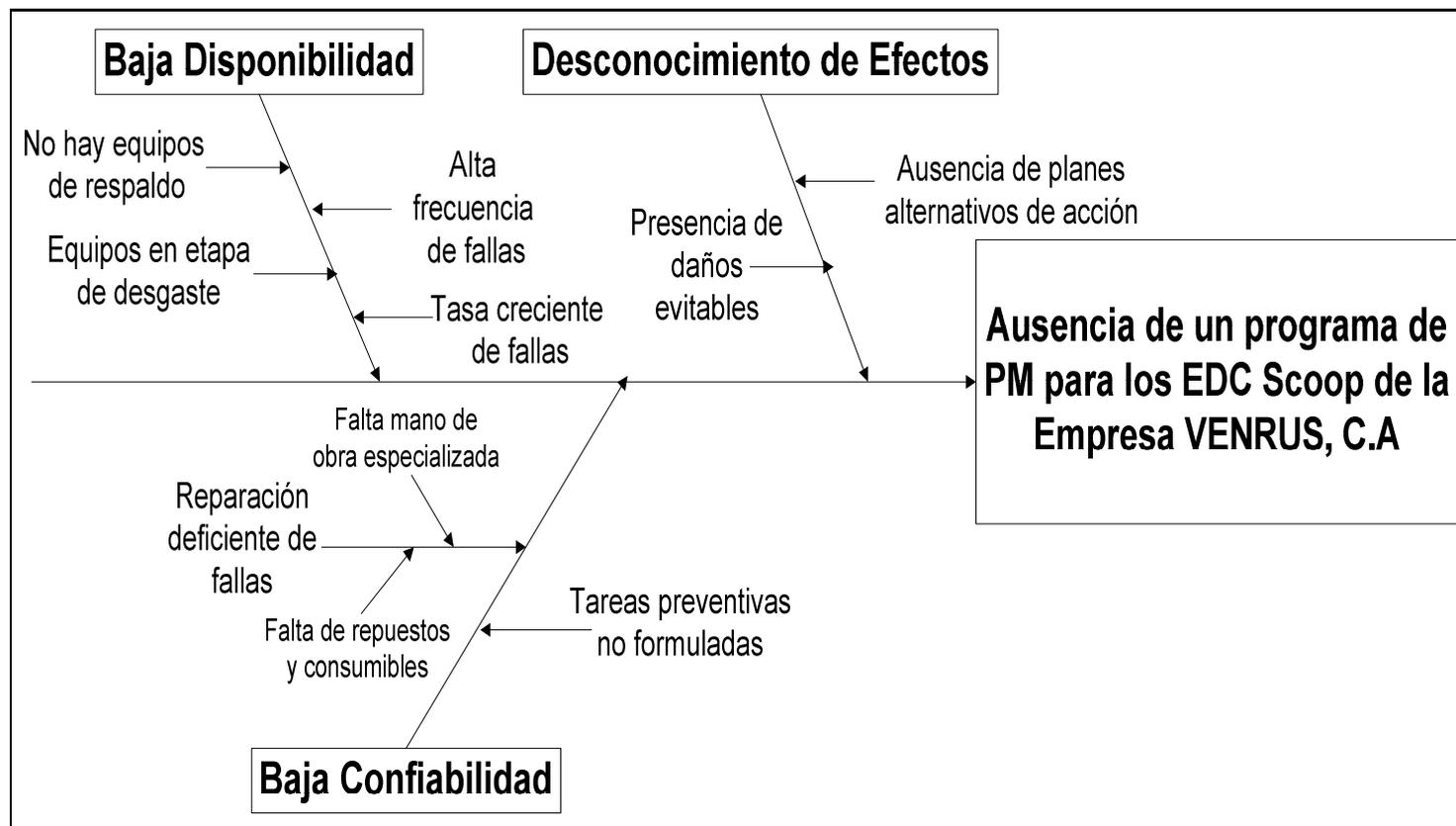


Figura.1.1 Diagrama de Ishikawa de la Ausencia de un Programa de Mantenimiento Preventivo.

La disponibilidad de los Scoops pudiese mejorar, si se analizaran las fallas y la confiabilidad de los mismos. Aunado a ello, también se mejoraría la situación si se adquieren equipos adicionales que puedan sustituir de manera inmediata el paro de otro equipo y se recomendaran acciones de mantenimiento que permitan prevenir el paro de los mismos y disminuir el número de mantenimientos correctivos que se hacen necesarios anualmente, puesto que éste no se puede eliminar en su totalidad. Con base a la situación planteada respecto a la empresa, surgen las siguientes interrogantes:

¿Cuál es la situación actual de los Scoops?.

¿Cuál es la confiabilidad que presentan los Scoops?.

¿Cuál es la disponibilidad que tienen los equipos de carga?.

¿Cuál es la mantenibilidad de los equipos de carga tipo Scoop?.

¿Qué medidas o acciones preventivas sería conveniente poner en práctica para disminuir las fallas y mejorar la disponibilidad de los equipos?.

Para dar respuesta a estas interrogantes es necesario realizar un estudio amplio y detallado de la situación real de los equipos objeto de estudio, así mismo se van a aplicar técnicas actualizadas y sistematizadas para analizar las fallas, con el fin de plantear las acciones correctivas necesarias.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Realizar un análisis de fallas aplicado a los equipos de carga tipo Scoop de Mina Isidora – Valle Norte, perteneciente a la empresa Minera Venrus, C.A. ubicada en El Callao- Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Analizar la situación actual de los Scoops.
2. Calcular la confiabilidad de los equipos utilizados para las labores de carga como son los Scoops.
3. Determinar la disponibilidad que presentan los equipos.
4. Calcular la mantenibilidad de los equipos de carga.
5. Elaborar un programa de mantenimiento preventivo dirigido a los Scoops.

1.3 Justificación de la investigación

El interés de llevar a cabo este estudio parte de la importancia que tiene para la empresa Minera Venrus, C.A, la disponibilidad y operatividad de los Scoops por ser un eslabón indispensable de la cadena perforación, carga y acarreo, pues con ellos se realiza la carga del mineral y del estéril dentro de la mina. La disponibilidad de los mismos se ha visto afectada por la alta frecuencia de ocurrencia de fallas, considerando que aún no existen equipos de respaldo, puesto que la empresa aún no

ha adquirido equipos nuevos que puedan cumplir con las funciones que éstos desempeñan y considerando que todos éstos equipos se encuentran en etapa de desgaste , motivo por el cual es especialmente importante para la empresa realizar un estudio que le permita conocer de manera específica los puntos mas vulnerables, las fallas mas frecuentes y resaltantes , así como la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de su maquinaria, esto con el fin de tomar medidas que contribuyan a disminuir y sobre todo a prevenir la incidencia de fallas y la gran cantidad de acciones correctivas que se llevan a cabo durante todo el año. Es por las razones antes mencionadas que este estudio está dirigido a los equipos de carga Scoop de la empresa Minera Venrus, C.A y en particular se enfocará en analizar las fallas presentadas por los mismos.

De igual forma este estudio es el punto de partida para hacer un seguimiento de las fallas que presentan los equipos y tomar acciones para la mejora continua de las actividades de mantenimiento que se aplican a los mismos, puesto que uno de los objetivos de esta investigación es elaborar un programa de mantenimiento preventivo enmarcado dentro de las necesidades reales que presentan los Scoops, tomando en consideración las recomendaciones del fabricante, el tiempo de uso y las condiciones de trabajo.

El aporte del estudio no solo va a estar limitado a los puntos mencionados, también impactará positivamente en el aspecto ambiental, en la seguridad y en los aspectos operacionales. Por otro lado, también sirve como base para realizar otros estudios, que pudiesen estar dirigidos al resto de los equipos de la empresa como son los de perforación y acarreo.

1.4 Alcance de la investigación

Este estudio comprende la realización de un Análisis de Fallas dirigido a los seis (6) equipos de carga Scoop de la empresa Minera Venrus, C.A, para ello se deben conocer la función de los mismos y las características que poseen, también se incluye la determinación y análisis de la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, así como el diseño de un programa de mantenimiento preventivo, todos éstos son objetivos importantes y necesarios para realizar un Análisis de Fallas de la manera más eficiente. El estudio es llevado a cabo en el Departamento de Mantenimiento de Mina Isidora – Valle Norte, perteneciente a la empresa Minera Venrus C. A

Hay que tener presente que éste estudio es aplicable únicamente a los Scoops presentes en la empresa Minera Venrus, C.A y de manera más específica en Mina Isidora lugar en el cual realizan sus funciones. De igual forma éste es transferible a cualquier equipo que presente las mismas características que éstos poseen.

Es importante resaltar que la posterior implementación de las propuestas derivadas del estudio dependerá de la decisión de la gerencia de mantenimiento.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación y descripción de la empresa

Minera Venrus C.A, es la primera empresa mixta del país dedicada a la exploración, explotación y comercialización de mineral aurífero; a través de su actividad contribuye a generar dividendos a la nación gracias a la comercialización dinámica de su materia prima con otras empresas a nivel nacional e internacional.

Actualmente la actividad productiva se logra a través de la explotación de Mina Isidora Valle Norte, ubicada dentro de la concesión del Bloque B.

2.2 Reseña histórica

Hecla Mining Company, fue creada el 14 de Octubre de 1891, en el Norte de Idaho Estados Unidos, posee una amplia historia en minería. Las minas de Hecla explotan y procesan oro y plata en Estados Unidos, México y Venezuela. También incursiona en los negocios de minerales industriales con operaciones de exploración. El título de concesión de oro de veta fue otorgado por el Ministerio de Minas e Hidrocarburos el 06 de febrero de 1964 a la ciudadana Dolores de Rassi, por una duración de 50 años. Posteriormente se hace la sesión de título a favor de la empresa Suramericana de Minería S.A, el 17 de Septiembre de 1985. Luego se hace un impacto ambiental y fueron conferidos los títulos de las concesiones otorgadas a la empresa Monarch Minera Suramericana, C.A.

Monarch, inició las actividades de exploración en Venezuela en 1987, desde entonces, la empresa desarrolló una base de datos geológicos excelentes con respecto

a los cinturones históricos de rocas verdes en Venezuela, localizado en los pueblos de El Callao, Bochínche y El Dorado.

En 1992 fue otorgado el permiso para la apertura de picas y construcciones de vías de accesos, se establece medidas distintas en función al tipo de acceso, en este caso corresponde al tipo III, el cual está referido a trochas o picas de acceso que son abiertas manualmente o con maquinaria, afectando la vegetación alta, media, baja y el suelo en la franja de circulación.

En Junio de 1999, en transacción comercial con Monarch Resources Limited, Hecla compra la titularidad de sus acciones a Monarch Resources Investment Limited, quien era propietaria del 100% de las acciones de Monarch Minera Suramericana, C.A.

Hecla decidió el cambio de denominación social por Hecla Resources Investment Limited y Minera Hecla Venezolana, C.A., respectivamente. El Callao Gold Mining Company De Venezuela S.C.S, es filial de ésta, la cual surge luego de realizar estudios geológicos en la población de El Callao, especialmente en la concesión minera de CVG Minerven identificada como El Bloque B, donde actualmente está radicada ésta operación, la cual lleva por nombre Mina Isidora donde aproximadamente 350.000 de las reservas de oro probada y probable se han identificado en esta mina. El proceso de extracción de mineral aurífero se realiza de forma subterránea.

El Bloque B tiene el derecho a explorar y explotar las concesiones de Minerven 1, 2 y 3 completo y parte de las 4, 8 y 9.

La Empresa “El Callao Gold Mining Company de Venezuela S.C.S.” se fundó prácticamente en Enero de 2003, que es la fecha en que realmente inició el proceso

de apertura de la boca mina, que en la actualidad recibe el nombre de Mina Isidora Valle Norte; aunque estudios topográficos y de exploración comenzaron en tiempos anteriores la directiva consideró pertinente fijar la fecha anteriormente señalada como la fecha de inicio de operaciones.

Si bien, las minas “La Camorra y Mina Isidora” son unas de las primeras minas privadas subterráneas en nuestro país, el continuo desarrollo de la actividad minera ha permitido el desarrollo de otras concesiones importantes en los alrededores de la zona sur del estado como lo es el caso de la población de El Callao y Tumeremo.

En Junio de 2008 el Grupo Hecla decide vender sus propiedades en Venezuela y vende al Grupo Rusoro Mining Company la totalidad de sus acciones por 25 millones de dólares, adquiriendo la operación de la procesadora La Camorra y los yacimientos del Boque B donde a su vez se encuentra Mina Isidora, pero manteniendo la misma denominación social de El Callao Gold Mining Company.

Posteriormente el Grupo Rusoro emprende un proceso de negociación con el Gobierno Venezolano para explorar y desarrollar depósitos auríferos en el país, es por ello que luego de un proceso de transacción comercial Venezuela adquiere el 50% de las acciones formándose así una empresa mixta.

En Septiembre de 2009 ésta negociación se consolida al firmarse el acuerdo entre el Gobierno Venezolano e Inversionistas Rusos para conformar la primera empresa mixta del país, cuya razón social ya no será El Callao Gold Mining Company S.C.S, sino Minera Venrus, C.A, la cual tiene derecho a explotar la procesadora La Camorra y las concesiones del Bloque B.

2.3 Filosofía de Gestión

2.3.1 Función de la empresa

Minera Venrus, C.A, es una organización que se encarga de la exploración y explotación de minerales preciosos, como el oro, nuestra función principal en el amplio campo de la minería es, sacar el mayor provecho a sus producciones, de manera regional, nacional y mundial, su negocio consiste en crear un valor agregado para sus accionistas a través de los descubrimientos, la adquisición, el desarrollo, la producción y el mercadeo, de estos minerales industriales, muy importante, es resaltar que dichos minerales se trabajan de una manera rentable para lograr beneficios tanto para la empresa como para el personal productor.

2.3.2. Objetivos

2.3.2.1 Objetivo general: el objeto principal de Minera Venrus C.A, es todo lo relacionado a la ejecución de proyectos de ingeniería y servicios relacionados con la exploración, explotación y comercialización de la minería de oro, así como también el asesoramiento gerencial y el mantenimiento de operaciones relacionadas con el ramo minero y la ingeniería industrial, eléctrica, mecánica y de computación, u otra actividad relacionada o conexas con el objeto principal.

Adicionalmente la organización lleva a cabo todos los actos, negocios jurídicos, contratos y gestiones directas e indirectamente relacionadas o coadyuvantes con la minería o necesarios y convenientes para la consecución del mismo, tanto nacional como internacional y en general, realizar cualquier otra actividad industrial o comercial lícita, inclusive de naturaleza no comercial, a fin de lograr sus fines y propósitos.

2.3.2.2 Objetivos específicos: para lograr sus metas la empresa tiene los siguientes objetivos específicos: a) Hacer que la organización realice sus labores de manera segura y con enmarcada responsabilidad con el ambiente. b) Darle mayor opción o preferencia a los proyectos donde la Empresa sea el operador. c) Proveer un ambiente de excelencia y crecimiento para todo el personal que labora en la empresa. d) Aceptar la responsabilidad de ser buenos ciudadanos, contribuyendo con el buen desarrollo de las comunidades donde se encuentra la empresa. e) Hacer los trabajos con honestidad e integridad.

2.3.3 Misión

Ser la empresa minera líder en la producción eficiente y sustentable de oro de Venezuela, capaz de interactuar con las comunidades procurándoles un mejor estándar de vida a través de la cooperación, la solidaridad y la responsabilidad social, siendo al mismo tiempo un modelo exitoso de empresa mixta para toda la economía nacional, mostrando que el sector público y privado puede alcanzar altos niveles de excelencia y defender conjuntamente los intereses de la Nación.

2.3.4 Visión

Desarrollar proyectos auríferos que maximicen el valor social y económico de la empresa, mediante la exploración, extracción, procesamiento y comercialización eficaz y eficiente, incorporando tecnologías que aseguren la preservación del medio ambiente y la seguridad industrial, creando las sinergias a partir del valioso esfuerzo individual de cada uno de los trabajadores de nuestra organización para asegurar una mejor distribución de los ingresos y el logro de todas las metas propuestas.

2.3.5 Valores y principios

Algunos de los valores de la empresa son los siguientes: a) Honestidad. b) Ética. c) Lealtad. d) Disciplina. e) Sensibilidad Social. f) Responsabilidad y Productividad. g) Respeto y Cortesía. h) Normas de Higiene y Seguridad. i) Trabajo Armónico. j) Ausencia de Conflictos de Intereses. k) Sentido de Identificación y Pertenencia con la organización.

2.4 Función del Departamento de Mantenimiento

Efectuar con la mayor seguridad y eficiencia posible cada uno de los trabajos relacionados con mantenimiento y reparación de equipos pesados, livianos y menores, para lograr la mayor utilización del mismo considerando el uso eficiente de los recursos disponibles. Así mismo se encarga de prestar apoyo y atender las necesidades que se presenten tanto en superficie como en mina sean de origen mecánico o eléctrico.

2.4.1 Misión

Disponer de un grupo adecuado de recursos humanos de mantenimiento capaz de brindar la mayor disponibilidad de equipos tanto en superficie como en mina, con el fin de garantizar el desarrollo de las actividades de perforación, carga y acarreo.

2.4.2 Visión

Realizar de la manera más eficaz y eficiente los trabajos de mantenimiento, atendiendo estrictamente a las normas de seguridad e incorporando equipos y herramientas de última tecnología que no vayan en detrimento del medio ambiente y

que permitan la mejora continua de los trabajos de mantenimiento y el cumplimiento de las metas y objetivos propuestos.

2.4.3 Ubicación y Acceso a la Empresa

Minera Venrus C.A, está ubicada en la población de El Callao, el cual se encuentra situado dentro del Escudo de Guayana en el Estado Bolívar, al Sureste de la República Bolivariana de Venezuela; aproximadamente a 285 Km al Sur- Este de Ciudad Bolívar. (Figura 2.1).



Figura 2.1. Ubicación y Acceso a Mina Isidora.

La Mina Isidora pertenece a la concesión del Bloque B, el cual se compone del grupo de 12 concesiones y consta de: la totalidad de Minerven 1 y 2, y porciones de las concesiones de Minerven 3, 4, 8 y 9. Mina Isidora se encuentra dentro de

Minerven 2, ubicándose a 6 Km de la población de El Callao, específicamente en las adyacencias del Caserío El Perú (Figura 2.2).

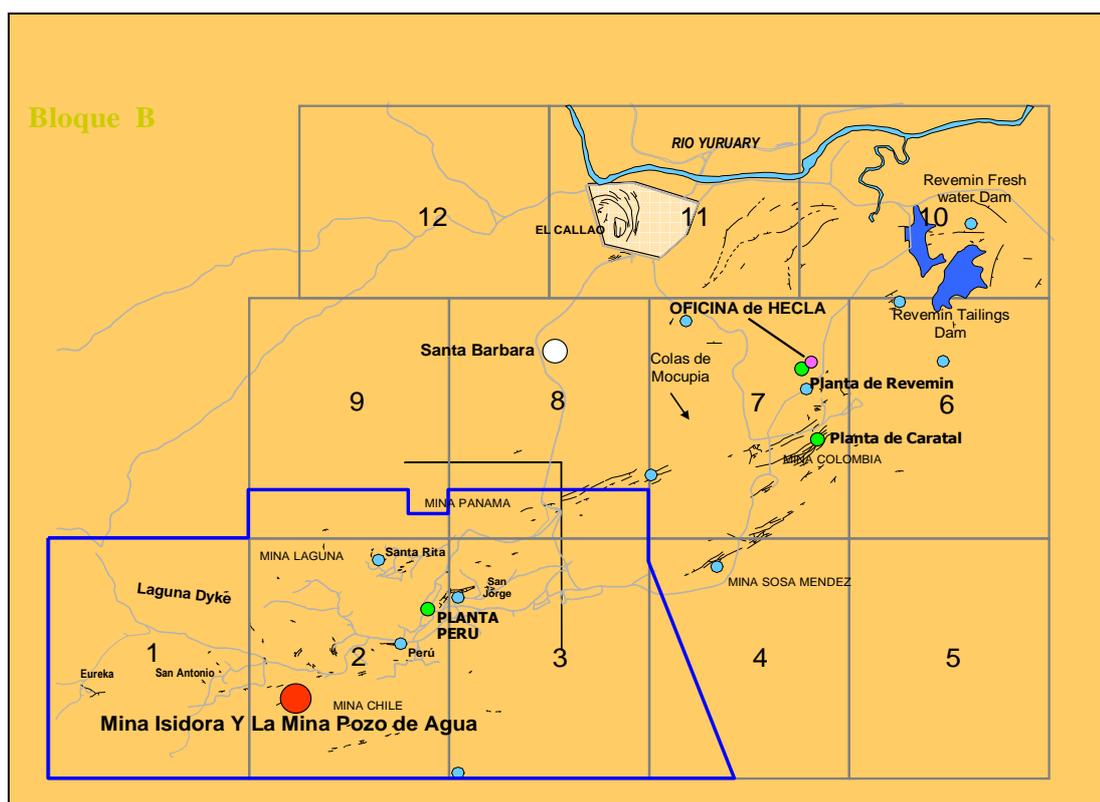


Figura 2.2. Ubicación de Mina Isidora dentro de la Concesión de Minerven 2.

El acceso se realiza por caminos pavimentados y menos de 500 m de camino de tierra desde la población de El Callao siguiendo tres rutas posibles; en dirección suroeste atravesando los campamentos Santa Bárbara y San Luis, por el oeste siguiendo la ruta hacia el Choco, al sureste siguiendo la vía que va a Minerven hasta llegar a Caratal y siguiendo el trayecto hacia El Perú.

2.5 Estructura Organizacional de la Empresa

El organigrama se presenta a continuación en la Figura 2.3.

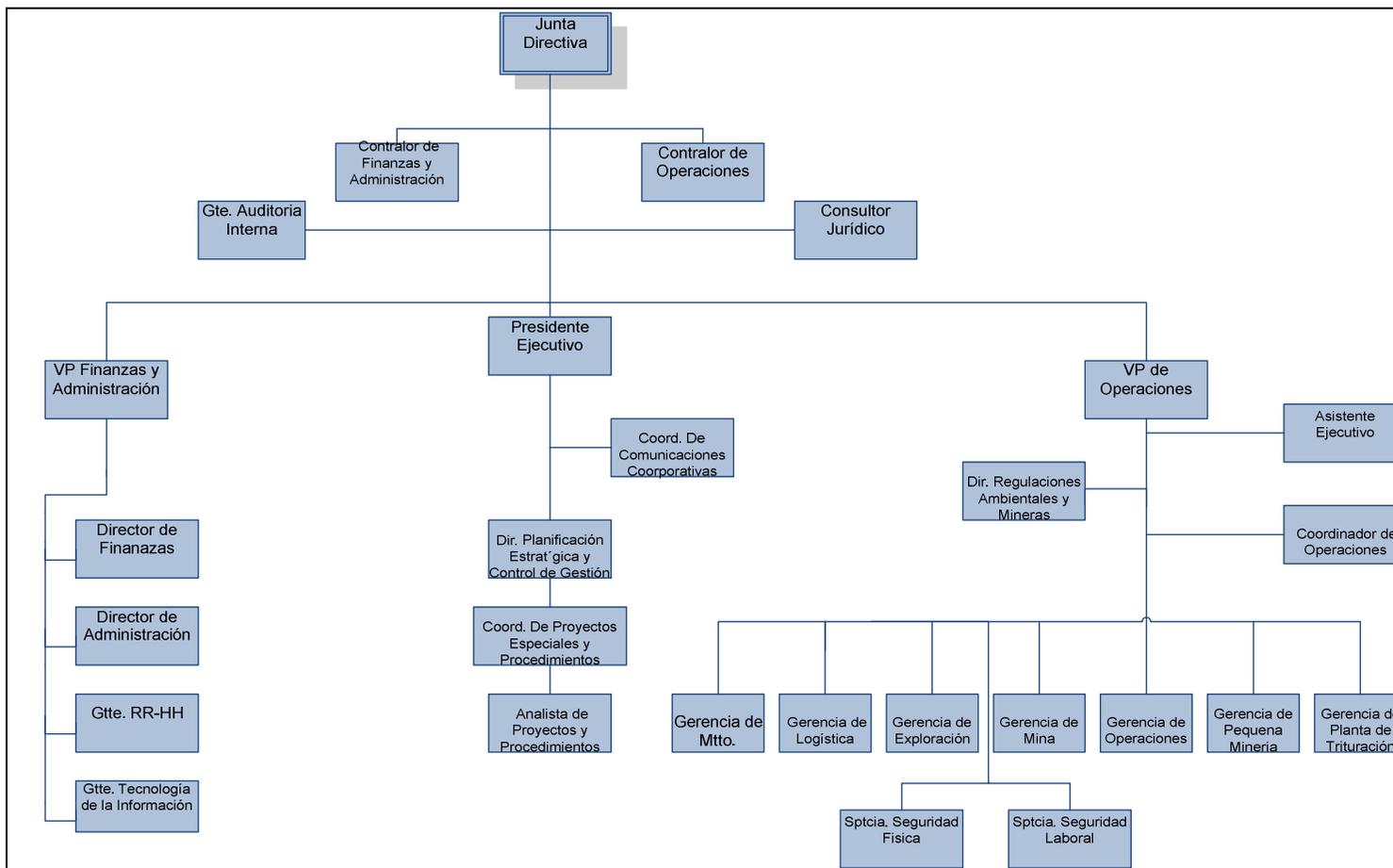


Figura 2.3. Estructura Organizacional de la Empresa.

2.5.1 Estructura Organizacional del Departamento de Mantenimiento

En el departamento de mantenimiento laboran 86 trabajadores.

La estructura organizacional de dicho departamento está definida a través de un organigrama de tipo vertical, donde cada puesto subordinado a otro se representa por cuadros en un nivel inferior, ligados a aquel por líneas que representan la comunicación de responsabilidad y autoridad. De cada cuadro del segundo nivel, se sacan líneas que indican la comunicación de autoridad y responsabilidad a los puestos que dependen de él y así sucesivamente.

El departamento de Mantenimiento en el primer nivel tiene al Gerente de Mantenimiento, el cual tiene a su cargo al Ingeniero de Planificación y al Asistente Administrativo, en el siguiente nivel se encuentra el Superintendente de Mantenimiento encargado de reportar a la gerencia de Mantenimiento, bajo la supervisión del superintendente se encuentran el Coordinador de Taller Mecánico y Eléctrico respectivamente.

El Coordinador de Taller Mecánico, mantiene comunicación directa con el Jefe de Taller Mecánico, el cual a su vez mantiene comunicación con los siete supervisores de mantenimiento y con el Supervisor de Jackleeg y en el siguiente nivel supervisa el trabajo del Coordinador Electromecánico. Esto es posible evidenciarlo de manera completa en el organigrama que se presenta en la Figura 2.4.

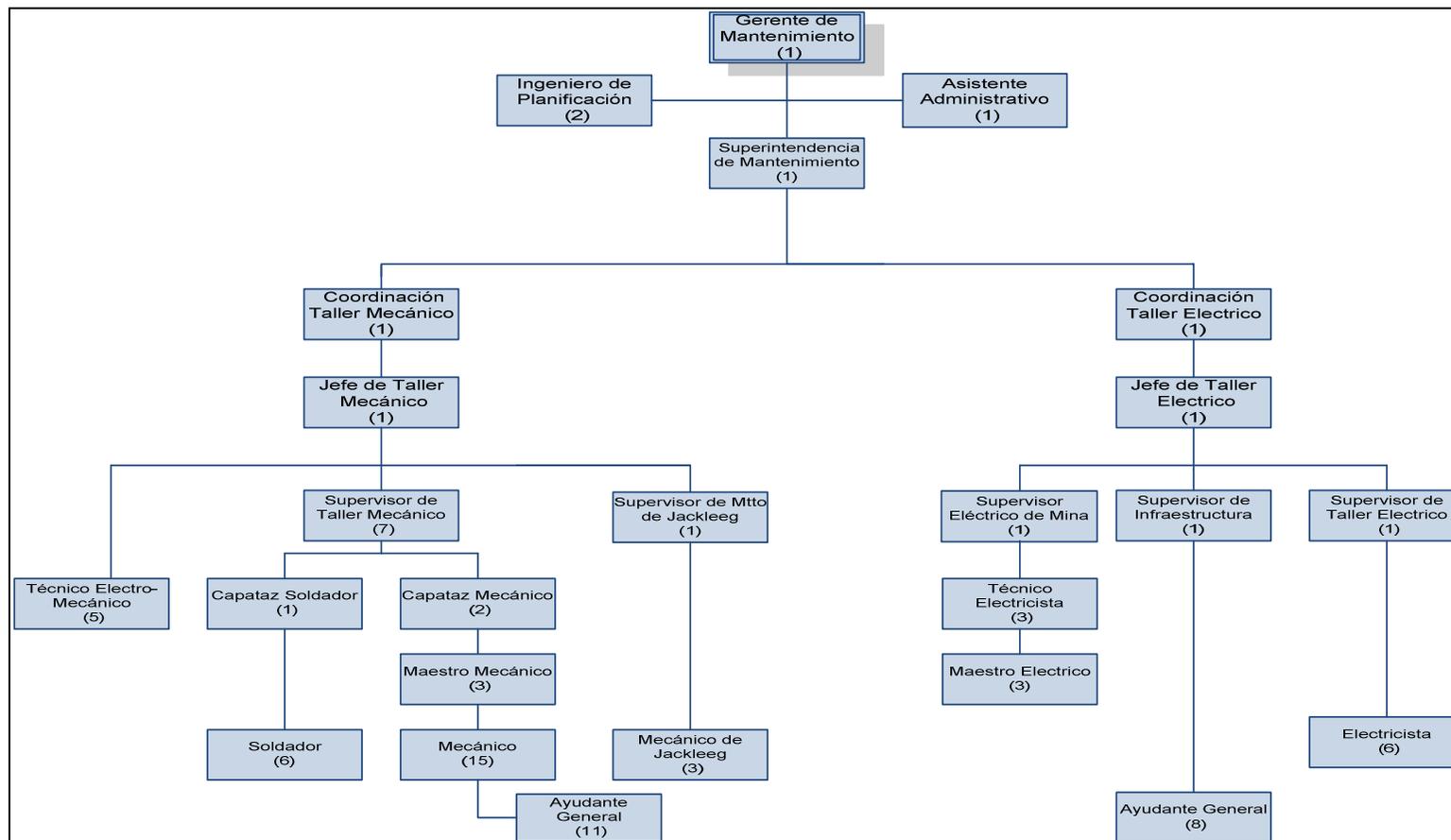


Figura 2.4. Estructura Organizacional del Departamento de Mantenimiento

2.5.1.1 Gerente de Mantenimiento: es el que tiene la responsabilidad de planear las mejores estrategias y establecer objetivos que desde su perspectiva contribuyan al logro de las metas de la empresa desde el punto de mantenimiento. Así mismo estimula la participación de sus colaboradores, en la planificación, toma de decisiones y solución de problemas.

2.5.1.2 Ingeniero de Planificación: es el responsable de planificar y elaborar los proyectos que requiere la gerencia, elabora informes, se encarga de planificar los mantenimientos y las paradas de los equipos para los trabajos de mantenimiento preventivo. Realiza estimación de recursos, costos asociados a nivel de proyecto y gestiona la solicitud de repuestos para los equipos de mina.

2.5.1.3 Asistente Administrativo: ejecuta los procesos administrativos del departamento de mantenimiento, aplicando normas y procedimientos definidos, elaborando la documentación necesaria, revisando y realizando cálculos, a fin de lograr resultados oportunos y garantizar la prestación eficiente del servicio.

2.5.1.4 Superintendente de Mantenimiento: se encarga de poner en práctica las estrategias, establecidas por la gerencia, proveer las herramientas, insumos e información necesaria para realizar el trabajo y hacer un seguimiento continuo de las actividades realizadas. Facilita el trabajo de sus colaboradores y, más que ejercer control, les presta el apoyo necesario para que puedan realizar eficientemente sus tareas. Gestiona junto al ingeniero de planificación la solicitud de repuestos.

2.5.1.5 Coordinador de Taller Mecánico: se encarga de coordinar los trabajos de mantenimiento mecánico que deben realizarse, supervisa la ejecución del mismo y procura la seguridad del personal. Plantea la solicitud de insumos, herramientas y consumibles para realizar el trabajo.

2.5.1.6 Coordinación de Taller Eléctrico: es el encargado de coordinar las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo de los de los sistemas eléctricos, a fin de asegurar el adecuado funcionamiento de la electricidad de todas las áreas de la empresa.

2.5.1.7 Jefe de Taller Mecánico: planifica y establece las pautas de trabajo, coordina con los supervisores los trabajos de mantenimiento que deben realizarse, de igual forma participa y presta apoyo en las reparaciones mayores de los equipos de mina.

2.5.1.8 Jefe de Taller Eléctrico: es el encargado de coordinar los trabajos de mantenimiento eléctrico, tanto rutinarios como preventivos y correctivos, previa pauta de trabajo emitida por el coordinador general de servicios eléctricos. De igual forma debe inspeccionar, dirigir y controlar las actividades a fin de verificar la ejecución del trabajo y el uso eficiente de los recursos empleados.

2.5.1.9 Supervisor de Taller Mecánico: se encarga de inspeccionar, dirigir y controlar las actividades de mantenimiento de los equipos de mina. Al igual coordina y planifica los trabajos preventivos y correctivos que en su turno de trabajo deben realizarse.

2.5.1.10 Supervisor de Mantenimiento de Jackleeg: inspecciona, dirige y controla las actividades de mantenimiento de jackleeg y trabajos correctivos que sean necesarias realizar. Supervisa la ejecución del trabajo y procura la seguridad del personal. Plantea y notifica los requerimientos de repuestos y herramientas para realizar el trabajo.

2.5.1.11 Supervisor Eléctrico de Mina: es el encargado de planificar y ejecutar todos los trabajos eléctricos dentro de la mina subterránea.

2.5.1.12 Supervisor de Infraestructura : se encarga de todos los trabajos eléctricos relacionados con los campamentos, edificios e infraestructura general de la empresa.

2.5.1.13 Supervisor de Taller Eléctrico: es el encargado de planificar, coordinar, dirigir y controlar la ejecución de los trabajos eléctricos dentro del taller.

2.5.1.14 Técnico Electromecánico: se encarga ejecutar los trabajos electromecánicos que requieren los equipos de mina, lleva a cabo reparaciones mayores y menores, de igual forma procura la eficiencia y la seguridad de los trabajos que realiza. Plantea y notifica los requerimientos de repuestos para realizar el trabajo.

2.5.1.15 Capataz Soldador: es el que coordina e inspecciona todos los trabajos de soldadura que deben realizarse a los equipos, así mismo participa en todas las reparaciones relevantes, planifica y coordina la fabricación de cualquier pieza metálica que se requiera.

2.5.1.16 Capataz Mecánico: realiza actividades de reparaciones mayores y relevantes de los equipos de mina, previstas de modo de garantizar la operatividad y disponibilidad de los mismos. Procurando la eficiencia y la seguridad en cada una de las labores.

2.5.1.17 Técnicos Electricista: son los encargados de llevar a cabo las reparaciones y trabajos eléctricos dentro de la mina.

2.5.1.18 Maestro Mecánico: se encarga de llevar a cabo todas las reparaciones mecánicas relevantes planificadas o no, de igual forma presta apoyo en la ejecución de reparaciones mayores, procurando realizar los trabajos de la manera más eficiente y segura.

2.5.1.19 Maestro Electricista: es el encargado de prestar apoyo en la ejecución de los trabajos eléctricos mayores y relevantes.

2.5.1.20 Soldador: participa en las reparaciones y trabajos de soldadura de los equipos de mina.

2.5.1.21 Mecánico Diesel: interviene en todas las reparaciones mecánicas de los equipos pesados, y todo lo concerniente a los equipos diesel del departamento de mantenimiento.

2.5.1.22 Mecánico de Jackleeg: se encarga de atender las reparaciones de todos los equipos neumáticos de la mina.

2.5.1.23 Electricista: es el encargado de llevar a cabo reparaciones eléctricas menores, así mismo presta apoyo en las actividades y trabajos eléctricos en general, que se efectúan en el taller eléctrico.

2.5.1.24 Ayudante General (Taller Mecánico): presta apoyo a los mecánicos y participa en actividades de rutina como lubricación y ajustes menores de los equipos, bajo supervisión de un mecánico.

2.5.1.25 Ayudante General (Taller Eléctrico): es el encargado de prestar apoyo a los supervisores eléctricos, en la ejecución de los trabajos que se realizan dentro del taller.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Los antecedentes encontrados durante la investigación son los siguientes:

Castillo R, Sergio A. (1998) **CONFIABILIDAD OPERACIONAL CAMPO DACIÓN**, señala que “Las fallas reducen la disponibilidad y en consecuencia reduce la producción, por esto se plantean problemas especiales a la hora de determinar el mejor plan de mantenimiento. El Análisis de Fallas fue creado para facilitar esta tarea ya que brinda la alternativa del enfoque detallado de fallas y concentra los esfuerzos en las fallas críticas”.

Cada parada de uno de los equipos, trae como consecuencia un retraso en las actividades de carga y por consiguiente esto retrasa también el acarreo, por lo que contar con el análisis de los posibles modos de falla que presentan los scoops, puede contribuir a un mejor funcionamiento de los mismos, lo que sería a su vez, de gran rentabilidad para la empresa, además, este análisis puede ser tomado como base para la realización o mejora de un plan de mantenimiento, aportando mayores beneficios ya que ayudaría a disminuir principalmente las causas de fallas potenciales, para luego analizar las que representan menor riesgo.

Nava A, José Domingo. (2001) **APLICACIÓN PRACTICA DEL MANTENIMIENTO**, sostiene que “El conocimiento de la capacidad efectiva de un sistema y de los factores que influyen en ella, permite emitir recomendaciones tendientes a mejorar el funcionamiento y rendimiento del mismo”.

Es precisamente por ello, que se pretende realizar un análisis, en el que además de reconocer claramente el área de estudio, se identifiquen claramente las funciones y características de los EDC Scoop y se diagnostiquen las fallas presentadas.

Caraballo, C. (2002) **INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO**, expone lo siguiente “Como concepto de negocio, confiabilidad se relaciona con una integración de estrategias de procura, instalación, arranque, operación y mantenimiento, con el propósito de evitar desperdicios, optimizar la disponibilidad de plantas, prevenir fallas y ajustar las acciones de mantenimiento, para optimizar los costos de propiedad de largo plazo en términos financieros”.

En Minera Venrus, C.A, nunca se ha medido la confiabilidad de sus equipos, siendo que estos están relacionados directamente con la productividad y sin ellos estaría paralizada la actividad que se desarrolla en ésta empresa, es por ello que uno de los objetivos del presente estudio está enfocado en determinar y analizar la confiabilidad que éstos presentan, con el fin de proponer acciones y estrategias que según el concepto planteado estén dirigidas a evitar desperdicios y prevenir las fallas.

Ojeda, A. (2003) **CONFIABILIDAD EN MANTENIMIENTO**, señala que “Para disminuir la probabilidad de falla y por lo tanto disminuir el riesgo, se deben analizar los problemas recurrentes y tomar acciones correctivas definitivas y en cuanto a la susceptibilidad a otros mecanismos de degradación, se deben crear planes de mantenimiento preventivos o basados en condición que permitan detectar fallas potenciales a tiempo antes de que estas se conviertan en funcionales, este tipo de acciones disminuiría la probabilidad de falla y la consecuencia, pues el mantenimiento preventivo es siempre más económico que el correctivo”.

Se aplicará en los equipos de carga Scoop de la empresa Minera Venrus, C.A, la técnica de Análisis de Fallas, la cual es una herramienta que permitirá mostrar las

distintas fallas presentadas y de igual forma arrojará la información necesaria para determinar que acciones deben tomarse ante las situaciones que se presentan, para evitar la ocurrencia de tales fallas y los gastos por mantenimiento correctivo.

Centro de Investigación y Apoyo Tecnológico, Filial Petróleos de Venezuela, S.A. (2004). **NOCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**. Anuncia “La ausencia de un plan de mantenimiento preventivo por condición constituye una de las principales causas que provocan la alta frecuencia de fallas”.

En este sentido, queda evidenciado que el incremento en el número de fallas en los EDC Scoop, puede deberse a que el mantenimiento preventivo practicado hasta ahora, no está dando buenos resultados, por lo que es conveniente la realización de un análisis de fallas, para a partir de este poder realizar mejoras al plan de mantenimiento.

Campos, E. (2005) **ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA**, decidió “realizar un Análisis de Modos y Efectos de Falla en las bombas ajax, debido a la alta cantidad de fallas registradas, con la intención de determinar los principales modos de fallas, aumentar la confiabilidad y disponibilidad del sistema, disminuir el impacto operacional y los costos de mantenimiento asociados.”

Con respecto a la investigación se deben evaluar las fallas para poder estudiar el comportamiento de estas y de esta forma poder obtener conclusiones acerca del sistema y proponer mejoras.

Rodríguez, Jesús. (2006) **ANÁLISIS DE FALLAS**, este realizó un Análisis de las Fallas ocurridas en las redes telefónicas de la central Puerto Ordaz, con el fin de describir las fallas y los procedimientos para repararlas, sin llegar a proponer un plan de mantenimiento de mantenimiento preventivo para dichos equipos.

3.2 Bases de la investigación

Los conceptos utilizados para comprender más la investigación son los siguientes.

3.2.1 Equipo de carga Scoop

Los trabajos de minas subterráneas requieren la utilización de vehículos con diseños especializados para esos trabajos, entre estos vehículos destaca el Scoop.

Un Scoop, es un equipo de bajo perfil accionado por un motor diesel, diseñado para realizar trabajos en mina subsuelo o en zonas confinadas, se utiliza para levantar cargas pesadas y efectuar la descarga de las mismas en un camión o área específica. (Figuras 3.1, 3.2, 3.3).

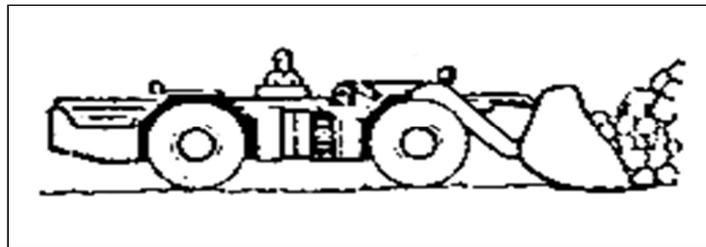


Figura 3.1 Forma de carga del equipo Scoop.

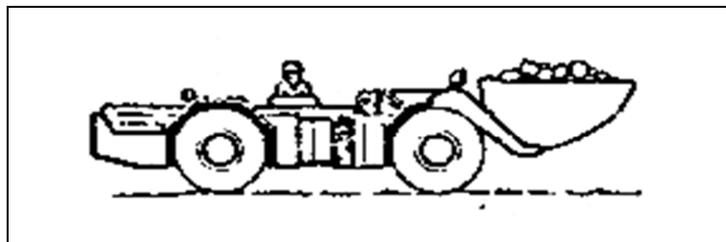


Figura 3.2 Forma de transporte del equipos Scoop.

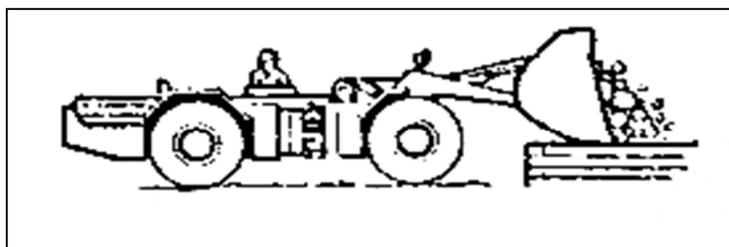


Figura 3.3 Forma de descarga del equipo Scoop.

Estos vehículos están equipados con cangilones (palas mecánicas) con capacidades de hasta 9m^3 , de igual forma tienen capacidad para transportar materiales en trayectos cortos donde los camiones volcadores tendrían dificultad para maniobrar.

Estos equipos son de fabricación Finlandesa por la empresa Sanvick. Cada máquina viene identificada con un número de modelo y de serie. Dicho equipo tiene un sistema hidráulico de cuatro velocidades, donde tres de éstas son de fower y una de rever (tres de avance y una de retro).

No posee volante sino una palanca de control de dirección, así mismo cuenta con una palanca de control del brazo / balde y otra para el control de la transmisión. También tiene un pedal del acelerador, otro para el freno y un interruptor de desconexión principal. Todo esto se encuentra en la cabina del operador.

El scoop puede efectuar la descarga de manera frontal y lateral, según sean las condiciones del trabajo. Los principales componentes: chasis, cabina del operador, motor, sistema hidráulico, sistema de diferenciales y mandos finales, sistema electromecánico y sistema de transmisión. Mantenimiento.

3.2.2 Mantenimiento

Nava, (2004) lo define como: “La combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. El conjunto de estas labores de mantenimiento es conocido como proceso de mantenimiento, en el cual la entrada esta representada por el equipo o sistema cuyo funcionamiento debe ser conservado por el usuario, y las salidas por el equipo o sistema en estado de funcionamiento”.

El mantenimiento es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa.

3.2.3 Objetivos del mantenimiento

Nava, (2004) sostiene que: “En el caso del mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos: a) Mejora de la disponibilidad del equipo productivo. b) Disminución de los costos de mantenimiento. c) Aprovechamiento del recurso humano. d) Maximización de la vida de la máquina. e) Asegurar que el proceso opere dentro de control estadístico. f) Reparar y restaurar la capacidad productiva que se haya deteriorado. g) Reemplazar o reconstruir la capacidad productiva agotada”.

3.2.4 Importancia del mantenimiento en las empresas

El mantenimiento representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias no sólo para el empresario quien a quien esta inversión se le revertirá en mejoras en su producción, sino también el ahorro que representa tener mas trabajadores sanos e índices de accidentalidad bajos.

El mantenimiento representa un arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos.

3.2.5 Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento son los siguientes.

3.2.5.1 Mantenimiento rutinario: es un mantenimiento realizado por periodos de tiempo continuos, por el equipo de mantenimiento de la organización. Su objetivo es mantener y alargar la vida útil de los sistemas productivos, realizando tareas programadas en el tiempo para evitar su desgaste, como por ejemplo: limpieza, ajuste, lubricación, calibración, entre otros.

3.2.5.2 Mantenimiento programado: toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un sistema productivo a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar.

3.2.5.3 Mantenimiento por avería o reparación: se define como la atención a un sistema productivo cuando aparece una falla. Su objetivo es corregir las fallas que se presenten para poner en funcionamiento los sistemas productivos. La atención a la falla es inmediata, es decir, la labor de mantenimiento se hace presente en el momento que aparezca una falla, aquí no hacen presencia programas de mantenimientos ni tampoco paradas programadas.

3.2.5.4 Mantenimiento correctivo: comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. La forma de atacar las fallas están programadas y planificadas en el tiempo para que no se produzcan paradas injustificadas.

3.2.5.5 Mantenimiento circunstancial: este tipo de mantenimiento es una mezcla de rutinario, programado, avería y correctivo, ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna. La forma de mantenimiento esta planificada, es decir la forma en que se debe atacar la falla esta estudiada, pero la característica aleatoria de los procesos, impiden que las tareas planificadas tengan un punto fijo de inicio y es por ello que su punto de aplicación dependa del lugar de aparición de las fallas.

3.2.5.6 Mantenimiento preventivo: este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable. Este puede ser de dos tipos:

- ❖ Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o en el uso: el mantenimiento preventivo es cualquier mantenimiento planeado que se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales. Se lleva a cabo de acuerdo con las horas de funcionamiento o un calendario establecido. Requiere un alto nivel de planeación, las rutinas específicas son conocidas, así como sus frecuencias. En la determinación de la frecuencia generalmente se necesitan conocimientos acerca de la distribución de las fallas o la confiabilidad del equipo.

Sus características básicamente consisten en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizarán las acciones necesarias, engrasan, cambian correas, desmontaje, limpieza, etc.

Las ventajas de este mantenimiento son: a) Se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones. b) El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos. c) Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios. d) Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

Las desventajas de este mantenimiento son: a) Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados. b) Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad. c) Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

❖ Mantenimiento preventivo con base en las condiciones: este mantenimiento preventivo se lleva a cabo con base a las condiciones conocidas del

equipo. La condición del equipo se determina vigilando los parámetros clave del equipo cuyos valores se ven afectados por la condición de este. A esta estrategia se le llama mantenimiento predictivo.

Las ventajas de este mantenimiento son: a) La intervención en el equipo o cambio de un elemento. b) Obliga a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos, que nos comprometerá con un método científico de trabajo riguroso y objetivo. b)

Las desventajas de este mantenimiento son: a) La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado. De la misma manera se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos. b) Se debe tener un personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.

Por todo ello la implantación de este sistema se justifica en máquina o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas, donde las paradas innecesarias ocasionen grandes costos.

3.2.6 Falla

Es un suceso después del cual un equipo o sistema completo, deja de cumplir total o parcialmente sus funciones. La falla es la alteración de la capacidad de trabajo del componente, equipo o sistema. No necesariamente una falla es algo catastrófico, sino que se puede definir como cierto grado de desviación de una característica de calidad respecto a su valor nominal.

3.2.7 Clasificación de fallas

Las fallas se clasifican de la siguiente forma.

3.2.7.1 Fallas tempranas: ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.

3.2.7.2 Fallas adultas: son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.).

3.2.7.3 Fallas tardías: representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento de el aislamiento de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, etc.

3.2.8 Análisis de Falla

El análisis de falla consiste en la recopilación y almacenamiento de toda la información necesaria referente a las fallas sucedidas en los equipos para utilizarla en futuros estudios y análisis estadísticos que permiten conocer el comportamiento de las fallas que presenta determinado equipo.

3.2.9 Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un componente o equipo pueda ser restaurado a una condición operacional satisfactoria dentro de un periodo de tiempo dado, cuando su

mantenimiento es realizado de acuerdo a procedimientos establecidos.

Mantenibilidad es, entonces, la función de eficiencia que mide la capacidad de un componente o equipo de cambiar de un estado inoperante a un estado de operación satisfactorio. La mantenibilidad viene dada por el cálculo del TPPR (Tiempo promedio para reparar).

La ecuación de mantenibilidad es la siguiente:

$$TPPR = \frac{\text{Total horas fuera de servicio}}{\text{N}^\circ \text{de intervenciones de mantenimiento}}$$

(3.1)

3.2.10 Parámetros básicos de la mantenibilidad

El tiempo promedio fuera de servicio, o comúnmente llamada media del tiempo fuera de servicio (MTFS) es el parámetro básico de la mantenibilidad, el cual puede ser obtenido analíticamente o gráficamente, basándose en el número total de horas fuera de servicio por causa de una falla, y el número de acciones de mantenimiento llevado a cabo por concepto de fallas.

El tiempo fuera de servicio es el tiempo transcurrido desde que el equipo es desconectado hasta que es entregado de nuevo al grupo de operaciones, listo para cumplir su función.

3.2.10.1 Factores principales de la mantenibilidad: La buena mantenibilidad es una función de varios factores, los cuales se pueden agrupar en operacionales y de diseño.

- ❖ Operacionales: los factores operacionales, generalmente se relacionan con

el factor humano encargado del equipo y de mantenerlo, así también con lo asociado al medio ambiente. A estos factores pertenecen equipos de levantamiento y manejo, políticas y normas de mantenimiento preventivo, disponibilidad de repuestos, espacio para trabajar, destreza o habilidad del personal, sistema de control de trabajo, calidad de la supervisión, comunicaciones, técnicas usadas para corregir las fallas y el soporte logístico.

❖ **Diseño:** las consideraciones que durante la fase de diseño se hagan sobre la distribución física y accesibilidad del equipo, modulación e intercambiabilidad y reemplazabilidad, normalización y niveles iniciales de repuestos, tiene una influencia significativa, no sólo sobre el nivel mismo de la mantenibilidad del sistema, sino sobre el potencial de mejoramiento de dicha mantenibilidad.

3.2.11 Confiabilidad

La confiabilidad, según Nava, (2001) se define como: “La probabilidad de que un componente o equipo no fallara estando e servicio durante un periodo determinado, cuando es operado en condiciones razonablemente uniformes de presión, temperatura, velocidad, vibración”.

También se puede definir como la probabilidad de que un componente o equipo lleve a cabo su función adecuadamente durante un periodo bajo condiciones operacionales dadas.

Conejero, (1969) la define como: “La característica de un elemento expresada por la probabilidad que cumpla funciones específicas durante un tiempo determinado cuando se coloca en las condiciones del medio exterior”.

Finley, (1976) la define como: “La probabilidad de que un equipo no falle

mientras este en servicio durante un periodo de tiempo dado”.

Valhuerdi y Quintero, (1995) la definen como: “La propiedad de un sistema de cumplir las funciones para él previstas, manteniendo su capacidad de trabajo de explotación bajo los regímenes y condiciones de explotación prescritos y durante el intervalo de tiempo requerido”.

Se dice que un equipo es confiable cuando funciona cada vez que se necesita y hace bien el trabajo para el cual fue diseñado, de otra manera, se dice que es desconfiable.

La definición más común que se acostumbra dar de confiabilidad es: “Probabilidad de que un equipo, maquinaria, o sistema cumpla adecuadamente con la función requerida ante condiciones específicas, durante un período de tiempo.” Como área de trabajo en la corporación, la confiabilidad se propone a agregar valor mediante la optimización de la disponibilidad de las instalaciones, mejorando el diseño, la operación, el control del deterioro, el control de riesgos, la inspección, el mantenimiento, las paradas de planta y la renovación de instalaciones. Se aplica a instalaciones de refinación y producción; a equipos estáticos, equipos rotativos, estructuras, instrumentación y sistemas de seguridad.

La confiabilidad es la característica de calidad que mide la duración de los productos, los cuales deben operar sin fallas durante un tiempo especificado para ser confiables. De manera que al decir que un artículo es de alta calidad debe entenderse que cumple con todas sus especificaciones, incluyendo la confiabilidad. Así, es calidad a lo largo del tiempo.

La confiabilidad según la Distribución de Weibull viene dada por:

$$(3.2) \quad TPEF = \frac{1}{e^{\left(\frac{t}{V}\right)^K}}$$

Donde:

TPEF = Tiempo promedio entre fallas.

V = Edad características de fallas.

K = Parámetro de forma.

t = tiempo de cálculo.

Para determinar el error para la grafica de Weibull se utiliza la siguiente fórmula:

$$(3.3) \quad \%Error = \frac{TPEFa - TPEFg}{TPEFa}$$

Donde:

% Error = porcentaje de error.

TPEF_(a) = tiempo promedio entre fallas analítico.

TPEF_(g) = tiempo promedio entre fallas gráfico.

Y el TPEF_(a) y TPEF_(g) están dados por:

$$(3.4) \quad TPEFa = \frac{\sum TEF}{n}$$

Donde:

\sum TEF = Sumatoria de los tiempos entre fallas.

n = cantidad de tiempos del estudio.

$$TPEFg = V * K$$

(3.5)

Donde:

V = Parámetro de posición.

K = Parámetro de forma.

3.2.12 Parámetros básicos de confiabilidad

3.2.12.1 Probabilidad de supervivencia $P_s(t)$: es el término sinónimo de confiabilidad.

3.2.12.2 Desconfiabilidad: es la definición opuesta a la confiabilidad, es decir la probabilidad de que un ítem o equipo fallará en operación durante un periodo dado de tiempo o bajo un tiempo específico de interés (t).

3.2.12.3 Probabilidad de falla $P_f(t)$: es el termino que representa la desconfiabilidad.

Los parámetros utilizados en el estudio de confiabilidad son: el tiempo promedio entre fallas (TPEF ó MTEF), la probabilidad de supervivencia $P_s(t)$ y la rata de fallas $r(t)$.

3.2.13 Tiempo promedio entre falla (TPEF ó MTF)

El tiempo promedio entre falla o vulgarmente mal llamado la media de los tiempos entre falla, indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la

aparición de una falla. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo

3.2.14 Probabilidad de supervivencia

Si el componente o equipo no ha fallado es porque esta operando adecuadamente; es decir, que la probabilidad de supervivencia es complemento de la probabilidad de falla:

$$Ps(t) = 1 - Pf(t)$$

(3.6)

Donde:

$Ps(t)$ = probabilidad de supervivencia.

$Pf(t)$ = probabilidad de fallar.

3.2.15 Disponibilidad

La disponibilidad se define como la probabilidad de que un equipo esté operando, o sea, disponible para su uso, durante un periodo de tiempo determinado, es decir; la disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo este disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

Es un indicador que permite estimar el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado en un tiempo dado. La disponibilidad de un elemento, equipo o componente no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra

en condiciones de funcionar.

La disponibilidad se determina según la siguiente fórmula:

$$D(t) = \frac{TPEF}{TPEF+TPPR}$$

(3.7)

Donde:

D(t): Disponibilidad.

TPEF: Tiempo promedio entre fallas.

TPPR: Tiempo promedio para reparar.

3.2.16 Importancia de la disponibilidad

El concepto de disponibilidad tiene mucha importancia en el cálculo de los factores de efectividad, al evaluar la influencia de la disponibilidad de un equipo sobre la efectividad global del sistema.

A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el tiempo probable entre fallas y el tiempo probable fuera de servicio (TPEF y TPFS) es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad a través de aumentos de los tiempos entre fallas, reducción de los tiempos fuera de servicio, y tácticas combinatorias.

A la vez que se establecen las distintas alternativas de acción, en cuanto los factores técnicos se refiere, también se establece la influencia de estas alternativas sobre los costos. De esta manera es posible identificar la mejor política en función de maximización de la disponibilidad y la minimización de los costos

3.2.17 Distribución de Weibull

Existen dos métodos para realizar el cálculo de la confiabilidad, el método paramétricos y métodos no paramétricos.

La distribución de Weibull se encuentra entre los métodos paramétricos, acompañada de la distribución exponencial y la distribución carga-resistencia.

El modelo de Weibull es muy flexible; es de los más utilizados para describir la vida de los productos, ya que permite modelar productos con tasas de riesgo creciente, constante y decrecientes. En su forma típica esta distribución está determinada por tres parámetros que permiten ajustar la data experimental u operacional a dicha distribución: el de forma (β) y el de escala (η) y el de posición (γ). Como sus nombres lo indican, el primero tiene efecto sobre la forma que toma la distribución, el segundo afecta la escala del tiempo de vida del equipo y el tercero define si la nube de puntos se ajusta a una recta.

Para los valores de $0 < \beta < 1$ la función de riesgo es decreciente y para los valores de $\beta > 1$ la función de riesgo es creciente. Cuando $\beta = 1$ la distribución de Weibull se reduce a la distribución exponencial (tasa de riesgo constante).

La distribución Weibull es un modelo apropiado para modelar tiempos de falla de productos compuestos por muchas partes con distribuciones de vida comparables donde el producto falla cuando una de las partes falla, es decir el tiempo de falla del producto es igual al tiempo de falla mínimo de las partes que lo conforman (falla de eslabón más débil). En la figura 3.4 se muestra un ejemplo de la gráfica de Weibull.

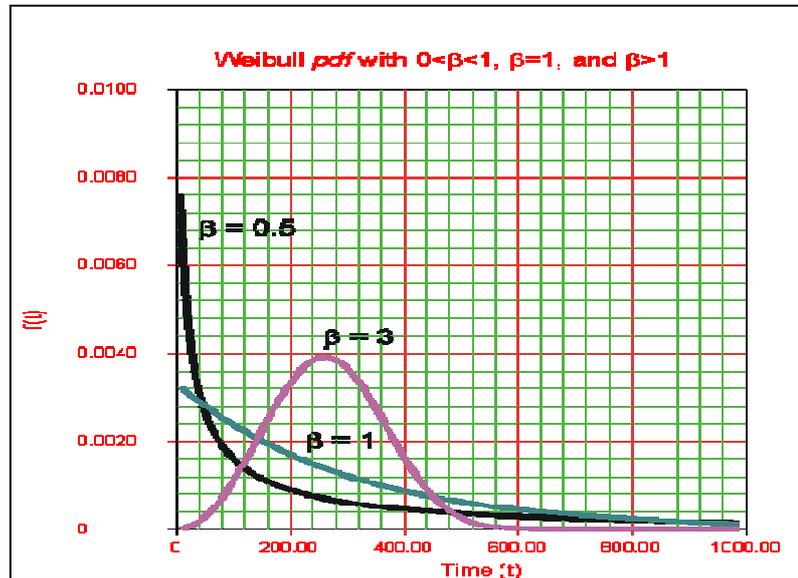


Figura 3.4 Diagrama de Weibull.

Periodo de vida de los equipos: la curva de bañera (Bathtub Curve) representa la probabilidad de fallo instantáneo de un elemento que se comporta inicialmente de forma decreciente (a esta zona se le denomina de mortalidad infantil), en su vida media con una probabilidad de fallo casi constante (zona de vida útil), y finalmente con probabilidad de fallo que aumenta con la edad (zona de deshecho, wearout). Esta curva es muy habitual en elementos reales, aunque en la práctica muchas veces se simplifique estudiando únicamente su zona central, que tiene tasa de fallo constante.

En la figura 3.5 se puede ver la representación de la curva típica de la evolución de la tasa de fallos.

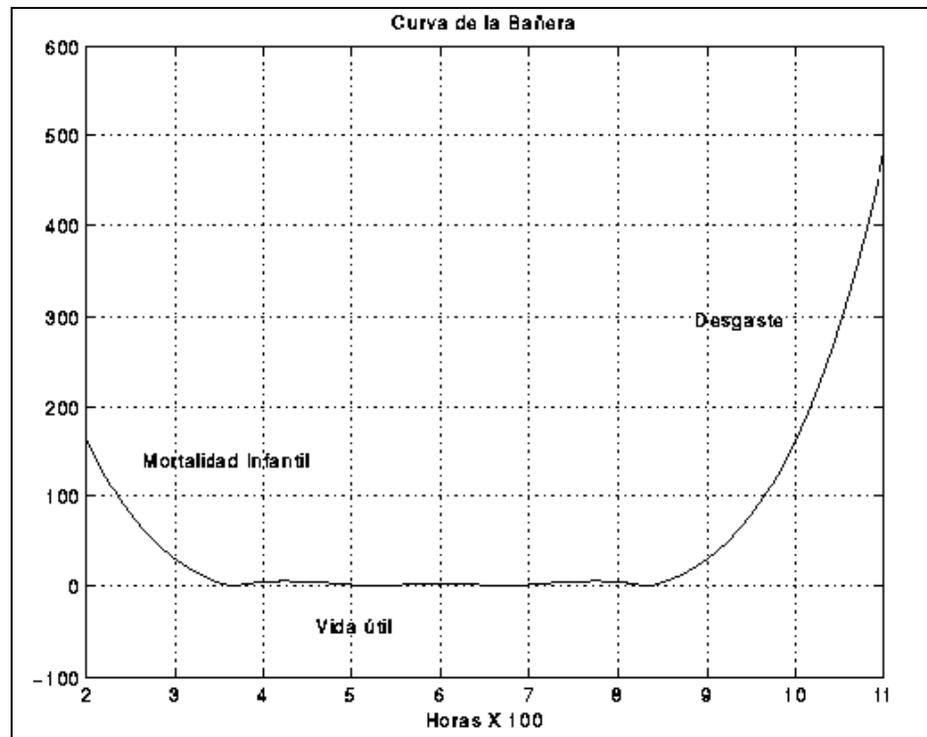


Figura 3.5 Curva de la bañera.

La primera etapa de fallos iniciales o infantiles corresponde generalmente a la existencia de dispositivos defectuosos o instalados indebidamente con una tasa de fallos superior a la normal. Esta tasa de fallos elevada va disminuyendo con el tiempo hasta alcanzar un valor casi constante. ($\beta < 1$)

La segunda etapa de fallos normales también llamada de fallos aleatorios, es debida principalmente a operaciones con solicitaciones superiores a las proyectadas y se presentan de forma aleatoria e inesperada. El comportamiento de la tasa es constante durante esta etapa y los fallos son debidos a las propias condiciones normales de trabajo de los dispositivos o a solicitaciones ocasionales superiores a las normales. ($\beta = 1$)

La tercera etapa de fallos de desgaste es debida a la superación de la vida prevista del componente cuando empiezan a aparecer fallos de degradación como consecuencia del desgaste. Se caracteriza por un aumento rápido de la tasa de fallos. ($\beta > 1$)

3.2.18 Statgraphics

Aspectos generales de Statgraphics: desde su desarrollo a inicios de los 1980s, Statgraphics Plus se ha concentrado en ofrecer herramientas estadísticas que puedan ser usadas tanto para (1) diseñar calidad en los productos y (2) asegurar que calidad aceptable se mantenga a través del proceso de producción. Este enfoque se ajusta perfectamente con el mandato global de Seis Sigma de entender a conciencia tanto su filosofía, así como la teoría, las técnicas, la estrategia y las herramientas de aplicación.

Statgraphics Plus es un paquete estadístico y gráfico sencillo de aprender y utilizar gracias a su diseño intuitivo que facilita la realización de los diversos análisis. Además dispone de facilidades que aportan interpretaciones instantáneas de los resultados, permiten guardar y reutilizar los análisis, y combinar textos y gráficos múltiples en varias páginas y un diseño de 32 Bit que permite manejar problemas de gran magnitud. La estructura de Statgraphics aporta al usuario información sobre relaciones entre datos así como gráficos a color de gran calidad, aún cuando el usuario desconozca por dónde debe comenzar a realizar el análisis.

Statgraphics Plus es una de las pocas aplicaciones de software que es lo suficientemente flexible para ofrecer su acceso a prácticamente todos los empleados de una compañía, pero, a su vez, asegura que modelos estadísticos de alto nivel estén disponibles para resolver asuntos y cálculos complejos. Es un paquete de software

estadístico que sirve a un rango de usuarios desde operadores de máquinas, y supervisores de piso hasta ingenieros industriales y de procesos.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo y diseño de la investigación

Esta investigación está enfocada en la metodología del análisis de falla, para determinar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos de carga Scoop de la empresa Minera Venrus, C.A, con lo cual es posible conocer las causas que generan la ocurrencia de fallas presentes en los Scoops, de igual forma, se plantean acciones que conlleven a la disminución de los mantenimientos correctivos que se hacen necesarios debido a las constantes fallas presentadas por dichos equipos, a través del diseño de un programa de mantenimiento preventivo, el cual está enfocado en atender de manera directa lo puntos más vulnerables con el objeto de contribuir a la mejora continua de las actividades de mantenimiento aplicadas.

4.1.1 Tipo de investigación

Para la realización de este proyecto se aplicaron diversos tipos de investigación, los cuales son los siguientes:

Descriptiva, ya que el estudio permite especificar la descripción, el registro, el análisis y la interpretación de las condiciones presentadas por la situación actual de los equipos de carga de la empresa. En este sentido Sabino, (1992) señala: “las investigaciones descriptivas radican en describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos. Las investigaciones descriptivas ponen de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio”.

Exploratoria, ya que son pocos los antecedentes que existen en relación con el tema planteado, y los que existen no se aplican a este contexto en particular dado que son de características distintas. Así mismo se realiza un monitoreo del comportamiento de los equipos para poder determinar y analizar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad que presentan los mismos. Sabino, (1992) señala: “son investigaciones exploratorias aquellas que pretenden dar una información general y aproximada de los objetos de estudio. Este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado, cuando no hay suficientes estudios previos y cuando aún, sobre él, es difícil formular hipótesis precisas o de cierta generalidad”.

4.1.2 Diseño de la investigación

La estrategia aplicada para la investigación que se efectúa en la empresa Minera Venrus, C.A, es:

De campo, porque en el estudio se realiza un análisis sistemático del problema presentado, recogiendo datos reales obtenidos de la realidad mediante la observación directa en el taller mecánico del departamento de mantenimiento de la empresa Minera Venrus C.A. Estos datos son necesarios para analizar los factores que resultan determinantes para lograr los objetivos de la investigación. En este sentido Sabino, (2002) expresa, “en los diseños de campo los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo”.

No experimental, en vista de que esta investigación no implica someter las variables consideradas a una determinada condición, para evaluar sus efectos, no existe ningún tipo de manipulación sobre las mismas, todos los aspectos manejados serán sólo descritos y analizados con miras a recomendar acciones que en un futuro puedan ser aplicadas. Ballestrini, (2006), “en los estudios exploratorios se observan

los hechos estudiados tal como se manifiestan en su ambiente natural, y en este sentido, no se manipulan de manera intencional las variables”.

Documental, porque se realiza uso de fuentes bibliográficas para ampliar y profundizar el estudio del problema. Estas fuentes bibliográficas utilizadas fueron provenientes de libros, internet y otras investigaciones semejantes. Zorrilla, (1994) sostiene: “la investigación documental es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, entre otros)”.

4.2 Población de la investigación

La población objeto de estudio está representada por las fallas presentes en los seis (6) EDC Scoop de la empresa Minera Venrus, C.A. (Tabla 4.1).

Para la empresa estos equipos son de gran importancia para el desarrollo de las labores subterráneas que se realizan en Mina Isidora-Valle Norte, por lo cual dicha empresa considera necesario que el estudio esté dirigido a los Scoops.

A este respecto Ballestrini, (2006) señala: “la población es cualquier conjunto de elementos de los que se quiere conocer o investigar alguna o algunas de sus características”.

Tabla 4.1. Especificación de los equipos Scoop .

EQ UIPO	MO DELO	CAPAC IDAD	MAR CA
Sco op	EJC 145	2,7 M ³	TAM ROCK
Sco op	116	1,72 M ³	TAM ROCK
Sco op	151- 1	1,5 M ³	TAM ROCK
Sco op	151- 2	1,5 M ³	TAM ROCK
Sco op	3.5	2,125 M ³	WAR NER
Sco op	007	4,6 M ³	TAM ROCK

4.3 Muestra de la investigación

Para poder estimar los parámetros de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, se tomara como muestra las fallas presentes en los equipos de carga Scoop, dado que el objetivo de la investigación está enfocado en analizar las fallas presentadas por los mismos.

Ballestrini, (2006) sostiene: “la muestra es una parte de la población; es decir, un numero de individuos u objetos, seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del

universo. La muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población”.

Para la selección de dicha muestra se tomaron las fallas presentadas por los equipos más críticos, éstas fallas fueron tomadas del registro de históricos de enero a junio y son las que se pudieron tomar durante el periodo en estudio. Dichos equipos son los que se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Especificaciones de lo equipos críticos evaluados.

EQUIP O	MOD ELO	CAPAC IDAD	MARC A
Scoop	EJC 145	2,7 M ³	TAMRO CK
Scoop	116	1,72 M ³	TAMRO CK
Scoop	3.5	2,125 M ³	WARNE R

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Revisión bibliográfica

Esta técnica permitió extraer información relacionada con el tema a investigar por medio de diversas fuentes como libros, trabajos de grado y publicaciones de Internet; donde fue posible encontrar datos que sirvieron de punto de partida del proyecto.

4.4.2 Observación directa

Esta técnica permitió visualizar la situación actual presentada en los EDC Scoop, proporcionando información importante para el desarrollo de la investigación y permitiendo verificar la necesidad del estudio.

4.4.3 Paquetes computarizados

Se utilizan como apoyo los programas Microsoft Word Microsoft Visio, para el análisis, desarrollo y la estructura formal de este trabajo.

4.4.4 Consultas académicas

Se realizaron consultas al tutor académico con el fin de obtener orientación, establecer los parámetros de estudio y definir los pasos a seguir para el desarrollo del proyecto.

4.4.5 Información histórica

Consultar la información sobre las fallas y paradas de los equipos en los últimos meses con el objeto de analizar el comportamiento y la confiabilidad que ofrecen los mismos.

4.4.6 Entrevistas no estructuradas

Esta técnica permitió hacer preguntas de interés necesarias para desarrollar el estudio, sin llevar un orden definido, ni una cantidad establecida de interrogantes; proporcionando, al personal entrevistado, la libertad para dar respuestas y expresar opiniones, logrando un diálogo satisfactorio entre ambas partes del que se obtienen aportes significativos.

4.4.7 Paquete de software estadístico Statgraphics

Se utilizó para obtener los parámetros y graficas y obtener la mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Análisis de la situación actual de los equipos de carga Scoop

Los Scoop son los equipos utilizados en Mina Isidora Valle Norte, perteneciente a la empresa Minera Venrus, C.A, para llevar a cabo las labores de carga dentro de la mina subterránea y son de especial importancia para cumplir con las actividades fundamentales que se desarrollan en la mina, como son perforación, carga y acarreo, siendo la segunda no menos importante que la primera ni la última, ya que sin ésta actividad no podrían lograrse los objetivos planteados por la empresa.

Es importante hacer énfasis, que dado al uso frecuente de los mismos y las condiciones en las cuales operan, éstos equipos han ido perdiendo sus condiciones iniciales de funcionamiento, además generalmente no existe un uso adecuado de los mismos por parte de los operadores y por otro lado el servicio de mantenimiento preventivo aplicado a los mismos no ha sido el más eficiente, por lo cual éstos equipos son susceptibles de falla ,ya que no se ha logrado reducir de manera importante la incidencia de fallas y los mantenimientos correctivos que se hacen necesarios anualmente.

5.1.1 Características de los equipos de carga Scoop

Las características se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Características de los equipos Scoop.

EQUIPO	MODELO	CAPACIDAD	TIPO MOTOR	MARCA	AÑO ADQUISICION
S COOP	T0 07 LHD LOADER	4,6 M ³	DETROIT DIESEL SERIE 50	TA MROCK	27/05/2 004
S COOP	EJ C 145	2,7 M ³	DETROIT DIESEL SERIE 40	TA MROCK	26/01/2 004
S COOP	ST - 3.5	2,12 M3	DEUTZ	W ARNER	30/09/2 005
S COOP	15 1-D	1,5 M3	DEUTZ	TA MROCK	01/02/2 006
S COOP	15 1	1,5 M ³	DEUTZ	TA MROCK	03/03/2 006
S COOP	EJ C 116	1,72 M ³	DETROIT DIESEL SERIE 40	TA MROCK	15/06/2 006

Es importante destacar que a pesar de que no todos tienen el mismo tipo de motor, ésta no es una característica excluyente para no considerarlos iguales en el estudio realizado, ya que todos tienen la misma utilidad y las mismas condiciones mecánicas de funcionamiento por lo que el mantenimiento aplicado en la empresa es igual para todos, la única diferencia resaltante entre ellos es la capacidad, la cual está dada por la capacidad de carga de la pala, sin embargo esto no es resaltante para el estudio. En el apéndice A se muestran unas fotografías de los equipos.

5.1.2 Frecuencia de fallas de los equipos de carga Scoop

Dentro de la empresa existen 6 equipos de carga tipo Scoop. Sin embargo, para la investigación presente se utilizaron los equipos que presentaron más fallas. Primero se ordenaron las fallas, y luego se clasificaron por tipo. Las cantidades de fallas de los equipos se presentan en la Figura 5.1.

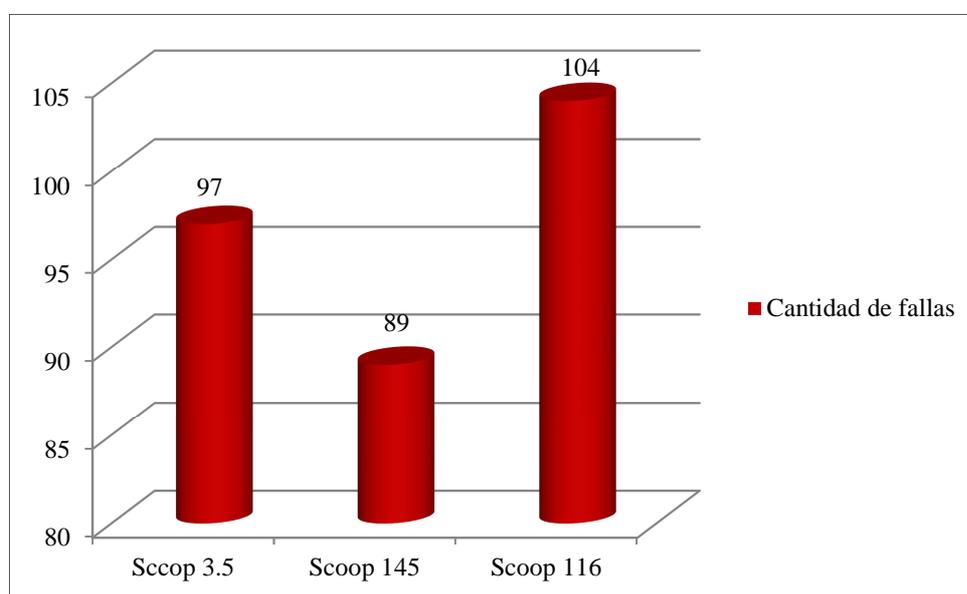


Figura 5.1 Frecuencia de fallas de los equipos Scoop.

En la Figura 5.2 se muestra los porcentajes de fallas con respecto al total de los equipos incluidos en el estudio.

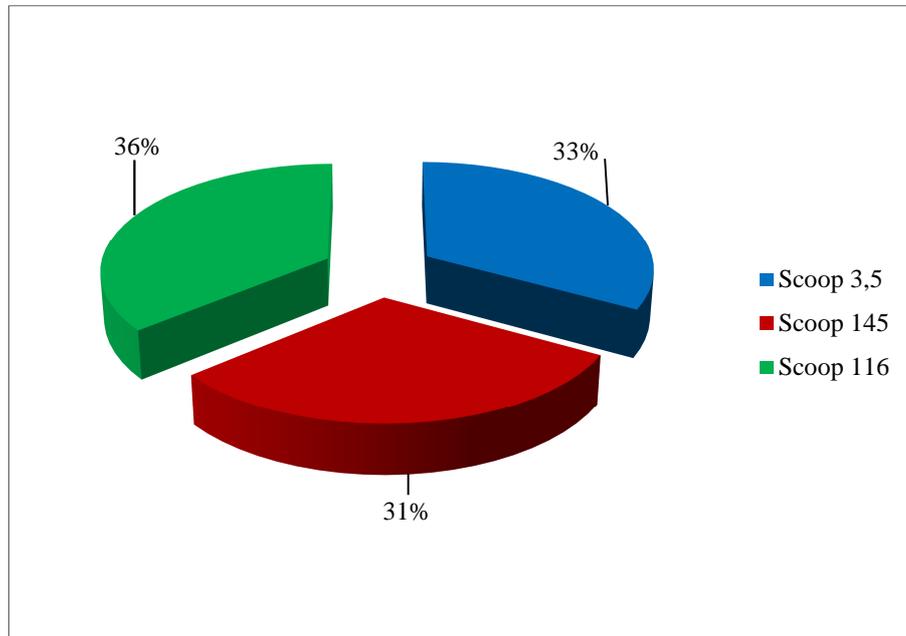


Figura 5.2 Porcentaje de fallas para los equipos.

Como se puede observar el equipo que presenta la mayor cantidad de falla es el Scoop 116, con un 36%, luego le sigue el Scoop 3.5 y Scoop 145 33% y 31% respectivamente.

5.1.2.1 Falla del equipo Scoop 3.5: las fallas de los equipos de carga Scoop se clasificaron en 5 tipos. Estos comprenden las fallas del motor, sistema hidráulico, sistema de transmisión, chasis y sistema electromecánico.

Esta clasificación está basada en los tipos de fallas ocurridas con mayor frecuencia durante los seis meses que duró el estudio.

En la Tabla 5.2 se presentan las fallas para cada una de las clasificaciones.

Tabla 5.2. Fallas del equipo de carga Scoop 3.5.

FALLA	FRECUEN CIA
Motor	19
Sistema hidráulico	21
Sistema de transmisión	13
Chasis	8
Sistema electromecánico	36
TOTAL	97

En la Figura 5.3 se presenta un grafico con los datos expuestos en la Tabla 5.1.

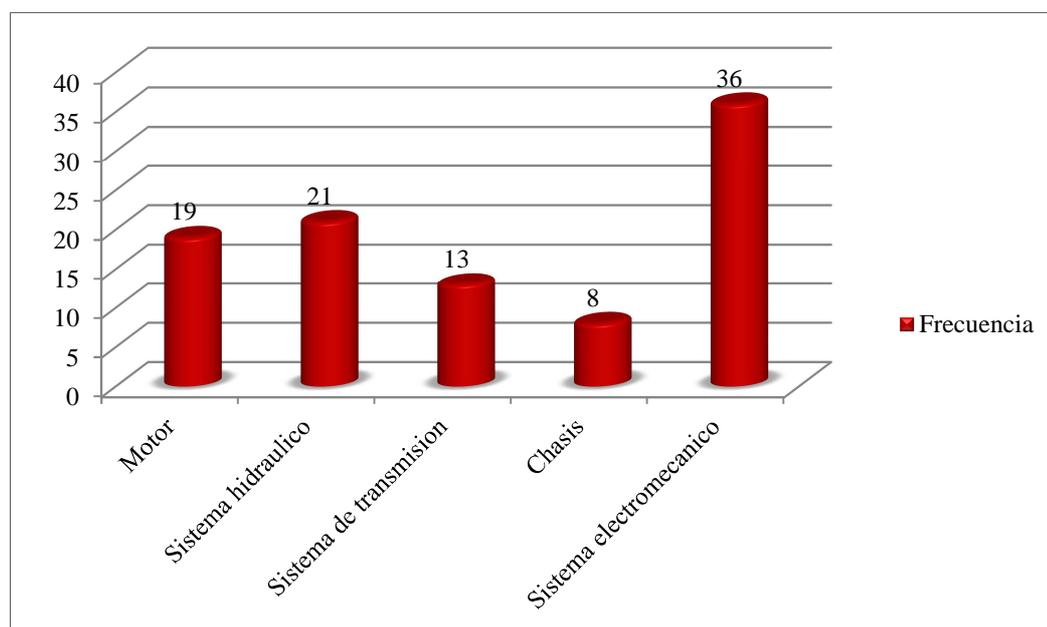


Figura 5.3 Clasificación de fallas para el equipo Scoop 3.5.

Como se puede notar la mayor cantidad de fallas se presentó en el sistema electromecánico.

En la Tabla 5.3 se muestra la cantidad de tiempo fuera de servicio (TFS) por cada una de las clasificaciones de las fallas, representados en horas.

Tabla 5.3 Tiempo fuera de servicio para las fallas del Scoop 3.5.

FALLA	TFS (HR)	Porcentaje (%)
Motor	238	21
Sistema hidráulico	303	27
Sistema de transmisión	241	22
Chasis	65	5
Sistema electromecánico	294	25
TOTAL	1141	100

En la Figura 5.4 se observa la distribución de los tiempos fuera de servicio.

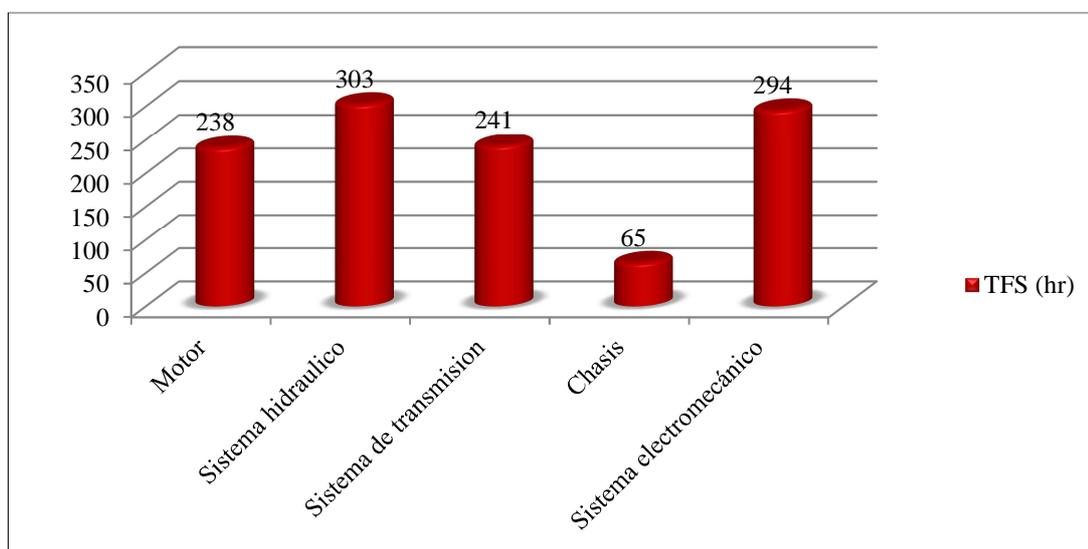


Figura 5.4 Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Scoop 3.5.

En el equipo Scoop 3.5, las horas fuera de servicio se debe en un 52% a las fallas del sistema hidráulico y electromecánico. Las fallas en el chasis presentaron la menor frecuencia así como también la menor cantidad de horas inoperable.

5.1.2.2 Falla del equipo Scoop 145: este equipo fue el que presentó menor cantidad de fallas de los equipos críticos estudiados. Al igual que anterior se clasificaron sus fallas.

En la Tabla 5.4 se presentan los resultados.

Tabla 5.4 Fallas del equipo de carga Scoop 145.

FALLA	FRECUEN CIA
Motor	27
Sistema hidráulico	17
Sistema de transmisión	3
Chasis	10
Sistema electromecánico	32
TOTAL	89

Se pudo nuevamente que el sistema que mas presentó fallas fue el electromecánico, con un total de 32 intervenciones de mantenimiento, luego le sigue el motor con 27 intervenciones.

En la Figura 5.5 se muestran los datos reflejados en la tabla 5.4.

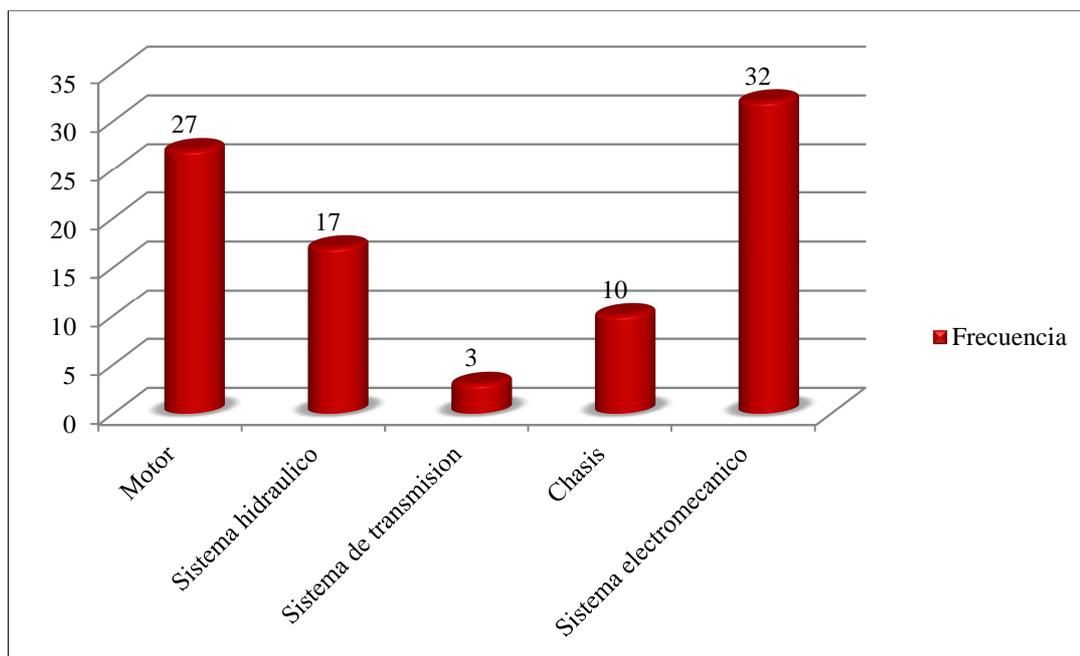


Figura 5.5 Clasificación de fallas para el equipo Scoop 145.

En la Tabla 5.5 se muestran los tiempos fuera de servicio para cada una de las partes involucradas en el mantenimiento de los Scoop.

Tabla 5.5 Tiempo fuera de servicio para las fallas del Scoop 145.

FALLA	TFS (HR)	Porcentaje (%)
Motor	374	35
Sistema hidráulico	229	21
Sistema de transmisión	18	2
Chasis	156	15
Sistema electromecánico	291	27
TOTAL	1068	100

Los principales tiempos fuera de servicio son debidos a las fallas en el motor y en el sistema electromecánico. A continuación en la Figura 5.6 se presenta un resumen.

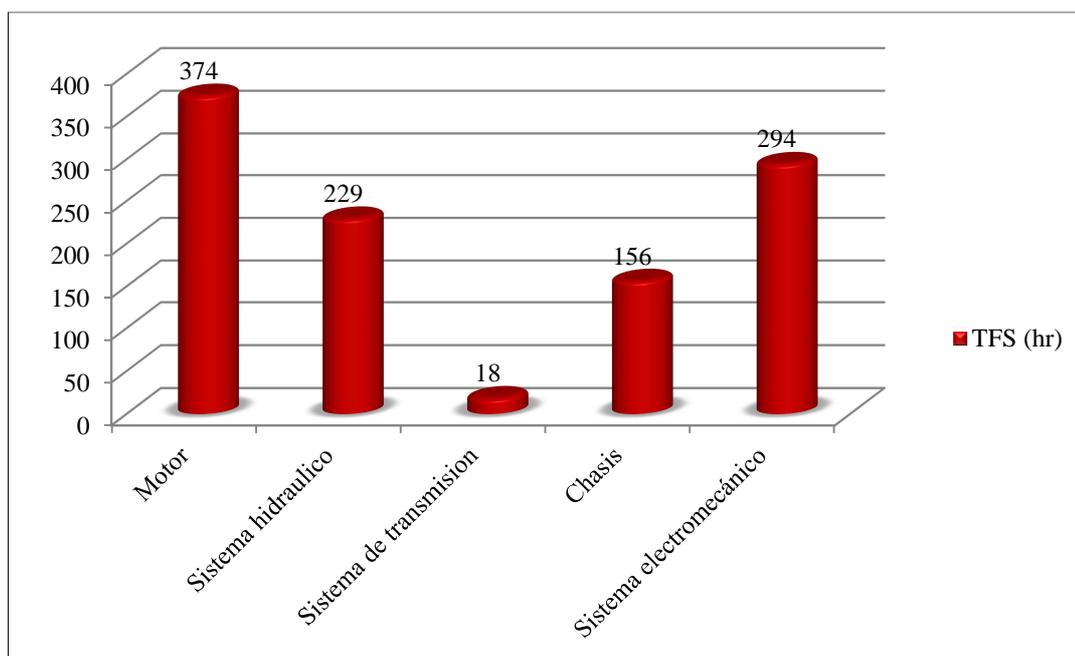


Figura 5.6 Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Scoop 145.

Como se puede notar el mayor tiempo que estuvo sin operar el equipo fue debido al motor y al sistema electromecánico, lo cual representa el 35% y 27%, respectivamente, del tiempo total que estuvo parada la máquina.

5.1.2.3 Fallas del equipo de carga Scoop 116: este equipo fue el que presento la mayor cantidad de intervenciones de mantenimiento, con un total del 36%, es decir, 104 intervenciones.

En esta parte se añadió un nuevo tipo de fallas en el sistema de diferenciales. En la Tabla 5.6 se presentan las fallas para cada una de las clasificaciones del equipo Scoop 116.

Tabla 5.6 Fallas del equipo de carga Scoop 116.

FALLA	FRECUEN CIA
Motor	40
Sistema hidráulico	20
Sistema de transmisión	3
Chasis	4
Sistema electromecánico	25
Sistema de diferenciales	12
TOTAL	104

La Figura 5.7 se representan los datos de la Tabla 5.5.

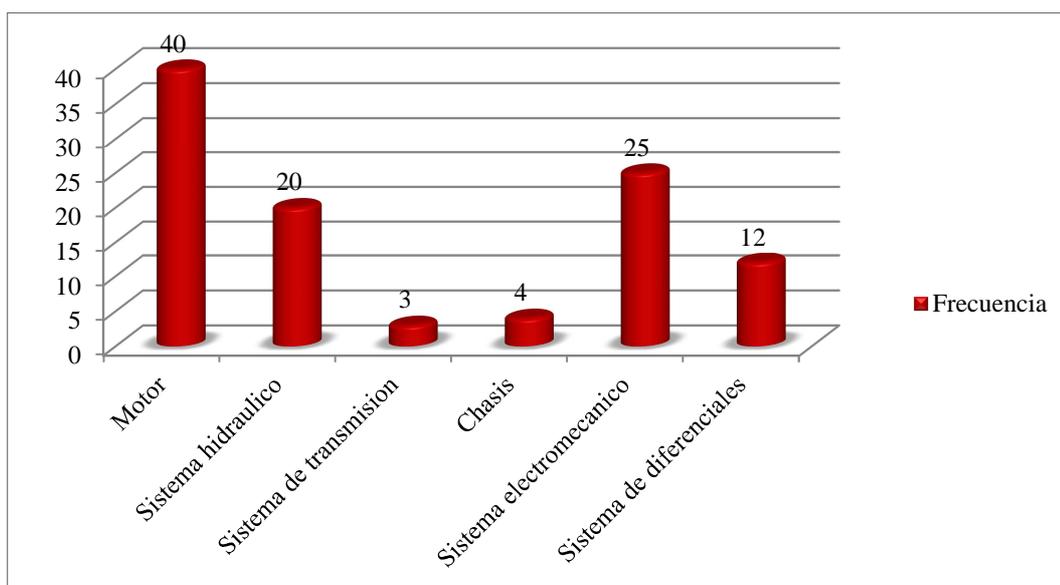


Figura 5.7 Clasificación de fallas para el equipo Scoop 116.

Para este equipo la parte que mas presentó fallas fue el motor, con un porcentaje del 38%. Luego de este la parte más problemática fue el sistema mecánico.

En la Tabla 5.7 se muestran los tiempos fuera de servicio para este equipo en seis meses.

Tabla 5.7 Tiempo fuera de servicio para las fallas del Scoop 116.

FALLA	TFS (HR)	Porcentaje (%)
Motor	788	45
Sistema hidráulico	315	18
Sistema de transmisión	28	1
Chasis	29	2
Sistema electromecánico	366	21
Sistema de diferenciales	233	13
TOTAL	1749	100

El 48% representa las fallas de motor lo cual coincide con la mayor cantidad de intervenciones de mantenimiento que también es esta área.

En los tres equipos estudiados se pudo observar que la mayor cantidad de fallas y tiempos fuera de servicio se presentan en el motor y el sistema electromecánico, por lo tanto se concluye que son los eslabones más débiles.

5.2 Cálculo de confiabilidad

Para determinar la mantenibilidad se procedió a obtener el valor de parámetro de forma (K) y edad característica de fallas (V). Para esto se ordenaron los datos de mayor a menor y se procesaron en el software Statgraphics y se llevo a cabo el análisis de Weibull. Esto se realizó para cada uno de los equipos. La disponibilidad se obtiene con los tiempos de operación. Luego de obtener los valores se introducen en la ecuación 3.2. Para este estudio el software no admite los valores de tiempos de operación iguales a 0.

5.2.1 Confiabilidad del equipo de carga Scoop 3.5

Los datos arrojados para el Scoop 3.5 son en K= 1.60855 y en V = 8.69657. Se introducen en la fórmula 3.2 (Donde, TPEF es el valor de la confiabilidad según la distribución de Weibull) de la siguiente forma. El tiempo se encuentra expresado en.

$$TPEF = \frac{1}{e^{\left(\frac{19.5}{8.69657}\right)^{1.60855}}} = \frac{1}{e^{(3.66)}} = 0.03 = 3\%$$

Como se puede notar existe una confiabilidad del 3%, esto en base a un día de trabajo. Ahora calculamos el error. Primero obtenemos el TPEF analítico.

$$TPEFa = \frac{1836 \text{ hrs}}{138} = 13.30$$

Ahora obtenemos el TPEF de la gráfica.

$$TPEFg = 1.60855 * 8.69657 = 13.99$$

Ahora se calcula el error. El error aceptable debe ser menor o igual al 5%.

$$\%E = \frac{13.30 - 13.99}{13.30} = 5\%$$

Debido a que el error dio un 5% se considera aceptable.

5.2.2 Confiabilidad del equipo de carga Scoop 145

Los datos obtenidos del análisis de Weibull son $K= 1.30157$ y $V= 7.62221$.
Sustituimos en la ecuación 3.2.

$$TPEF = \frac{1}{e^{\left(\frac{19.5}{7.62221}\right)^{1.30157}}} = \frac{1}{e^{(3.66)}} = 0.033 = 3,3\%$$

Se calcula el error.

$$TPEFa = \frac{1410 \text{ hrs}}{143} = 9.86 \text{ hrs.}$$

Ahora se obtiene el TPEF de la gráfica.

$$TPEFg = 1.30157 * 7.62 = 9.9 \text{ hrs}$$

Ahora se calcula el error. El error aceptable debe ser menor o igual al 5%.

$$\%E = \frac{9.86 - 9.9}{9.86} = 0.4\%$$

5.2.3 Confiabilidad del equipo de carga Scoop 116

Los valores de forma de parámetro y edad características para este equipo son $K=1.63082$ y $V=10.1586$.

Utilizamos la ecuación 3.2.

$$TPEF = \frac{1}{e^{\left(\frac{19.5}{10.1586}\right)^{1.63082}}} = \frac{1}{e^{(2.896)}} = 0.055 = 5.5\%$$

El error viene dado por:

$$TPEFa = \frac{730 \text{ hrs}}{80} = 9.125 \text{ hrs.}$$

Ahora obtenemos el TPEF de la gráfica.

$$TPEFg = 1.63 * 10.1586 = 16.55 \text{ hrs}$$

Ahora se calcula el error. El error aceptable debe ser menor o igual al 5%.

$$\%E = \frac{9.86 - 9.9}{9.86} = 0.4\%$$

La confiabilidad de los equipos es muy baja, la más alta dio un porcentaje de 5.5%, que pertenece al Scoop 116, lo cual indica que de 19.5 hrs diarias de trabajo solo es posible que trabaje 1.07 hrs. A pesar que este posee el mayor porcentaje de fallas sus intervenciones de mantenimiento fueron más cortas y se pudo devolver a su estado operativo más rápido. El equipo menos confiable fue el Scoop 3.5 que obtuvo una confiabilidad del 3%, es decir, en un día de trabajo solo funcionó en promedio 0.59 hrs.

Las graficas de Weibull se muestran en los apéndices B,C y D.

5.3 Cálculo de mantenibilidad

El parámetro que caracteriza a la mantenibilidad es el Tiempo promedio para reparar (TPPR), este valor se determinó para los tres equipos que son fuente de estudio en la siguiente investigación. Para determinar la mantenibilidad se requirió de los tiempos fuera de servicio (TFS). Se agruparon los datos para cada equipo respectivamente. El tiempo de muestreo fue de 6 meses, en el cual se registraron las horas inoperables para los Scoops.

La mantenibilidad se calculó por separado. Para realizar la del equipo de carga 3.5 se tomó la sumatoria de los tiempos fuera de servicio y la cantidad de intervenciones de mantenimiento que corresponden a dichos tiempos. Los resultados se muestran en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8 Tabla de Mantenibilidad del equipo de carga Scoop 3.5.

Mantenibilidad	TFS Total (Hrs)	Número de intervenciones de mantenimiento
ad	1141	154

Para el cálculo se utilizó la ecuación 3.1, de la siguiente forma.

$$TPPR = \frac{1141 \text{ hr}}{154} = 7.41 \text{ hr.}$$

En promedio se tardó un total de 7.41 hrs para devolver al equipo a su estado operativo, lo cual es un valor bastante alto, ya que indica que por lo general estuvo casi un turno de trabajo sin operar, lo cual acarrea costo en el sistema de producción.

Para el equipo Scoop 116 se procedió de la misma forma, los datos se muestran en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9 Tabla de Mantenibilidad del equipo de carga Scoop 116.

Mantenibilidad	TFS Total (Hrs)	Número de intervenciones de mantenimiento
ad	1741	131

Con la ecuación 3.1 se obtiene

$$TPPR = \frac{1741 \text{ hrs}}{131} = 13,29 \text{ hrs.}$$

Con el Scoop 145 se obtiene, en la Tabla 5.10 se indican los valores.

Tabla 5.10 Tabla de Mantenibilidad del equipo de carga Scoop 145.

Mantenibilidad	TFS Total (Hrs)	Número de intervenciones de mantenimiento
ad	1068	89

Sustituimos en la ecuación 3.1.

$$TPPR = \frac{1068 \text{ hrs}}{89} = 12 \text{ hrs}$$

El Scoop 3.5, posee la Mantenibilidad más baja, solo toma un promedio de 7.41 hrs ejecutar las actividades de mantenimiento. Y la Mantenibilidad más alta fue la del Scoop 116 con una media de 13.29 hrs.

En la Figura 5.8 se muestra un resumen de la Mantenibilidad de los tres equipos y se puede observar la variación de Mantenibilidad para los tres equipos estudiados.

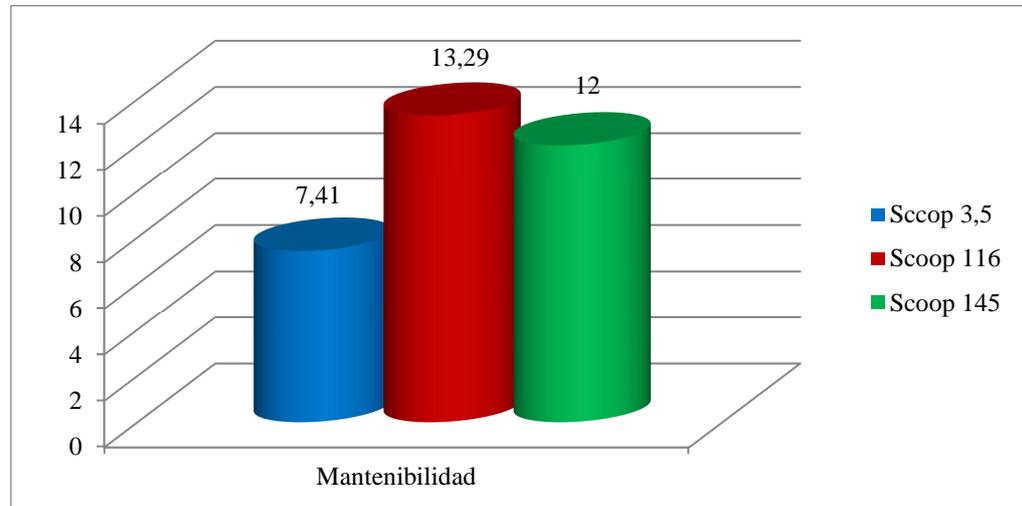


Figura 5.8 Resumen de los resultados de Mantenibilidad.

5.4 Cálculo de disponibilidad

Para poder determinar la disponibilidad se requiere primero calcular la Mantenibilidad y confiabilidad de éstos, puesto que las mismas son las variables principales. Luego se procede a determinarla aplicando la fórmula 3.7. La disponibilidad del Scoop 3.5 viene dada por:

$$D(t) = \frac{13.30 \text{ hrs}}{13.30 \text{ hrs} + 7.41 \text{ hrs}} = 0,64 \text{ hrs}$$

En un día de trabajo se espera que el Scoop esté disponible 0,64 horas en promedio lo cual es muy bajo.

Ahora se calcula la del Scoop 145 es:

En promedio este equipo tiene una disponibilidad de 0.45 horas diarias.

Y por último la del Scoop 116

$$D(t) = \frac{9.125 \text{ hrs}}{9.125 \text{ hrs} + 13.29 \text{ hrs}} = 0,41 \text{ hrs}$$

Este equipo solo obtuvo una disponibilidad de 0.41 horas diarias. Todos los equipos tienen una disponibilidad muy baja, lo que indica que pasan más tiempo sin funcionar que operando.

5.5 Plan de mantenimiento preventivo para los equipos de carga Scoop

En el desarrollo de este procedimiento se pretende encontrar la forma de efectuar con la mayor Seguridad y Eficiencia posible cada uno de los trabajos relacionados con el Mantenimiento Preventivo de los Scoop.

Se debe tener presente que cada equipo de acuerdo a sus características y condiciones de trabajo tiene necesidades particulares y por lo tanto requieren pautas de mantenimiento ajustadas a dichas necesidades, las cuales se requieren para que el equipo se mantenga en el mayor estado de operatividad posible. Algunas de ellas son realizadas siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante, para así evitar el mayor daño a los componentes importantes del cuerpo del equipo, por desgaste, uso excesivo y falta de mantenimiento.

Para el diseño del programa de mantenimiento preventivo del equipo de carga Scoop, fue necesario recurrir a los respectivos manuales a fin de conocer las recomendaciones hechas por el fabricante, en función de las actividades preventivas requeridas para el mantenimiento de los mismos.

Luego se procede a elaborar una descripción detallada de todo el sistema mecánico que conforma el Scoop; lo que se hizo, fue clasificar los sistemas principales del mismo y a su vez dividir cada sistema o elemento principal, en partes y sub partes.

Por ejemplo, se tiene que cada Scoop cuenta con:

Un sistema mecánico y un sistema electromecánico.

En el primero se encuentra el motor, el sistema hidráulico, el sistema de transmisión, el sistema de diferenciales y mandos finales y el chasis.

El motor es un elemento principal del sistema mecánico del Scoop, a su vez en el motor se encuentra: el cárter, el sistema de lubricación, el sistema de combustible, el sistema de refrigeración y el sistema de admisión y escape.

Por su parte, en el sistema de lubricación se encuentra la bomba de aceite de motor y la bomba de alta presión; la primera tiene enfriador y filtros, mientras la segunda tiene mangueras y éstas tienen abrazaderas.

Una vez que se conoce a detalle las partes que conforman el equipo se procede a elaborar el plan en sí, en él se incluyen las partes y subpartes anteriormente detalladas y se asigna una actividad de mantenimiento preventivo a cada componente que lo requiera, algunas de las cuales están sugeridas por el fabricante, otras son iniciativa del investigador y su equipo ya que conociendo las condiciones en las que operan los mismos, la frecuencia de uso y los puntos vulnerables de fallas se justifican entonces las actividades a aplicar. Esto se realiza con el fin de que el

programa de mantenimiento diseñado sea lo más eficiente posible, considerando que es mejor prevenir que corregir.

Es por ello que el plan de mantenimiento diseñado se ajusta a las necesidades reales del Scoop, detallando cada actividad que se debe realizar a las partes y componentes del equipo.

En el plan se especifican, el equipo, la fecha en la cual se lleva a cabo la actividad, las horas trabajadas que son tomadas del horómetro que posee el equipo y las cuales son las base para llevar la secuencia de los posteriores trabajos preventivos a realizar, ya que el plan se elaboró en función de las horas de trabajo; es decir, las pautas de mantenimiento siguen una frecuencia de cada 125 horas entre cada una de ellas, control que se lleva según las horas registradas por el equipo, y que son leídas en el indicador de horas del mismo(Horómetro). Asimismo, las pautas de mantenimiento se aplicarán a los equipos en función a 125, 250, 500 y 1000 horas acumulativamente. De manera que se comienza aplicando la pauta de 125 horas, la cual una vez transcurridas 125 horas adicionales se le adjuntará una pauta de 250 horas que también tiene adjunta una serie de actividades que se deben realizar en el equipo; y así sucesivamente hasta lograr la pauta de las 1000 horas. Para diferenciar las actividades que se irán adjuntando, se usaron colores para resaltar de manera distinta las actividades que aplican a las 250, 500 y 1000 horas respectivamente.

El responsable de la actividad es un mecánico encargado del mantenimiento preventivo, quien junto a un ayudante se encargara de realizar la pauta de trabajo. En tiempo de cuatro horas para realizar el mantenimiento a las 125 horas, de 8 horas para 250, de 12 horas para 500 y finalmente 16 horas para la pauta de las 1000 horas.

Hay que resaltar que para el momento en que se llevó a cabo el estudio, en el Departamento de Mantenimiento no se contaba con un programa de software

instalado, por lo que se utilizaron plantillas elaboradas en base de datos Excel, en las cuales se elaboró el plan.

5.1.1 Instructivo de uso del formato

El cuidado para llenar el formulario de cada rutina es muy importante, pues así no se descuidan detalles que hacen al MPP más efectivo. Por esta razón se ha estimado conveniente describir cada una de las partes que constituyen el formato para luego determinar los pasos a seguir. Cada parte del formato debe ser completado por el personal encargado de ejecutar la rutina. Las partes que componen el formato son:

5.1.1.1 Encabezado: en este se solicita la siguiente información.

- ❖ Encabezado para el equipo de carga Scoop.
- ❖ Equipo: colocar el nombre del equipo y el modelo.
- ❖ Fecha: especificar la fecha de realización.
- ❖ Tiempo de ejecución: se especifica el tiempo requerido según sea la actividad.

5.1.1.2 Registro de datos (contenido del plan): se deberá detallar la siguiente información.

- ❖ Observaciones: todas las rutinas incluyen un espacio para que cada vez que sea ejecutada la rutina, se escriban las observaciones pertinentes sobre el estado y funcionamiento del equipo, si es necesario.

- ❖ Nota: aquí el mecánico puede señalar algún aspecto que sea importante destacar acerca del estado general del equipo.

- ❖ Firma del Mecánico: quien es el responsable de ejecutar la actividad.

- ❖ Firma del jefe de Taller.

5.1.1.3 Leyenda: aquí se especifica por color que tipo de pauta se va aplicar.

- ❖ 125 horas: aquí se aplican todas las actividades que no tengan ningún color preestablecido.

- ❖ 250 horas: indica que se deben realizar las actividades que se aplican a las 125 horas más las que se señalan para 250 horas que tienen en este caso color amarillo claro.

- ❖ 500 horas: significa que se realizara las actividades de 125 y 250 horas más se adjuntan las actividades que están en color naranja correspondientes para este tiempo.

- ❖ 1000 horas: se realizan todas las anteriormente descritas más las que se señalan en color verde que se adjuntan para efectuar la pauta de las 1000 horas.

El plan de mantenimiento se muestra en el apéndice E.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Los equipos que presentaron mayor frecuencia de fallas, y por lo tanto, fueron relevantes para nuestro trabajo, por ser los más críticos fueron el Scoop 3.5, Scoop 116 y Scoop 145.
2. El equipo que presentó la mayor cantidad de fallas fue el Scoop 116 con 104 fallas, luego el Scoop 3.5 con 97, y por último el equipo de carga 145 con 89 fallas.
3. Si bien los equipos son de diferentes modelos todos presentan las mismas partes que son, motor, sistema hidráulico, sistema de transmisión, chasis y sistema electromecánico. A todos se les aplica el mantenimiento de la misma forma.
4. De los componentes de los equipos, los sistemas con mayor incidencia de fallas, fueron el motor y el sistema electromecánico.
5. La confiabilidad del Scoop 3.5 fue de un 3%, lo cual representa solo 0,58 horas diarias de funcionamiento.
6. La confiabilidad del Scoop 145 es del 3.3%, es decir, 0.64 horas de funcionamiento por día.
7. La confiabilidad de Scoop 116 fue la más alta con un 5,5%, lo cual indica que en promedio funcionó 1.07 horas diarias.

8. La Mantenibilidad del equipo de carda Scoop 3.5 fue de 7.41, este es el promedio que tardan en devolver el equipo a sus condiciones normales.

9. En el Scoop 116 se obtuvo una media de 13.29 horas para realizar las actividades de mantenimiento. Esta fue la Mantenibilidad más alta.

10. El Scoop 145 obtuvo un tiempo para reparar promedio de 12 horas.

11. Los resultados de disponibilidades fueron los siguientes: Scoop 3.5 obtuvo 0.64 hrs, el Scoop 145 0.45 horas y por último el Scoop 116 con 0.41 hrs. El equipo con menos disponibilidad fue el scoop 116.

12. Según los parámetros de forma obtenidos, los tres equipos de carga se encuentran en etapa de envejecimiento y desgaste.

13. No existe un plan de mantenimiento preventivo que se ajuste a las necesidades de los equipos y a las condiciones en las cuales operan , puesto que el aplicado es muy general y por lo tanto no ha sido eficiente y no ha logrado reducir la gran cantidad de mantenimientos preventivos que se hacen necesarios en el transcurso del año.

14. La disponibilidad como parámetro de mantenimiento, a su vez es función de dos elementos muy importantes, en primer lugar de la confiabilidad de los equipos y en segundo lugar de la mantenibilidad de los mismos.

15. De acuerdo a los resultados obtenidos, éstos tres equipos son poco confiables ya que no han logrado cumplir de manera eficiente los trabajos prescritos durante el intervalo de tiempo requerido, esto debido a las constantes fallas presentadas por los mismos.

16. La mantenibilidad de los tres Scoop es bastante alta, si se compara con la disponibilidad, es más el tiempo que los equipos se tardan en volver a su estado operativo que el que duran operando bajo condiciones normales y casi ninguno de éstos equipos logran cumplir los objetivos plateados en un turno de trabajo.

17. De un buen Mantenimiento depende, no sólo un funcionamiento eficiente de los equipos, sino que además, es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como son el control del ciclo de vida de los mismos sin disparar los presupuestos destinados a mantenerlas.

18. En el plan de mantenimiento que se elaboró se tomó en cuenta todos los sistemas que componen éstos equipos(Motor, Sistema Hidráulico, Sistema de Transmisión, Sistema de Diferenciales y Mandos Finales,Chasis y Sistema Electromecánico)

19. Los tiempos de operación para el plan son acumulativos, es decir, a las primeras 125 horas se aplica la primera parte del mantenimiento, una vez transcurridas 250 horas de funcionamiento se aplica además de la pauta de 125 hrs, otra pauta se adjunta a la misma con actividades adicionales y necesarias para las 250 hrs, y así sucesivamente hasta llegar a las 1000 horas.

20. Para realizar el plan se clasificaron las pautas en 4 tipos: primero para 125 horas de funcionamiento, segundo 250 horas de funcionamiento, tercero 500 horas de operación, y por ultimo 1000 horas.

Recomendaciones

1. En el Departamento de Mantenimiento sería conveniente, evaluar cada cierto tiempo las condiciones en las cuales se encuentran los Scoops, sobre todo los

sistemas más susceptibles de falla (Motor y Sistema Electromecánico), a fin de realizar mejoras y tomar medidas preventivas para evitar las paradas inesperadas y reducir las horas de mantenibilidad de los mismos.

2. Analizar por parte de la Gerencia de Mantenimiento, la posibilidad de adquirir equipos de respaldo, ya que los tres Scoops se encuentran en etapa de desgaste y como se pudo demostrar con el análisis de confiabilidad el tiempo promedio diario de operación de éstos es muy bajo, pasan la mayor parte del tiempo fuera de servicio, esto debido a las constantes fallas presentadas por los mismos, viéndose afectado el desarrollo de las operaciones.

3. Poner en práctica en el Departamento de Mantenimiento, el programa de mantenimiento preventivo expuesto, puesto que en él se consideran todas las partes y sub partes que conforman los Scoops, el cual aplicado de la manera más eficiente contribuiría a disminuir los tiempos inoperativos totales de los equipos y las pérdidas económicas generadas por las paradas inesperadas de los mismos. Dicho programa se debe aplicar a los seis Scoop que se encuentran en la mina.

4. Realizar seguimiento de las Prácticas de Trabajo Operativas y a las Rutinas de Mantenimiento aplicadas a otros equipos en el Departamento, con el fin de verificar la ejecución de cada una de ellas o y mejorarlas, ya sea implementando nuevas actividades que faciliten otras ya establecidas y que sean acordes a las necesidades reales de los equipos y ajustadas a las condiciones en las cuales éstos operan.

5. Considerar el diseño y uso por parte del Departamento de Mantenimiento un formato, en el cual se registren los tiempos de arranque y parada de los equipos de

carga, para poder hacer u seguimiento de las paradas de los equipos y tomar acciones que contribuyan a disminuir éstas horas inoperativas.

6. Evaluar en el Departamento de Mantenimiento, trimestral o semestral la Mantenibilidad y Confiabilidad, para determinar si el plan de mantenimiento ha funcionado correctamente o ha contribuido a mejorara la disponibilidad de los Scoops, la cual ha sido afectada por las constantes fallas presentadas por lo mismos.

REFERENCIAS

Ballestrini Acuña, Miriam. (2006). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Séptima Edición. Consultores Asociados Servicio Editorial. Venezuela

Campos, E. (2005). **ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS**. Capitulo I, Caracas, Venezuela.

Caraballo, C. (2002). **INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO**. Dpto. Ing. Mantto. ENI-ENI DACION B.V. Venezuela.

Castillo R, Sergio A. (1998). **CONFIABILIDAD OPERACIONAL CAMPO DACION**. Lasmo, Caracas, Venezuela.

Centro de Investigación y Apoyo Tecnológico, Filial Petróleos de Venezuela S.A (2004). **NOCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

http://www.pdvsa.com/index.php?tpl=interface.sp/design/readmenu.tpl.html&newsid_obj_id=540&newsid_temas=21

Finley, Howard. (1976). **PRINCIPIOS DE OPTIMIZACIÓN DE MANTENIMIENTO, HOWARD FINLEY DE VENEZUELA C.A.** Editorial Diana. Primera Edición. Caracas – Venezuela. Página (525)

Helman, H., Pereira, P. (1995). **ANÁLISIS DE FALLAS**. Escuela de Ingeniería de UFMG. <http://www.monografias.com/trabajos6/amef/amef2.shtml>

Hodson, W. (1998). **MAYNARD: MANUAL DEL INGENIERO INDUSTRIAL**. Tomo IV. Editorial Mc Graw Hill. Cuarta Edición, México.

Lozano Conejero, Antonio. (1969). **CONFIABILIDAD, TEORÍA Y PRÁCTICA**. Editorial Universitaria de Buenos Aires- Argentina.

Mosquera, G ., Rivero, J., Valhuerdi., C. (1995). **DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE SISTEMAS INDUSTRIALES**. Ediciones Universitarias UGMA. Primera Edición

Nava A., José Domingo. (2001). **APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MANTENIMIENTO**. Primera Edición. Universidad de los Andes. Mérida.

Nava A., José Domingo. (2001). **TEORÍA DE MANTENIMIENTO FIABILIDAD**. Primera Edición. Universidad de los Andes. Mérida. Páginas (9, 43,49).

Ojeda, A. (2003). **CONFIABILIDAD EN MANTENIMIENTO**. Ediciones IESA, Venezuela. Páginas (12, 31,52).

Proyecto de mantenimiento. (1995). **“MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO MPP”**. 2ª Edición. El Salvador – San Salvador.

Rodríguez, Jesús (2006). **ANÁLISIS DE FALLAS**. Universidad Nacional Experimental de Guayana. Puerto Ordaz.

Sabino, Carlos (1992). **EL PROCEO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Panapo. Caracas – Venezuela.

Sabino, Carlos (2002). **EL PROCEO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Panapo. Caracas – Venezuela.

Sampieri, R.H., Collado, C.F., Lucio, P.B; (1998). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Editorial Mc Graw Hill. Segunda Edición. México.

Sampieri, R.H., Collado, C.F., Lucio, P.B; (2003). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Editorial Mc Graw Hill. Tercera Edición. México.

Smith, A., (1992). **MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD**. Editorial Mc Graw Hill. Primera Edición. New York.

STATCGRAPHICS PLUS. Consultado en línea en:
<http://www.softwarecientifico.com/paginas/analisis.htm>

Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar. (2000). **GUIA PARA LA ELABORACION DE TRABAJOS DE GRADO**.

Zorrilla A, Santiago (1994). **INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Décima Segunda Edición. Editor Océano.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Vistas de los equipos de carga tipo Scoop



Figura A.1 Vista lateral de un Scoop.



Figura A.2 Cabina de mando del equipo Scoop.



Figura A.3 Motor de Scoop 3.5.

APÉNDICE B

Mantenibilidad del equipo de carga Scoop 3.5

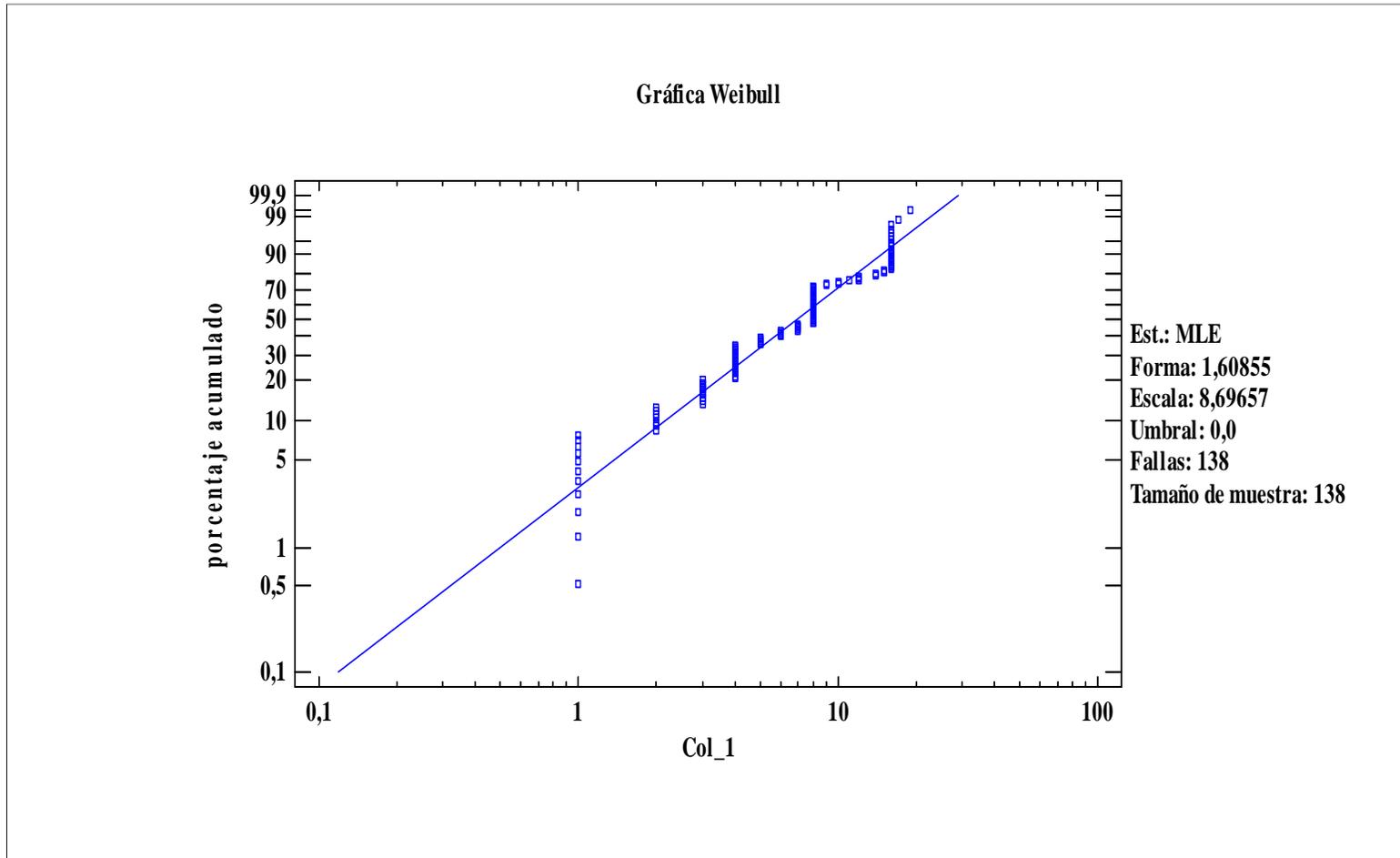


Figura B.1 Gráfica de Weibull para el Scop 3.5

APÉNDICE C

Mantenibilidad del equipo de carga Scoop 145

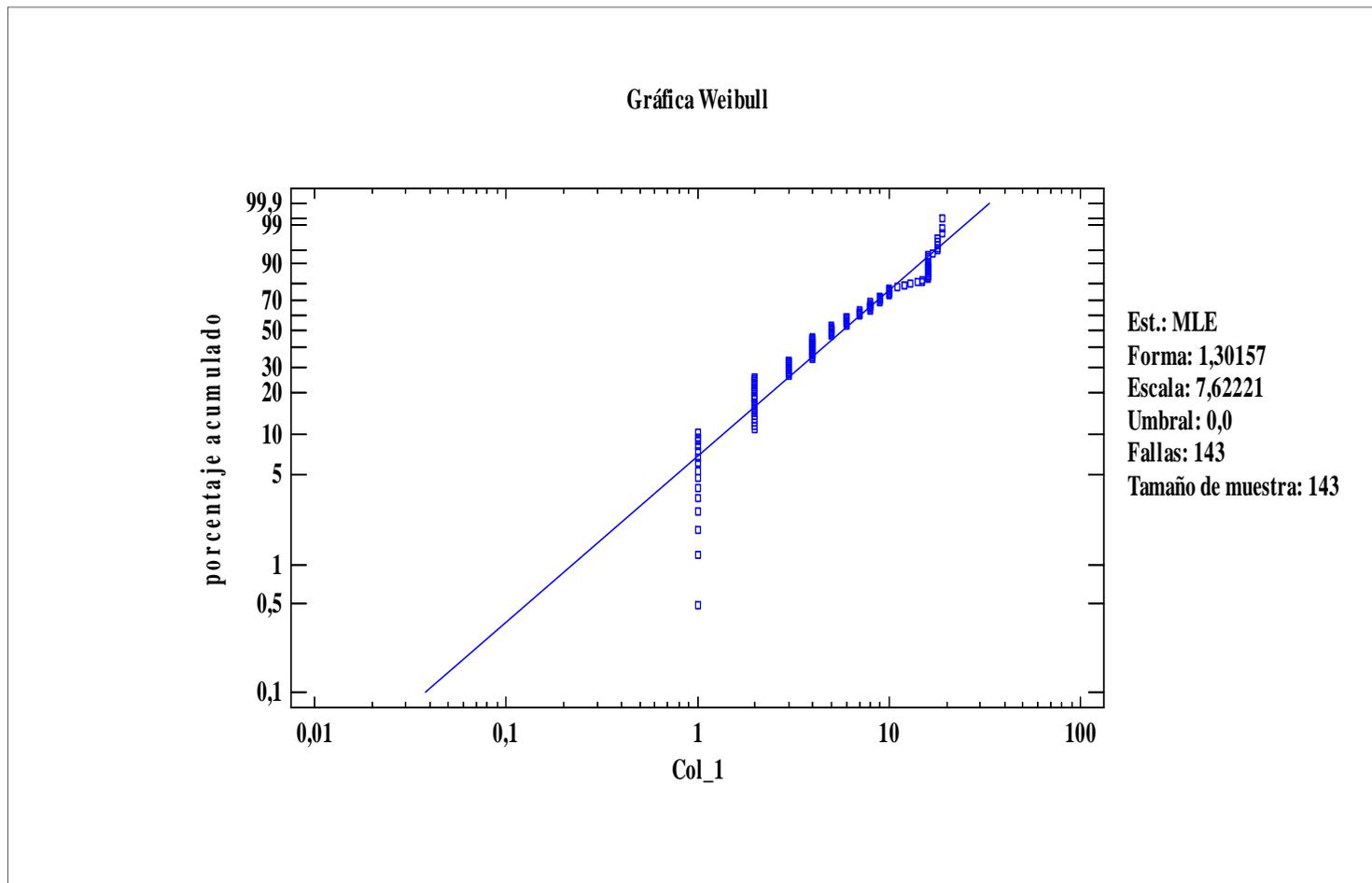


Figura C.1 Gráfica de Weibull para el sccop 145.

APÉNDICE D

Mantenibilidad del Scoop 116

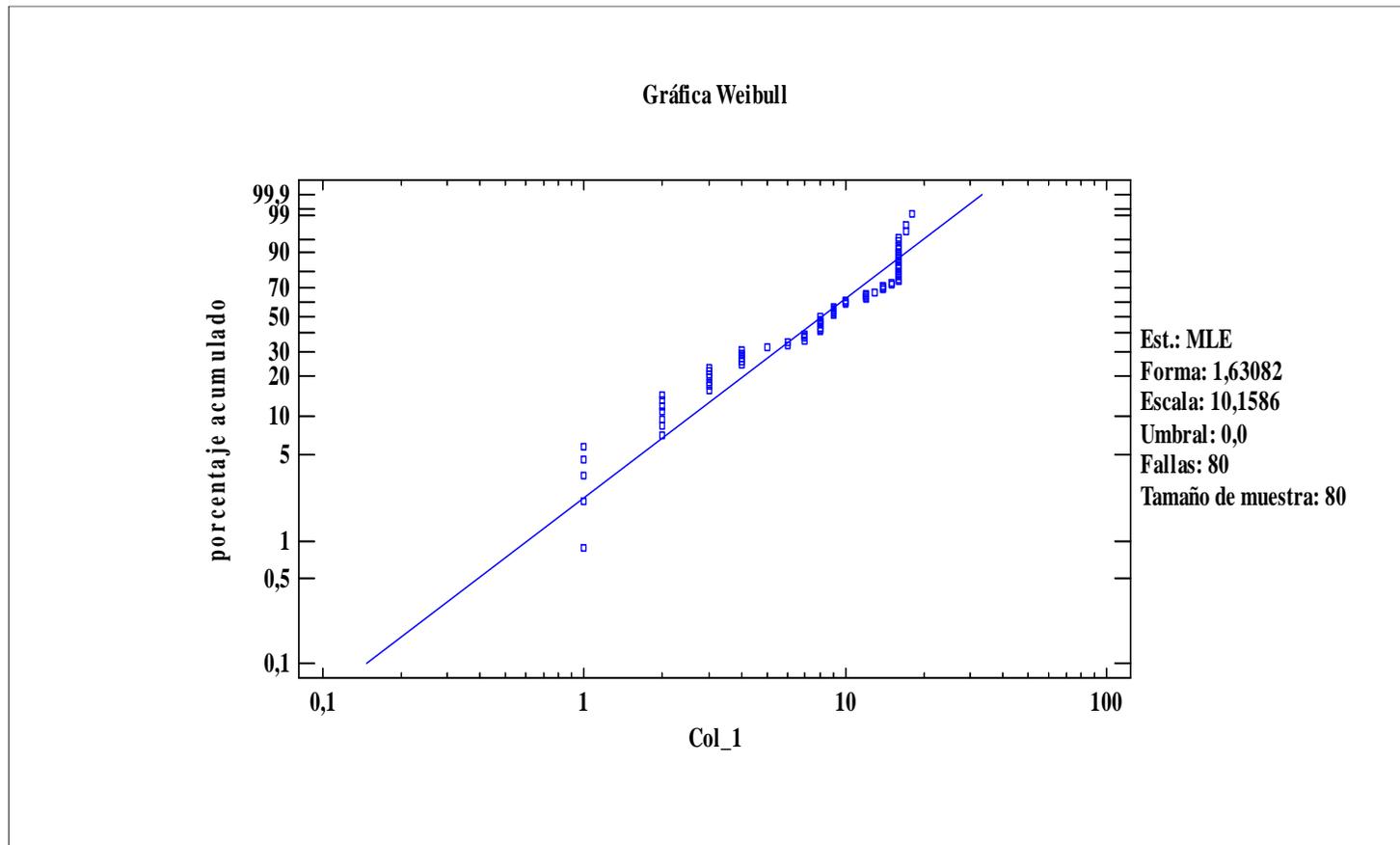


Figura D.1 Gráfica de Weibull para el Scoop 116.

APÉNDICE E

Plan de mantenimiento preventivo

Tabla E.1 Plan de Mantenimiento programado de los equipos de carga.

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO			
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS			
Horometro: _____	DURACION PROMEDIO: 16 HORAS			
	(Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)			
ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	SISTEMA MECANICO			
	SERVICIO GENERAL			
1	LAVADO COMPLETO DEL EQUIPO			
2	CHEQUEAR ESTADO EXTERIOR DE LA MAQUINA			
	1. MOTOR			
	CARTER:			
3	CAMBIO DE ACEITE (Tipo :15W/40)			
4	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
5	CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS DEL CARTER			
6	TOMAR MUESTRA DE ACEITE			
	RESPIRADEROS:			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
7	LIMPIAR			
	SISTEMA DE LUBRICACIÓN:			
	BOMBA DE ACEITE DE MOTOR:			
8	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
9	CHEQUEAR PRESION (Max: 60 psi- Min: 20 psi)			
10	CAMBIAR BOMBA (SI ES NECESARIO)			
	ENFRIADOR:			
11	CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS			
12	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
13	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
14	LIMPIAR ENFRIADOR			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR : (51799)			
15	CAMBIAR			
	BOMBA DE ALTA PRESION:			
16	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
17	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
18	CHEQUEAR PRESION (3000 psi)			
	MANGUERAS:			
19	CHEQUEAR ESTADO DE LAS MANGUERAS (Sueltas, corroidas, deshilachamiento , resequedad)			
20	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	ABRAZADERAS:			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
21	CHEQUEAR ESTADO Y REALIZAR AJUSTES			
22	CAMBIAR SI HAY DESGASTE			
	<i>SISTEMA DE COMBUSTIBLE:</i>			
	TANQUE:			
23	CHEQUEAR Y CORREGIR NIVEL DE COMBUSTIBLE			
2	CHEQUEAR ESTADO DEL TANQUE			
25	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS			
	VISOR:			
26	LAVAR Y CHEQUEAR ESTADO DEL VISOR			
	TAPA DE PRESURIZACIÓN :			
27	VERIFICAR QUE ESTÉ SELLANDO BIEN			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	SISTEMA DE INYECCION:			
	SISTEMA DE ALIMENTACION:			
	BOMBA DE TRANSFERENCIA :			
28	CHEQUEAR PRESIONES CON EL QUADRIGAGE (20-60 psi)			
29	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
30	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	BOMBIN MANUAL :			
31	CHEQUEAR ESTADO Y FUNCIONAMIENTO			
	FILTRO PEQUEÑO DE MALLA:			
32	CAMBIAR			
	CAÑERIAS - MANGUERAS:			
33	CHEQUEAR SU ESTADO (Desgaste, deshilachamiento, resequedad sueltas o corroidas)			
34	CAMBIAR (SI ES NECESARIO)			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	ABRAZADERAS:			
35	CHEQUEAR ESTADO Y REALIZAR AJUSTES			
36	CAMBIAR SI ES NECESARIO (Ej : Si hay desgaste)			
	FILTROS:			
	PRIMARIO:			
37	CAMBIAR			
	SECUNDARIO: (33527 / 33377)			
38	CAMBIAR			
	SEPARADOR DE AGUA:			
39	CAMBIAR			
	SISTEMA DE REFRIGERACION			
	BOMBA DE AGUA:			
40	CHEQUEAR PRESIONES			
41	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
42	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	TUBERIAS:			
43	CHEQUEAR ESTADO			
44	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	ENFRIADORES:			
45	AJUSTE DE PERNOS			
46	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
47	LIMPIAR			
48	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	MANGUERAS:			
49	CHEQUEAR SU ESTADO (Desgaste, deshilachamiento, resequedad sueltas o corroidas)			
50	SUSTITUIR (SI ES NECESARIO)			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	ABRAZADERAS:			
51	CHEQUEAR ESTADO Y REALIZAR AJUSTES			
52	CAMBIAR SI ES NECESARIO (Ej : Si hay desgaste)			
	RADIADORES:			
53	LIMPIAR Y LAVAR INTERNAMENTE			
54	LAVAR EXTERNAMENTE			
	CONEXIONES DE TUBERIAS:			
55	CHEQUEAR ESTADO			
56	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	ABRAZADERAS:			
57	CHEQUEAR ESTADO Y REALIZAR AJUSTES			
58	CAMBIAR SI ES NECESARIO (Ej : Si hay desgaste)			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM Equipo:	PROCEDIMIENTO	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO		OBSERVACION
		SERVICIO	CADA 1000 HORAS	
Fecha:	TINA (Reservoirio)	DURACION PROMEDIO:	16 HORAS	
59	CORREGIR NIVELES DEL REFRIGERANTE (Ajustada pauta de	125 hrs + 250	hrs + 500 hrs)	
60 Horometro:	LAVAR			
61	CAMBIAR EL REFRIGERANTE			
	TAPA DE PRESURIZACION:			
62	VERIFICAR QUE ESTE SELLANDO BIEN			
	FILTROS:			
63	CAMBIAR			
	SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE			
	ADMISION:			
	FILTROS:			
	PRIMARIO: (42208)			

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
64	CAMBIAR			
	SECUNDARIO: (42209)			
65	CAMBIAR			
	PREFILTRO DE LIMPIEZA:			
66	CAMBIAR			
	TUBERIAS O MANGUERAS DE INGRESO DE AIRE:			
67	CHEQUEAR SU ESTADO (Desgaste, deshilachamiento, resequedad sueltas o corroidas)			
68	SUSTITUIR SI ES NECESARIO			
	ABRAZADERAS:			
69	CHEQUEAR ESTADO Y REALIZAR AJUSTES			
70	CAMBIAR SI ES NECESARIO (Ej : Si hay desgaste)			
	ESCAPE:			
	CATALIZADOR:			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM Equipo:	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO	PROCEDIMIENTO	SERVICIO SI	NO	HORAS	OBSERVACION
71 Fecha:	LIMPIAR (No utilice desengrasante para agua)	DURACION PROMEDIO:	16 HORAS		(Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)	
Horometro:	TUBERIAS:					
72	CHEQUEAR ESTADO					
73	CAMBIAR SI ES NECESARIO					
	ABRAZADERAS:					
74	CHEQUEAR ESTADO Y REALIZAR AJUSTES					
75	CAMBIAR SI ES NECESARIO					
	SILENCIADOR:					
	TUBERIAS:					
76	CHEQUEAR ESTADO					
77	CAMBIAR SI ES NECESARIO					
	ABRAZADERAS:					
78	CHEQUEAR ESTADO Y REALIZAR AJUSTES					
79	CAMBIAR (SI ES NECESARIO)					

Continuación Tabla E.1

ITEM	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO	SERVICIO	CADA	Nº	HORAS	OBSERVACION
Fecha:	TURBO ALIMENTADOR:	DURACION PROMEDIO:	16 HORAS			
	MANGUERAS DE ADMISION:	(Ajustada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)				
Horómetro:	CHEQUEAR SU ESTADO (Desgaste, deshilachamiento, resequedad sueltas o corroidas)					
81	SUSTITUIR SI ES NECESARIO					
	ABRAZADERAS:					
82	CHEQUEAR ESTADO Y REALIZAR AJUSTES					
83	CAMBIAR SI ES NECESARIO					
	TUBERIAS DE ESCAPE:					
84	CHEQUEAR ESTADO					
85	CAMBIAR SI ES NECESARIO					
	ABRAZADERAS:					
86	CHEQUEAR ESTADO Y REALIZAR AJUSTES					
87	CAMBIAR SI ES NECESARIO					

Continuación Tabla E.1

ITEM Equipo:	PROCEDIMIENTO	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO	SERVICIO SI	NO	OBSERVACION
Fecha:	CAMARA:	DURACION PROMEDIO:			16 HORAS
	VALVULAS:	(Ajuntada pauta de	125 hrs + 250	hrs + 500 hrs)	
Horometro:	DE ADMISION:				
88	CALIBRAR (IN: 0,3 mm)				
	DE ESCAPE:				
89	CALIBRAR (EX: 0,2 mm)				
	2. SISTEMA HIDRAÚLICO				
	TANQUE:				
90	CORREGIR NIVELES DE ACEITE (Hyd # 68)				
91	TOMAR MUESTRA DE ACEITE				
92	LIMPIAR EL TANQUE				
93	CAMBIAR EL ACEITE				
	VISOR :				
94	CHEQUEAR ESTADO Y FUNCIONAMIENTO				

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SERVICIO	SI	NO	HORAS	OBSERVACION
Fecha:	TAPA DE PRESURIZACIÓN:	DURACION PROMEDIO:			16 HORAS	
95	CHEQUEAR SI ESTÁ SELLANDO BIEN (Apuntada pauta de	125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)				
Horometro:	FILTRO DE SUCCIÓN:					
96	LAVAR					
	FILTRO DE RETORNO:					
97	CAMBIAR					
	VALVULA DE SEGURIDAD:					
98	CHEQUEAR ESTADO RESORTES					
99	CAMBIAR SI ES NECESARIO					
	SISTEMA DE DIRECCIÓN:					
	BOMBA DE DIRECCIÓN:					
100	CHEQUEAR PERNOS DE ANCLAJE					
101	CHEQUEAR PRESIÓN (2500 psi)					
102	CHEQUEAR EL CAUDAL					

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
103	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
104	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	MANGUERAS:			
105	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
106	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	VALVULA DE DIRECCION:			
107	CHEQUEAR PRESIÓN (2500 psi)			
	MANGUERAS:			
108	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
109	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
110	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
110	MANGUERAS			
	VALVULA DE PILOTAJE:			

E11 Equipo:	CHEQUEAR PRESIÓN (250-300 psi)	PLAN DE MANTENIMIENTO	TO PREVENTIVO	PROGRAMADO
<p>Fecha:</p> <hr/> <p>Horometro:</p> <hr/>	<p style="text-align: center;">SERVICIO CADA 1000 HORAS</p> <p style="text-align: center;"><i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i></p> <p style="text-align: center;">(Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)</p>			

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	MANGUERAS:			
112	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
113	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
114	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
114	MANGUERAS			
	CILINDRO DE DIRECCIÓN:			
116	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS INTERNAS			
117	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	MANGUERAS:			
118	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
119	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	SISTEMA DE LEVANTE Y VOLTEO:			
	BOMBA:			
120	CHEQUEAR PERNOS DE ANCLAJE			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
121	CHEQUEAR PRESIÓN (2500 psi)			
122	CHEQUEAR EL CAUDAL			
123	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
124	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	MANGUERAS:			
125	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
126	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
127	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
127	MANGUERAS			
	VALVULA DE LEVANTE Y VOLTEO:			
128	CHEQUEAR PRESIONES (Levante : 2500 psi - volteo : 2300 psi)			
	MANGUERAS:			
129	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE ,			

Equipo:	RESEQUEIDAD)	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO		
130	CAMBIAR SI ES NECESARIO	SERVICIO	CADA 1000	HORAS
Fecha: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i>			
Horometro: _____	(Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)			

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	VALVULA DE ALIVIO :			
131	CHEQUEAR PRESIÓN (2600 psi)			
	MANGUERAS :			
132	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
133	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
134	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
134	MANGUERAS			
	VALVULA DE PILOTAJE:			
135	CHEQUEAR PRESION (250 psi - 300 psi)			
	MANGUERAS :			
136	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
137	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
138	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			

Equipo:	MANGUERAS	PLAN DE MANTENIMIENTO	PREVENTIVO	PROGRAMADO
Fecha: <hr/> Horometro: <hr/>	<p style="text-align: center;">SERVICIO CADA 1000 HORAS</p> <p style="text-align: center;"><i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i></p> <p style="text-align: center;">(Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)</p>			

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	CILINDROS HIDRAÚLICOS:			
139	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS INTERNAS			
140	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	MANGUERAS :			
141	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
142	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
143	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
143	MANGUERAS			
	SISTEMA YECTOR			
	VALVULA DEL YECTOR (Lengua):			
144	CHEQUEAR PRESIÓN(220 psi)			
	MANGUERAS:			
145	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
146	CAMBIAR (SI ES NECESARIO)			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
147	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
147	MANGUERAS			
	VALVULA DE PILOTAJE:			
148	CHEQUEAR PRESION (250 psi - 300 psi)			
	MANGUERAS :			
149	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
150	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
151	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
151	MANGUERAS			
	CILINDROS:			
152	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS INTERNAS			
153	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	MANGUERAS :			
154	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE ,			

Equipo:	RESEQUEIDAD)	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha:		<p>SERVICIO CADA 1000 HORAS</p> <p><i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i></p> <p>(Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)</p>
Horometro:		

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
155	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
156	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
156	MANGUERAS			
	SISTEMA DE FRENOS			
	BOMBA:			
157	CHEQUEAR PERNOS DE ANCLAJE			
158	CHEQUEAR PRESIÓN			
159	CHEQUEAR EL CAUDAL			
160	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
161	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	MANGUERAS :			
162	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
163	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
164	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES			

Equipo:	DE SALIDA DE LAS	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha:		<p align="center">SERVICIO CADA 1000 HORAS</p> <p align="center"><i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i></p> <p align="center">(Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)</p>
Horometro:		

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
164	MANGUERAS			
	PEDAL DE FRENO:			
165	CHEQUEAR PRESIÓN (1800 psi - 0 psi)			
	CARRERA DE PEDAL :			
166	CHEQUEAR			
	MANGUERAS :			
167	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE, RESEQUEDAD)			
168	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	VALVULA DE CARGA:			
169	CHEQUEAR PRESION (min= 1400 psi - máx= 2000 psi)			
	MANGUERAS :			
170	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
171	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
172	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES			

Equipo:	DE SALIDA DE LAS	PLAN DE MANTENIMIENTO	TO PREVENTIVO	PROGRAMADO
Fecha: <hr/> Horometro: <hr/>	SERVICIO CADA 1000 HORAS <i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)			

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
172	MANGUERAS			
	VALVULA REDUCTORA DE PRESIÓN PARA EL PILOTAJE			
173	CHEQUEAR PRESIÓN (200 psi - 300 psi)			
	MANGUERAS :			
174	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
175	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
176	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
176	MANGUERAS			
	CARTUCHOS :			
177	CAMBIAR			
	VALVULA DE PARQUEO :			
178	CHEQUEAR PRESION			
	ACUMULADOR DE NITRÓGENO :			
179	CHEQUEAR PRECARGA (1200 psi)			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	VALVULA DE LLENADO :			
180	CHEQUEAR QUE ESTE SELLANDO BIEN			
	PAQUETE DE FRENOS :			
181	CHEQUEAR PRESIÓN (1500 psi - 2000 psi) mínimo			
182	CHEQUEAR SI EXITEN FUGAS INTERNAS			
183	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Y LUBRICACIÓN :			
	FILTRO DEL RETORNO DEL BARRIDO DE FRENOS :			
184	CAMBIAR			
	MANGUERAS:			
185	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
186	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	MANGUERAS :			

Equipo: _____	CHEQUEAR ESTADO (PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO RESEQUEZAD) SERVICIO CADA 1000 HORAS
Fecha: _____ Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
188	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
189	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
189	MANGUERAS			
	VALVULA CHECK			
190	CHEQUEAR PRESIÓN (25 psi)			
	MANGUERAS:			
191	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
192	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
193	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
193	MANGUERAS			
	SISTEMA DE TRANSMISION			
	BOMBA DE TRANSMISIÓN :			
194	CHEQUEAR PERNOS DE ANCLAJE			
195	CHEQUEAR PRESIÓN			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
196	CHEQUEAR EL CAUDAL			
197	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
198	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	FILTRO: (51731 / 51759)			
199	CAMBIAR			
	TRANSMISION :			
200	CHEQUEAR PRESIONES (180 psi - 240 psi)			
201	CHEQUEAR CAIDA DE PRESIÓN (5 - 7) psi			
202	CHEQUEAR MARCHAS (Fower y Rever) .Ver si existen fugas y corregir			
203	CHEQUEAR VELOCIDADES (1 - 2 - 3) . Ver si existen fugas y corregir			
	CARTER :			
204	CORREGIR NIVELES DE ACEITE (15w/ 40)			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
205	TOMAR MUESTRA DE ACEITE			
206	CAMBIAR ACEITE (15w / 40)			
207	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
	RESPIRADEROS :			
208	LIMPIAR			
	MANGUERAS :			
209	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
210	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
211	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
211	MANGUERAS			
	CONVERTIDOR :			
212	CHEQUEAR PERNOS DE ANCLAJE			
213	CHEQUEAR BOTES DE ACEITE			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	MANGUERAS:			
214	CHEQUEAR ESTADO (DESGASTE , RESEQUEDAD)			
215	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
216	CHEQUEAR ORRIN DE LOS CONECTORES DE SALIDA DE LAS			
216	MANGUERAS			
	RESPIRADEROS:			
217	LIMPIAR			
	ENFRIADOR:			
218	AJUSTE DE PERNOS			
219	CHEQUEAR SI EXISTEN FUGAS Y CORREGIR			
220	LIMPIAR			
221	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	VALVULA SELECTORA DE VELOCIDADES :			

Equipos: _____	VERIFICAR SI EXISTE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO CORREGIR	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Fecha: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)	
Horometro: _____		

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
	SISTEMA DE DIFERENCIALES Y MANDOS FINALES			
	MANDOS FINALES:			
223	VERIFICAR Y CORREGIR NIVELES DE ACEITE (85w / 140)			
224	CAMBIAR ACEITE			
225	VERIFICAR EXISTENCIA DE PARTICULAS METÁLICAS			
225	EN EL INTERIOR (VER IMAN DEL TAPÓN)			
226	REALIZAR DRENAJE DE ACEITE DE LOS MANDOS FINALES			
	DIFERENCIALES :			
	DIFERENCIAL TRASERO:			
227	REALIZAR DRENAJE DE ACEITE			
228	VERIFICAR EXISTENCIA DE PARTICULAS METÁLICAS			
228	EN EL INTERIOR (VER IMAN DEL TAPÓN)			

Equipo:	CHEQUEO Y AJUSTE DE BERNOS	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO	
		OSCILANTE DEL DIFERENCIAL	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Fecha:	TRASERO :	<i>DURACION PROMEDIO:</i>	<i>16 HORAS</i>
Horometro:	(Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)		

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
230	CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS			
231	ENGRASE COMPLETO DE TODOS LOS PUNTOS DEL DIRERNCIAL			
	DIFERENCIAL DELANTERO :			
232	REALIZAR DRENAJE DE ACEITE			
233	VERIFICAR EXISTENCIA DE PARTICULAS METÁLICAS			
233	EN EL INTERIOR (VER IMAN DEL TAPÓN)			
234	CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS			
	CARDANES:			
235	ENGRASE COMPLETO			
	CRUCETAS:			
236	AJUSTE DE PERNOS			
237	ENGRASE COMPLETO DE TODOS LOS PUNTOS			
	CHASIS			
	BALDE :			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
238	AJUSTE DE PERNOS			
239	CHEQUEAR SOLDADURA Y CORREGIR POSIBLES GRIETAS			
239	Y DESGASTE			
240	ENGRASE DE LOS PASADORES			
	CUCHILLA:			
241	CHEQUEAR Y CORREGIR ALGUNAS FISURAS SI EXISTEN			
	SOPORTE DE LA TRANSMISIÓN:			
242	CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS			
	SOPORTE DE LOS DIFERENCIALES:			
243	CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS			
	SOPORTE DEL MOTOR:			
244	CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS			
	PASADORES DE DIRECCIÓN:			
245	CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO SERVICIO CADA 1000 HORAS <i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)
Fecha: _____	
Horometro: _____	

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
246	ENGRASE DE LOS PASADORES			
	DIFERENCIAL TRASERO Y DELANTERO:			
247	CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS			
	ARTICULACION CENTRAL: (holgura : 02, mm - 0,4 mm)			
248	CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS			
249	ENGRASE DE LOS PASADORES			
	CAUCHOS:			
250	CHEQUEAR ESTADO DE LOS CAUCHOS			
250	(BUENO - REGULAR - MALO)			
251	CAMBIAR CAUCHO SI ES NECESARIO (17,5 R25 L5S)			
252	CHEQUEAR PRESIÓN DE AIRE (80) psi			
253	REALIZAR AJUSTE DE PERNOS			
	SISTEMA ELECTROMECHANICO			
	SENSORES Y HARNESS DEL MOTOR			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
01	APLICAR DESPLAZADOR DE HUMEDAD A LOS SENSORES			
02	Y HARNESS DEL MOTOR			
	MANÓMETROS E INDICADORES:			
03	CHEQUEAR FUNCIONAMIENTO			
04	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	LUCES:			
05	CHEQUEAR FUNCIONAMIENTO			
06	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	ALTERNADOR :			
07	COMPROBAR VOLTAJE			
08	VERIFICAR CON EL PROLINK EXISTENCIA DE ALGÚN CODIGO			
	SISTEMA ELECTROMECAÁNICO			
	CONEXIONES Y CABLES			
09	CHEQUEAR ESTADO DE CONEXIONES (SUELTAS O CORROIDAS)			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
10	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	CORREAS:			
11	CHEQUEAR ESTADO			
12	VERIFICAR SI HAY LA TENSION APROPIADA			
13	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	CORREAS TRAPEZIODALES :			
14	CHEQUEO ESTADO (Ver si hay desgaste , deshilachamiento y grietas			
15	CAMBIE SI ES NECESARIO (Sustituir por conjuntos completos)			
	ARRANQUE:			
	CONEXIONES Y CABLES:			
16	CHEQUEAR ESTADO (SUELTAS O CORROIDAS)			
17	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	SWITCH DE ENCENDIDO:			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro: _____	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

ITEM	PROCEDIMIENTO	SI	NO	OBSERVACION
18	CHEQUEAR FUNCIONAMIENTO			
19	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	CORTACORRIENTE (MASTER SWICHT)			
20	CHEQUEAR FUNCIONAMIENTO			
21	CAMBIAR SI ES NECESARIO			
	SISTEMA DE INYECCION:			
22	VERIFICAR CON EL PROLINK ESTADO DE LOS INYECTORES			
	BATERIAS :			
23	COMPROBAR BALANCE DEL VOLTAJE			
24	COMPROBAR EL NIVEL DE LÍQUIDO			
25	LIMPIAR LOS TERMINALES Y CONEXIONES			

Equipo: _____	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
Fecha: _____	SERVICIO CADA 1000 HORAS
Horometro:	<i>DURACION PROMEDIO: 16 HORAS</i> (Ajuntada pauta de 125 hrs + 250 hrs + 500 hrs)

Continuación Tabla E.1

<hr/>									
NOTA:									
<p>°Leyenda:</p> <table><tr><td data-bbox="400 895 490 943"></td><td data-bbox="629 906 770 938">125 horas.</td></tr><tr><td data-bbox="400 948 490 995"></td><td data-bbox="629 959 770 991">250 horas.</td></tr><tr><td data-bbox="400 1000 490 1048"></td><td data-bbox="622 1011 770 1043">500 horas,</td></tr><tr><td data-bbox="400 1053 490 1101"></td><td data-bbox="622 1064 770 1096">1000 horas.</td></tr></table>		125 horas.		250 horas.		500 horas,		1000 horas.	<hr/> <p>Nombre y firma del Jefe del Taller.</p> <hr/> <p>Nombre y Firma del Mecánico.</p>
	125 horas.								
	250 horas.								
	500 horas,								
	1000 horas.								

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	ANALISIS DE FALLA APLICADO A LOS EQUIPOS DE CARGA TIPO SCOOP DE MINA ISIDORA VALLE NORTE PERTENECIENTES A LA EMPRESA MINERA VENRUS C.A EL CALLAO – ESTADO BOLIVAR
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Keyla Josefina Martínez Betancourt	CVLAC	17.542.406
	e-mail	Keylamartinez_b@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

ANALISIS
FALLAS
EQUIPOS DE CARGA
SCOOP

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	ING. INDUSTRIAL

Resumen (abstract): La siguiente investigación fue realizada en la empresa MINERA VENRUS C.A., la cual se encuentra ubicada en El Callao – Estado Bolívar. Fue llevada a cabo en la mina Isidora en un periodo de 6 meses. La investigación lleva por nombre “Análisis de fallas aplicado a los equipo de carga tipo Scoop de la Mina Isidora - Valle Norte perteneciente a la empresa Minera Venrus C.A.”. La investigación se considera de tipo descriptiva y exploratoria, y de diseño de campo y no experimental. Esta consistió básicamente en un análisis de la situación actual de los equipos y también se procedió a determinar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los Scoop, los equipos que resultaron críticos fueron el Scoop 3.5, Scoop 145 y Scoop 116, se llegó a esta conclusión evaluando la cantidad de fallas que presentaron cada uno de estos. La Mantenibilidad menor, resultó ser la del Scoop 3.5 con 7,29 hrs para las actividades de mantenimiento, y la mayor fue la del Scoop 116 con 13.29 horas para devolverlo a su estado de funcionamiento. En cuanto a la disponibilidad, el equipo menos disponible fue el Scoop 3.5 con solo 3% de funcionamiento diario, el más confiable fue el Scoop 116 con 5,5%, si bien es el más confiables el porcentaje es bajo. Con respecto a la disponibilidad el Scoop 116 resultó ser el menor con 0.41 hrs diarias disponibles. Finalmente se elaboró un plan de mantenimiento preventivo programado que de ser aplicado eficientemente, contribuirá a reducir las horas inoperativas de los equipos de carga. En el plan se encuentran especificadas las actividades a realizar para 125, 250, 500 y 1000 horas.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
IVAN DE JESUS QUINTERO	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	12.186.664
	e-mail	
	e-mail	
MARILIN ARCINIEGAS	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	17.381.584
	e-mail	
	e-mail	
MAUYORI STANGA	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	15.970.481
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2010	06	10
------	----	----

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis.ANALISIS DE FALLA APLICADO A LOS EQUIPOS DE CARGA.doc	Application/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: **Minera Venrus C.A.** (Opcional)

Temporal: **10 Años** (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

INGENIERO INDUSTRIAL

Nivel Asociado con el Trabajo: PREGRADO

Área de Estudio:

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

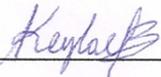
Si como producto de convenios, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el Título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado
“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros
finés con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,
quien lo participara al Consejo Universitario”

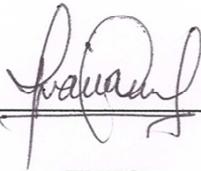
Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



AUTOR 1

AUTOR 2

AUTOR 3



TUTOR

AUTOR 4



JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:



