U
N
E
X
P
O

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA LA FLOTA DE EQUIPOS PESADOS DE LA GERENCIA DE PMH DE LA EMPRESA C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A.

Autor:
LUIS E. AMADOR C.

PUERTO ORDAZ, JUNIO DE 2005

DEDICATORIA

A Dios Padre por ser mi luz y refugio.

A mis padres y Abuelos por ser lo más grande que tengo.

A mis hermanos (Meylis y Noel).

A mis tíos y primos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Omnipotente:

Gracias Señor por todas las bendiciones que le has dado a mi vida, por la gran familia con que cuento y el amor que solo de ti proviene. Tú has obrado en mí de muchas maneras, ensañándome a levantarme en cada tropiezo, a aprender que todo lo que sucede tiene un propósito y a esperar siempre en ti. Gracias a todo eso he podido lograr todas mis metas, entre las cuales se encuentra la culminación satisfactoria de este trabajo.

A mis Padres Zully y Noel.

Por todo el amor, protección, cuidado, formación y educación que solo unos buenos padres pueden ofrecer. Por pensar siempre en el bienestar mío y el de mis hermanos por encima del de ustedes y luchar porque nunca nos faltase nada. No tengo manera de compensarle todo lo que han hecho por mí, solo pasare el resto de mi vida buscando el modo de retribuirles un poco todo su amor.

A mis Queridos Abuelos Luis y Yolanda.

Ustedes mis Abuelos han sido la bendición y el regalo más grande que Dios mi Señor me ha dado. Son mi fuente de inspiración, apoyo y consuelo, nunca me ha faltado su cariño. Los amo demasiado, con todo mi ser.

A mis todos mis Tíos.

Porque ustedes han influido en mi educación y formación como persona. Me han ayudado y dado todo lo que en sus manos a estado, siendo como unos padres para mí en todo momento. Los quiero demasiado.

A mis Hermanos Meylis y Noel.

Por ayudarme cuando los necesité y servirme de inspiración para ser cada día mejor.

A Rosbely Fuentes.

Por ser mi amiga y compañera incondicional en todo momento, apoyando y ayudándome siempre que te necesite. No tengo palabras para agradecerte y expresarte lo mucho que te aprecio, gracias por todo, sin ti las cosas no hubiese sido igual.

A Yurymar, Erika y Rubxiole.

Gracias muchachas por permanecer juntos estos 5 años viviendo momentos tan especiales. En este tiempo nos convertimos de compañeros de estudio a grandes amigos, formando un gran equipo inseparable, ayudándonos en cada circunstancia, las aprecio mucho pase lo que pase nunca las olvidaré.

A mi Profesos y Tutor Académico Ing. Jorge Cristancho.

Muchísimas gracias profesor por asesorarme y brindarme sus conocimientos siempre que los requerí, a lo largo de mi carrera y en el transcurso de este trabajo de grado. No olvidare sus enseñanzas y es mi ejemplo de profesionalismo.

A mi Tutor Industrial Ing. Iginio Malaver.

Estoy muy agradecido por toda su orientación, colaboración y apoyo que me brindó durante la realización de este trabajo de grado. Gracias.

A los Sres. Carlos Martínez y Antonio Noriega.

Por toda la colaboración, apoyo y enseñanza recibida por ustedes incondicionalmente, las cuales me servirán para crecer como persona y profesional.

A mis amigos de la Universidad.

Por sus consejos, ayuda, compañía y amistad siempre que las necesite.

A todo el Personal del Taller de Equipos Pesados.

Por su amena atención, gran apoyo prestado y su aporte de conocimientos y experiencia. Especialmente agradezco a los Sres.: Jesús Rojas, Julio Colarossi, Luis Gonzáles, José Ascanio, José Campos, Carlos Jiménez, Geovanni Valderrama, Nerio Talavera y Jesús Marín.

A la UNEXPO Vicerrectorado Puerto Ordaz:

Por haberme formado como profesional y por todo el conocimiento y experiencias que me permitió adquirir, gracias por ser fuente de conocimientos.

A todas estas personas y aquellas no nombradas que me ayudaron....

MUCHAS GRACIAS!

LUIS EDUARDO AMADOR CORRENTINO.

ÍNDICE GENERAL

Página

DEDICATORIA ..... **iv**
AGRADECIMIENTOS ..... **v**
ÍNDICE DE TABLAS ..... **xi**
ÍNDICE DE GRÁFICAS ..... **xiii**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xvi**
RESUMEN ..... **xvii**
INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO 1 ..... **4**

EL PROBLEMA **4**
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4
1.2. JUSTIFICACIÓN 6
1.3. ALCANCE 7
1.4. OBJETIVOS 7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL 7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7

CAPÍTULO 2 ..... **9**

GENERALIDADES DE LA EMPRESA **9**
2.1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA 9
2.1.1. MISIÓN 10
2.1.2. VISIÓN 10
2.1.3. PRINCIPIOS Y VALORES 10
2.1.4. OBJETIVOS DE LA EMPRESA. 11
2.1.5. FUNCIONES 11
2.2. POLÍTICAS DE LA EMPRESA 12
2.2.1. POLÍTICA DE CALIDAD 12
2.2.2. OBJETIVOS DE LA CALIDAD. 12
2.2.3. POLÍTICA COMERCIAL 13
2.2.4. POLÍTICA DE OPERACIONES 13
2.2.5. POLÍTICA AMBIENTAL 13
2.2.6. POLÍTICA DE PERSONAL 14
2.2.7. POLÍTICA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL 14
2.2.8. POLÍTICA FINANCIERA 15
2.2.9. POLÍTICA DE COMPRAS 15
2.2.10. POLÍTICA DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍA 15
2.3. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE CVG FERROMINERA ORINOCO. 15
2.4. GERENCIA DE PMH 16
2.4.1. SUPERINTENDENCIAS DE LA GERENCIA DE PMH 18
2.4.2. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA SUPERINTENDENCIA DE TALLERES DE SERVICIO 19

CAPÍTULO 3 ..... **20**

FUNDAMENTOS TEÓRICOS **20**
3.1. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO 20
3.1.1. PLANIFICACIÓN 22
3.1.2. PROGRAMACIÓN 22
3.1.3. EJECUCIÓN 22
3.1.4. CONTROL 22
3.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO 23
3.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO 23
3.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO 23
3.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO 25
3.2.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO 25
3.2.3.2. VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO 25
3.2.3.3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO 26
3.3. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE MANTENIMIENTO 30
3.4. ASIGNACIÓN DE PRIORIDAD DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTOS ... 31
3.5. INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO 31
3.6. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PESADOS. 33
3.6.1. CARGADOR FRONTAL EN RUEDAS 33
3.6.2. TRACTOR CON ORUGAS 34
3.6.3. MOTONIVELADORA 35
3.6.4. CAMIÓN ROQUERO DE ACARREO 36
3.6.5. MINICARGADOR FRONTAL 36

CAPÍTULO 4 ..... **37**

MARCO METODOLÓGICO **37**
4.1. TIPO DE ESTUDIO 37
4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 37
4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 38
4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 38
4.4.1. OBSERVACIÓN DIRECTA 38
4.4.2. ENTREVISTAS 38
4.4.3. REVISIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO 39
4.4.4. PAQUETES COMPUTARIZADOS 39
4.5. PROCEDIMIENTO 39

CAPÍTULO 5 ..... **42**

SITUACIÓN ACTUAL **42**
5.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL TALLER DE EQUIPOS PESADOS 42
5.1.1. CARGADORES FRONTALES 42
5.1.1.1. CARGADOR FRONTAL 988 F 43
5.1.1.2. CARGADOR FRONTAL 992 D Y C 50
5.1.1.3. CARGADOR FRONTAL 928 F 56
5.1.2. TRACTOR CON ORUGA 62
5.1.3. CAMIÓN ROQUERO 68
5.1.4. MINICARGADORES FRONTALES 753 B 74

5.1.5. MOTONIVELADORA 80
5.2. MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS PESADOS DE LA GERENCIA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL DE HIERRO. 86
5.2.1. NORMAS 86
5.2.2. PROCEDIMIENTOS 86
5.2.2.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO 86
5.2.2.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO 87
5.2.2.3. CONTROL DE MANTENIMIENTO 88
5.3. CONFORMACIÓN DEL PERSONAL DEL TALLER DE EQUIPOS PESADOS 91
5.3.1. PROPÓSITOS Y FUNCIONES DEL PERSONAL 91
5.3.2. FUERZA LABORAL DEL TALLER 92

CAPÍTULO 6 95

RESULTADOS 95
6.1. FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO ... 95
6.2. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE ACEITES 96
6.3. ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO DE INSPECCIÓN 100
6.4. MATRIZ DE VARIABLES 100
6.5. ESTÁNDAR DE INSPECCIÓN 109

CAPÍTULO 7 111

MANTENIMIENTO PREDICTIVO 111

CONCLUSIONES 142

RECOMENDACIONES 144

BIBLIOGRAFÍA 146

ANEXOS 148

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 5.1. Características de la Flota de Cargadores Frontales 988 F	43
Tabla 5.2. Cantidad y Demoras de las Fallas por Tipo. Equipo 004-0523	44
Tabla 5.3. Características de la Flota de Cargadores Frontales 992 D y C.	50
Tabla 5.4. Cantidad y Demoras de las Fallas en el Cargador 004-0491.	51
Tabla 5.5. Características de la Flota de Cargadores Frontales 928 F y G.	56
Tabla 5.6. Cantidad y Demoras de las Fallas del Cargador 004-0493.	57
Tabla 5.7. Características de la Flota de Tractores con Orugas.	62
Tabla 5.8. Cantidad y Demoras de las Fallas del Tractor con Oruga. Equipo 004-0475.	63
Tabla 5.9. Características de la Flota de Camiones Roqueros 769 y 773 D.	68
Tabla 5.10. Tabla de Cantidad y Demoras de los Camiones Roqueros	69
Tabla 5.11. Características de la Flota de Minicargadores Frontales 753 B.	74
Tabla 5.12. Numero de Fallas y Demoras de los Minicargadores Frontales.	74
Tabla 5.13. Cantidad y Demoras de las Fallas en el Minicargador 004-0517.	75
Tabla 5.14. Características de la Motoniveladora.	80
Tabla 5.15. Cantidad y Demoras de las Fallas de la Motoniveladora.	80
Tabla 5.16. Fuerza Laboral Actual del Taller de Equipos Pesados.	92
Tabla 5.17. Grado de Instrucción del Personal del Taller de Equipos Pesados.	93
Tabla 5.18. Edad del Personal del Taller de Equipos Pesados.	93
Tabla 5.19. Antigüedad en el Cargo Actual del Personal del Taller de Equipos Pesados.	93
Tabla 6.1. Matriz de Variables de los Cargadores Frontales 928, 988 y 992.	102
Tabla 6.2. Matriz de Variables de los Camiones Roqueros 769/773 D.	104
Tabla 6.3. Matriz de Variables de los Tractores con Orugas D9L y D8N.	106
Tabla 6.4. Matriz de Variables de la Motoniveladora 14 G.	108
Tabla 6.5. Matriz de Variables de los Minicargadores Bob Cat 753 B.	108
Tabla 7.1. Estándar de Inspección para los Cargadores Frontales 928 F/G.	113
Tabla 7.2. Estándar de Inspección para los Cargadores Frontales 998 F.	115
Tabla 7.3. Estándar de Inspección de los Cargadores Frontales 992 C y D.	117
Tabla 7.4. Estándar de Inspección para Camiones Roqueros 769 y 773 D.	119

Tabla 7.5. Estándar de Inspección para Minicargadores Bob Cat 753 B. 120
Tabla 7.6. Estándar de Inspección de la Motoniveladora Cat 14 G. 122
Tabla 7.7. Estándar de Inspección para los tractores con orugas D9L y D8N. 124
Tabla 7.8. Guía de Inspección 250 Hrs. de los Carg. 928 F y G. 125
Tabla 7.9. Guía de Inspección 500 Hrs. de los Carg. 928 F y G. 127
Tabla 7.10. Guía de Inspección 250 Hrs. de los Carg. 988 F. 128
Tabla 7.11. Guía de Inspección 500 Hrs. de los Carg. 988 F. 130
Tabla 7.12. Guía de Inspección 250 Hrs. de los Carg. 992 C y D. 131
Tabla 7.13. Guía de Inspección 500 Hrs. de los Carg. 992 C y D. 133
Tabla 7.14. Guía de Inspección 250 Hrs. de los Camiones 769 y 773 D. 134
Tabla 7.15. Guía de Inspección 500 Hrs. de los Camiones 769 y 773 D. 136
Tabla 7.16. Guía de Inspección 250 Hrs. de los Bob Cat 753 B. 137
Tabla 7.17. Guía de Inspección 250 Hrs. para la Motoniveladora Cat 14 G. 138
Tabla 7.18. Guía de Inspección 500 Hrs. para la Motoniveladora Cat 14 G. 139
Tabla 7.19. Guía de Inspección 250 Hrs. para los Tractores D9L y D8N. 140
Tabla 7.20. Guía de Inspección 500 Hrs. para los Tractores D9L y D8N . 141

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 5.1. Cantidad de Fallas por Cargador Frontal 988 F.	43
Gráfica 5.2. Tiempo de Demoras por Mantenimiento de los Cargadores 988 F.	44
Gráfica 5.3. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Falla. Equipo 004-0523.	45
Gráfica 5.4. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Equipo 004-0523.	45
Gráfica 5.5. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Equipo 004-523.	46
Gráfica 5.6. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas. Equipo 004-0523.	46
Gráfica 5.7. Disponibilidad de la Flota de Cargadores Frontales 988 F	47
Gráfica 5.8. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de la Flota de Cargador Frontal 988 F.	49
Gráfica 5.9. Cantidad de Fallas por Cargador Frontal 992 D y C.	50
Gráfica 5.10. Tiempo de Demoras por Mantenimiento de los Cargadores 992 D y C.	50
Gráfica 5.11. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Equipo 004-0491.	51
Gráfica 5.12. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Equipo 004-0491.	52
Gráfica 5.13. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Cargador 004-0491.	52
Gráfica 5.14. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas 004-0491.	53
Gráfica 5.15. Disponibilidad de la Flota de Cargadores 992 D y C.	53
Gráfica 5.16. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de la Flota de Cargador Frontal 992 D y C.	55
Gráfica 5.17. Cantidad de Fallas por Cargador Frontal 928 F/G.	56
Gráfica 5.18. Tiempo de Demoras por Mantenimiento. Cargadores 928 F/G.	56
Gráfica 5.19. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Cargador 004-0493.	57
Gráfica 5.20. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Cargador 004-0493.	58
Gráfica 5.21. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Cargador 004-0493.	58

Gráfica 5.22. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas, Cargador 004-0493. 59

Gráfica 5.23. Disponibilidad de la Flota de Cargadores Frontales 928 F y G. 60

Gráfica 5.24. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de la Flota de Cargador Frontal 928 F y G. 61

Gráfica 5.25. Cantidad de Fallas por Tractor con Oruga. 62

Gráfica 5.26. Tiempo de Demoras por Mantenimiento de los Tractores. 62

Gráfica 5.27. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Tractor con Oruga 004-0475. 63

Gráfica 5.28. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Equipo 004-0425. 64

Gráfica 5.29. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Tractor 004-0475. 64

Gráfica 5.30. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas. Tractor 004-0475. 65

Gráfica 5.31. Disponibilidad de la Flota de Tractores con Oruga. 66

Gráfica 5.32. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de los Tractore con Orugas. 67

Gráfica 5.33. Cantidad de Fallas por Camiones Roqueros. 68

Gráfica 5.34. Tiempo de Demoras por Mantenimiento de los Camiones Roqueros. 68

Gráfica 5.35. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Camión 031-0121. 69

Gráfica 5.36. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Camión 031-0121. 70

Gráfica 5.37. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Camión 31-0121. 71

Gráfica 5.38. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas. Eq. 031-0121. 71

Gráfica 5.39. Disponibilidad de la Flota de Camiones 769 y 773 D. 72

Gráfica 5.40. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de los Camiones Roqueros 769 y 773 D. 73

Gráfica 5.41. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Equipo 004-0517. 75

Gráfica 5.42. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Equipo 004-517. 75

Gráfica 5.43. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento Minicargador 004-0517. 76

Gráfica 5.44. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas, Equipo 004-0517. 76

Gráfica 5.45. Disponibilidad de la Flota de Minicargadores Frontales 753 B. 77

Gráfica 5.46. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de los Minicargadores Frontales 753 B. 79

Gráfica 5.47. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Falla. Motoniveladora. 80

Gráfica 5.48. Grfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Motoniveladora. 81

Gráfica 5.49. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Motoniveladora 004-0129. 81

Gráfica 5.50. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas. Motoniveladora 004-0129. 82

Gráfica 5.51. Disponibilidad de la Motoniveladora 004-0129. 82

Gráfica 5.52. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de la Motoniveladora. 84

Gráfica 5.53. Diagrama de Espina de Pescado de las Deficiencias en las Labores de Mantenimiento. 85

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Ubicación geográfica de C.V.G FERROMINERA ORINOCO C.A.	10
Figura 2.2. Organigrama C.V.G. FERROMINERA ORINOCO, C.A.	16
Figura 2.3. Organigrama de la Gerencia General de Operaciones.	16
Figura 2.4. Estructura Organizativa de la Superintendencia de Talleres de Servicio.	19
Figura 5.1. Flujograma del Procedimiento del Mantenimiento Preventivo de los Equipos Pesados.	89
Figura 5.2. Flujograma del Procedimiento de Mantenimiento Correctivo de los Equipos Pesados.	90
Figura 6.1. Diagrama de Programa de Inspección.	110

Luis E. Amador C. (2005). **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA LOS EQUIPOS PESADOS DE LA GERENCIA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL DE HIERRO (P.M.H.) DE LA EMPRESA C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A.** Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Industrial. Vice - Rectorado Puerto Ordaz. UNEXPO. Tutor Académico: Ing. Jorge Cristancho M. Sc. Tutor Industrial: Ing. Iginio Malaver.

RESUMEN

En el siguiente Trabajo de Grado se presenta el Diseño de un Plan de Mantenimiento Predictivo para la Flota de Equipos Pesados de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H.) de la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., éste se desarrolló inicialmente analizando estadísticamente la gestión de mantenimiento del Taller de Equipos Pesados, en función del número de fallas y demoras presentadas por los equipos en un período de 9 meses, determinando de esta manera la disponibilidad, confiabilidad y criticidad de éstos. A través de este estudio se pudo evidenciar que ninguna de las flotas de equipos de la Gerencia cumple con la disponibilidad requerida por ésta (85 % de disponibilidad) para realizar las distintas labores de manejo, carga, acarreo y limpieza del mineral, lo cual muestra una alta criticidad de éstos y la necesidad de la aplicación de un plan de mantenimiento predictivo que disminuya las demoras en el mantenimiento de los equipos. Seguidamente se analizó la fuerza laboral con la que cuenta el taller y se constató que ésta, posee la capacitación para realizar las labores de mantenimiento. Posteriormente se identificó el conjunto de variables operacionales que intervienen en el funcionamiento de los equipos, resumida a través de una matriz de variables enfocada en el análisis de muestras de aceites, la cual fue la base para la creación de los estándares de inspección elaborados, para finalmente diseñar el plan de mantenimiento predictivo de los equipos pesados, que permitirá el análisis de los parámetros de funcionamiento asociados a la evolución de las fallas, para determinar en qué período de tiempo esas fallas van a tomar una relevancia importante de modo de planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, evitando que las mismas generen consecuencias graves, aumentando la disponibilidad operativa de los equipos. El plan de mantenimiento predictivo basado en el análisis del aceite utilizado proporciona indirectamente la condición de los equipos en relación a los sistemas hidráulicos, tren de potencia y motor diesel, permitiendo controlar los niveles de contaminación y desgaste de los componentes y determinando el período de reemplazo de las partes asociadas al problema.

Palabras Claves: Mantenimiento, Predictivo, Equipos Pesados, P.M.H.

INTRODUCCIÓN

C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A., es una empresa del estado Venezolano, creada para la extracción, comercialización y transporte del mineral de hierro, ya sea dentro o fuera del país. El mineral del hierro es obtenido tanto del cerro San Isidro (Ciudad Piar), como del cerro el Pao, y este es transportado por vía férrea a la zona de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H.).

La Gerencia de P.M.H. tiene como funciones garantizar el cumplimiento de los programas de producción en términos de costo, calidad y oportunidad; el despacho del mineral de hierro conforme a las especificaciones del cliente; la disponibilidad de los sistemas, equipos e instalaciones de las plantas de Procesamiento del Mineral de Hierro de acuerdo con el programa de mantenimiento preventivo y correctivo; además de asegurar el estudio, propuesta e implementación de mejoras operativas al sistema de manejo de mineral, entre otros.

Para lograr la función de garantizar la disponibilidad de los equipos y instalaciones, la Gerencia cuenta con cuatro (4) talleres de mantenimiento, los cuales son: Taller de Instrumentación y Control, Taller Central, Taller de Cintas y Taller de Equipos Pesados, siendo este último el encargado de mantener en condiciones operativas una flota de diecinueve (19) Equipos Pesados integrados por: Cargadores Frontales, Minicargadores Frontales, Tractores con Orugas, Motoniveladoras y Camiones Roqueros de Acarreo.

Los Equipos Pesados son requeridos con una alta disponibilidad (85% de disponibilidad) en las distintas áreas de la Gerencia, puesto que estos realizan labores importantes de Manejo, Acarreo, Carga y limpieza del Mineral en el área industrial. Sin embargo, estos equipos no pueden responder completamente a estos requerimientos, debido a que presentan fallas que muchas veces son corregidas en largos períodos de tiempo

cuando los repuestos necesarios no se encuentran en el stock de la empresa, y hay que pedirlos a los distribuidores locales, nacionales ó extranjeros tardando hasta varios meses en llegar, causando la paralización del equipo, además de ocasionar mayores costos al dañarse partes asociadas a la principal. Es por esto que se ve la necesidad del diseño de un plan de mantenimiento predictivo que permita detectar las fallas antes de que esta ocurra y de esa manera se puedan tomar las medidas necesarias para que la reparación del equipo se realice en el menor tiempo posible, evitando al máximo las demoras, aumentando así la disponibilidad de los equipos.

En el siguiente trabajo, se presenta el Diseño un Plan de Mantenimiento Predictivo a la flota de Equipos Pesados de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro, específicamente en los sistemas de Red de Potencia (Transmisión, Diferencial y Mandos Finales), Hidráulico y Motor Diesel a través del análisis de los parámetros de funcionamiento asociados a la evolución de la falla, determinando en que período esas fallas van a tomar una relevancia importante y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, evitando que las mismas generen consecuencias graves.

El procedimiento que permitió el logro de los objetivos planteados en el presente trabajo implica los siguientes análisis y/o estudios: a) Analizar estadísticamente la gestión de mantenimiento del Taller de Equipos Pesados; b) Conformación de la fuerza laboral del taller; c) Identificar el conjunto de variables operacionales que intervienen en el funcionamiento de los mismos resumida a través de una matriz de variable; d) Diseñar los estándares de inspección; e) Identificar y clasificar las inspecciones de acuerdo a las condiciones del equipo; f) Diseñar el plan de mantenimiento predictivo de los equipos.

El siguiente trabajo esta compuesto por 7 capítulos, estructurados de la siguiente forma: Capítulo 1, Formulación del Problema: se expone el problema objeto de la investigación, así como el objetivo general y

específico, la justificación y el alcance del trabajo. Capítulo 2, Generalidades de la Empresa: Se presentan los aspectos generales de la empresa C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A. y del departamento donde se realizó el estudio. Capítulo 3, Fundamentos Teórico: comprende las bases teóricas que fundamentaron el estudio y la definición de términos básicos. Capítulo 4, Marco Metodológico: se muestra el diseño metodológico que se siguió para realizar este trabajo. Capítulo 5, Situación Actual: se presenta las causas que originan la necesidad del plan de mantenimiento predictivo así como la conformación y actividades del taller. Capítulo 6, Resultados: se presentan los resultados sobre los cuales se soporta el plan de mantenimiento propuesto. Capítulo 7, Mantenimiento Predictivo: se presentan el Diseño del Plan de Mantenimiento Predictivo propuesto y finalmente se presentan las Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Anexos.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mantenimiento es unos de los factores claves para la buena operación y desarrollo de las plantas industriales. Este se puede definir como el conjunto de actividades ejecutadas para mantener en buenas condiciones de funcionamiento los bienes, equipos e instalaciones que posee la empresa, que permitan la maximización de la disponibilidad de estos para la producción.

Dependiendo de la forma, el objetivo y la oportunidad en que se realizan las acciones, se pueden resaltar tres tipos de mantenimiento: el preventivo, correctivo y predictivo, permitiendo este último la detección de las anomalías que presente el equipo, mediante el análisis e interpretación de los parámetros de funcionamiento.

La empresa CVG FERROMINERA ORINOCO cuenta con una Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H), en donde la Superintendencia de Talleres de Servicio se encarga de prestar a través de sus distintos talleres (Taller de Instrumentación y Automatización y Control, Taller Central, Taller de Equipos Pesados y Taller de Cintas), todo tipo de mantenimiento a los equipos y máquinas que componen la Gerencia.

El Taller de Equipos Pesados se encarga de realizar labores de mantenimiento a 19 equipos pesados comprendidos por: Cargadores Frontales, Minicargadores Frontales, Tractores con Orugas, Motoniveladoras y Camiones Roqueros de Acarreo. Estos equipos se requieren en cada una de las distintas áreas de almacenamiento, operación y transporte del mineral de hierro, debido a que se encargan del despacho, transferencia del mineral y limpieza del área industrial. Sin embargo ésta disponibilidad se ha visto afectada por el alto índice de fallas que actualmente presentan los equipos, producto de la disminución del promedio de vida útil de estos, la falta de seguimiento del programa de mantenimiento preventivo y de las variables operacionales de funcionamiento.

Debido a esto, a los equipos pesados se les presta un mayor número de mantenimientos correctivos que preventivos, lo cual es perjudicial para la Gerencia de P.M.H. puesto que incurre en gastos excesivos de repuestos, a causa que es mas costosa la reparación del equipo cuando este falla (un 40% más en el caso del motor), al dañarse partes asociadas a la principal, además de que si los repuestos o partes del equipo necesarios para reparar las maquinas no se encuentran disponibles en el stock de la empresa, son pedidos a la concesionaria Caterpillar local (Venequip), la cual localiza los repuestos tanto a nivel nacional como en el exterior, tardando hasta meses en llegar éste al taller, produciendo daños mayores y la paralización total del equipo.

La situación anteriormente planteada conlleva a desarrollar el presente estudio donde se de respuesta a la siguiente problemática: la alta frecuencia de fallas de la flota de Equipos Pesados de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro de Ferrominera, trae como consecuencia una baja disponibilidad de los equipos, además de altos costos para la empresa y el no cumplimiento de las metas de producción; para esto será necesario desarrollar el presente trabajo con el propósito de diseñar un plan de

mantenimiento predictivo que permita la detección de las fallas en los equipos antes de que ocurran, para así poder tomar todas las medidas necesarias para corregirlas en el menor tiempo posible, evitando al máximo las demoras y los gastos en repuestos.

El siguiente trabajo es importante, ya que permitirá detectar las fallas relevantes de los elementos de los equipos pesados a través del estudio de la evolución de los parámetros de funcionamiento asociados a la evolución de las fallas, de modo determinar en que período de tiempo esas fallas van a tomar una relevancia importante y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, evitando que las mismas generen consecuencias graves, además de la disminución de las demoras por reparación lo cual le proporciona una mayor disponibilidad a los equipos.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Los equipos pesados que conforman la flota del área de procesamiento de mineral de hierro (P.M.H.) de la empresa F.M.O. están sometidos a un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, que no les proporciona una mantenibilidad y disponibilidad acorde con las nuevas exigencias de la empresa, debido a que muchas veces las fallas que presentan los equipos requieren mucho tiempo para ser corregidas, puesto que los repuestos tardan hasta varios meses en llegar al taller cuando no se encuentran en el stock de la empresa, además que los costos por la realización del mantenimiento correctivo son mayores, debido a que se dañan partes asociadas a la principal. Es por esto que la Gerencia de P.M.H. se vió la necesidad de desarrollar un programa de mantenimiento predictivo a los equipos pesados específicamente en los sistemas de Red de Potencia, Hidráulico y Motor Diesel, a través del análisis de los parámetros de funcionamiento asociados a la evolución de las fallas, para determinar en que período podrían ocurrir las fallas de los equipos y así poder planificar todas

las intervenciones con tiempo suficiente, evitando que las mismas ocasionen consecuencias graves.

1.3. ALCANCE

Este estudio contempla el diseño de un plan de mantenimiento predictivo a la flota de diecinueve (19) equipos pesados (Cargadores Frontales, Minicargadores Frontales, Tractores con Orugas, Motoniveladoras y Camiones Roqueros de Acarreo) del área de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H.) de la empresa FERROMINERA ORINOCO C.A., enfocado en el análisis del aceite utilizado por estos; dicho plan de mantenimiento incluye: el sistema de Red de Potencia, Hidráulico y Motor Diesel.

1.4. OBJETIVOS

En el presente estudio se lograron los siguientes objetivos:

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Plan de Mantenimiento Predictivo a los Equipos Pesados de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H.) de la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar información técnica de los sistemas Hidráulicos, Red de Potencia (Transmisión, Diferencial y Mandos Finales) y Motor Diesel de los equipos pesados de la Gerencia de P.M.H. desde la lógica de funcionamiento hasta el despiece de sus componentes.
- Investigar que tipo de mantenimiento predictivo se está efectuando en equipos similares utilizados en otras empresas de la Región Guayana, como: Sidor, Bauxilum, etc.
- Analizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos pesados.

- Analizar la criticidad de los distintos equipos.
- Realizar un análisis estadístico en función de las fallas y demoras presentadas por los equipos.
- Ejecutar un análisis de la fuerza laboral con que cuenta el Taller de Equipos Pesados, en términos de capacidad y capacitación para realizar las labores de mantenimiento.
- Identificar el conjunto de variables operacionales que intervienen en el funcionamiento de los equipos, resumida a través de una matriz de variables.
- Determinar la factibilidad de la realización de un programa de mantenimiento predictivo a los equipos pesados.
- Determinar para cada sistema estudiado, los valores límites y normales de aceptabilidad de las características o variables que se miden con el monitoreo.
- Crear el estándar de inspección de los equipos en estudio con base en la matriz de variables que intervienen en el proceso, determinando la frecuencia óptima de inspección considerando la criticidad de la maquina, disponibilidad, diseño, funcionamiento y estadística de fallas.
- Definir las inspecciones rutinarias y especiales de los equipos, y diseñar los formatos de inspección tanto administrativos como de recolección de datos de campo.
- Proponer las acciones predictivas a aplicar en los equipos estudiados.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

La C.V.G. Ferrrominera Orinoco C.A., inicia sus operaciones a partir del primero de enero de 1976. Es una empresa del estado venezolano, filial de la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G.), que se dedica a la extracción, procesamiento, comercialización y venta de mineral de hierro y sus derivados con eficiencia y calidad. Tiene la responsabilidad de toda la actividad minera del hierro en el territorio venezolano.

Geográficamente, la empresa se encuentra distribuida entre Ciudad Piar y Puerto Ordaz (Ver figura 1). Las operaciones mineras (incluyendo las actividades de exploración geológica de reservas de mineral de hierro, planificación, desarrollo, explotación de minas, trituración y transporte hacia el puerto de procesamiento) se ejecutan en el distrito ferrífero Piar; el procesamiento, almacenaje y despacho de mineral de hierro y sus derivados en Puerto Ordaz. La capacidad de producción de la empresa está en el orden de los 20 millones de toneladas al año y cuenta con aproximadamente 3.500 trabajadores.

Figura 2.1. Ubicación geográfica de CVG FERROMINERA ORINOCO C.A.

2.1.1. MISIÓN

C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., empresa del Estado Venezolano, tiene como responsabilidad la explotación de la industria del mineral de hierro y derivados con productividad, calidad y competitividad, de forma sostenible y sustentable, para abastecer oportuna y suficientemente a La industria siderúrgica nacional y aquellos mercados internacionales que resulten económicos y estratégicamente atractivos, garantizando la rentabilidad de la empresa y contribuir al desarrollo económico del país.

2.1.2. VISIÓN

Ser una empresa con una gestión de calidad, en armonía con el medio ambiente, que ofrezca productos altamente competitivos al sector siderúrgico nacional e internacional.

2.1.3. PRINCIPIOS Y VALORES

C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., está comprometida con el desarrollo integral, humanista y sustentable del país, como actor fundamental del sector siderúrgico nacional, fortaleciendo este liderazgo en el trabajo, calidad, competitividad y responsabilidad, soportado en un personal cuyas

actuaciones están regidas en estricto apego a la disciplina, honestidad, ética y respeto.

2.1.4. OBJETIVOS DE LA EMPRESA.

2.1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Extraer, procesar y suministrar el mineral de hierro con calidad y en la oportunidad requerida para la satisfacción de los clientes, haciéndose más competitivos a través de los mejoramientos continuos de sus procesos soportados en el sistema de calidad certificado conforme a la NVC-ISO 9002-1995.

2.1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Explorar, explotar y procesar el mineral de todos sus yacimientos, con el fin de obtener un máximo aprovechamiento de recursos mineros existentes.
2) Comercializar sus productos tanto a nivel nacional como internacional.
3) Suministrar oportunamente los volúmenes de mineral de hierro demandado los clientes.
4) Mantener un programa de capacitación desarrollo y motivación del personal para los mejoramientos continuos de sus procesos.
5) Obtener un máximo de eficiencia de su proceso productivo.
6) Aumentar el valor agregado nacional y asegurar la disponibilidad del material para el desarrollo siderúrgico nacional.

2.1.5. FUNCIONES

1) Cumplir con los programas de producción y despacho que permita satisfacer los volúmenes requerido por los clientes.

2) Satisfacer los requisitos de calidad de los productos exigido por los clientes.

3) Suministrar oportunamente los volúmenes del mineral demandado por nuestros clientes.

4) Mantener un programa de capacitación, desarrollo y motivación del personal para el mejoramiento continuo de sus procesos.

2.2. POLÍTICAS DE LA EMPRESA

Dentro del marco que guía la gestión en todos los niveles de la organización, C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A. ha definido e implantado sus políticas en materia de Calidad, Comercial, Operaciones, Ambiente, Personal, Prevención y Control de Riesgos, Financiera, Administrativa, Tributaria, de Compras y Sistemas y Tecnología, para asegurar la satisfacción de sus clientes, la preservación de la salud de sus trabajadores y del medio ambiente.

2.2.1. POLÍTICA DE CALIDAD

Su política es extraer, procesar y suministrar mineral de hierro, cumpliendo con los requisitos acordados con nuestros clientes y mejorando continuamente la eficiencia del sistema de gestión de la calidad de la gestión.

2.2.2. OBJETIVOS DE LA CALIDAD.

1) Cumplir con los programas de producción y despacho que permitan satisfacer los volúmenes requeridos por nuestros clientes.

2) Satisfacer los requisitos de calidad del producto exigidos por los clientes.

3) Suministrar oportunamente los volúmenes de mineral de hierro demandados por nuestros clientes.

4) Mantener un programa de capacitación, desarrollo y motivación del personal para el mejoramiento continuo de sus procesos.

2.2.3. POLÍTICA COMERCIAL

Es política de C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. mantener una óptima relación con sus clientes, basada en la equidad y la cooperación, en procura del beneficio mutuo y en un marco de buena voluntad, respeto y consideración entre las partes.

2.2.4. POLÍTICA DE OPERACIONES

Es política de C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. realizar sus procesos de producción considerando el óptimo aprovechamiento de los recursos y cumpliendo los requisitos de calidad, cantidad y oportunidad comprometidos, en un marco de alta consideración hacia los trabajadores, el medio ambiente y las instalaciones de producción.

2.2.5. POLÍTICA AMBIENTAL

C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. reconoce que la conservación del medio ambiente es una necesidad básica y en tal sentido asume los siguientes compromisos:

1) Extraer, procesar y suministrar mineral de hierro en forma sustentable y con un desempeño responsable, promoviendo el equilibrio entre sus actividades de minería a cielo abierto y el ambiente circundante, incluidas las comunidades vecinas.

2) Adoptar un Sistema de Gestión Ambiental siguiendo lineamientos de la Corporación Venezolana de Guayana.

3) Asegurar un adecuado desempeño ambiental por parte de nuestros proveedores de bienes y servicios.

4) Realizar y apoyar la cooperación, el entrenamiento y la motivación ambiental en las partes interesadas de la organización a fin de adoptar prácticas compatibles con la prevención y el control de la contaminación.

5) Promover acciones cónsonas con la naturaleza y magnitud de aspectos e impactos ambientales identificados y asegurar niveles de la calidad ambiental exigidos en las regulaciones vigentes.

6) Promover la incorporación de la variable ambiental en los nuevos proyectos que desarrolla la empresa.

2.2.6. POLÍTICA DE PERSONAL

Es política de C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. disponer del personal requerido, tanto en calidad como en cantidad, para el logro de sus objetivos estratégicos propiciando su motivación y crecimiento personal y profesional a través de:

1) El entrenamiento y desarrollo de las competencias requeridas,

2) El establecimiento y mantenimiento de condiciones adecuadas del ambiente de trabajo,

3) La armonía en las relaciones laborales, manteniendo una atmósfera de paz laboral.

2.2.7. POLÍTICA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Es política de C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. mantener un ambiente laboral apropiado, ofreciendo las condiciones y factores de seguridad y salud ocupacional donde, trabajadores, contratistas y visitantes, desempeñen sus actividades de forma productiva y responsable, mejorando continuamente la gestión dentro del marco legal vigente.

2.2.8. POLÍTICA FINANCIERA

Es política de C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. asegurar la captación, disponibilidad y administración eficiente de los recursos monetarios, necesarios para el desarrollo de sus actividades; así como también para impulsar oportunidades de crecimiento y competitividad de la organización que a su vez generen bienestar a todos sus componentes.

2.2.9. POLÍTICA DE COMPRAS

Es política de C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. mantener una relación de mutuo beneficio con sus proveedores dentro de las normativas legales vigentes, en un marco de alta transparencia en el proceso, en procura de las mejores condiciones de calidad, precio y oportunidad en la entrega de bienes y servicios, dando prioridad a aquellos que impulsen el desarrollo regional.

2.2.10. POLÍTICA DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍA

Es política de C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A. propiciar la instalación de las tecnologías informáticas de vanguardia que sean de utilidad para el negocio, en procura de obtener ventajas competitivas y potenciar el mejoramiento continuo de sus procesos.

2.3. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE C.V.G. FERROMINERA ORINOCO, C.A

C.V.G. Ferrrominera Orinoco C.A., cuenta con la Estructura Organizativa mostrada a continuación: (Ver figura 2.2)

Figura 2.2. Organigrama C.V.G. FERROMINERA ORINOCO, C.A.

Dentro de la Gerencia General de Operaciones se encuentra adscrita la Gerencia de PMH como se muestra a continuación: (Ver figura 2.3)

2.4. GERENCIA DE PMH

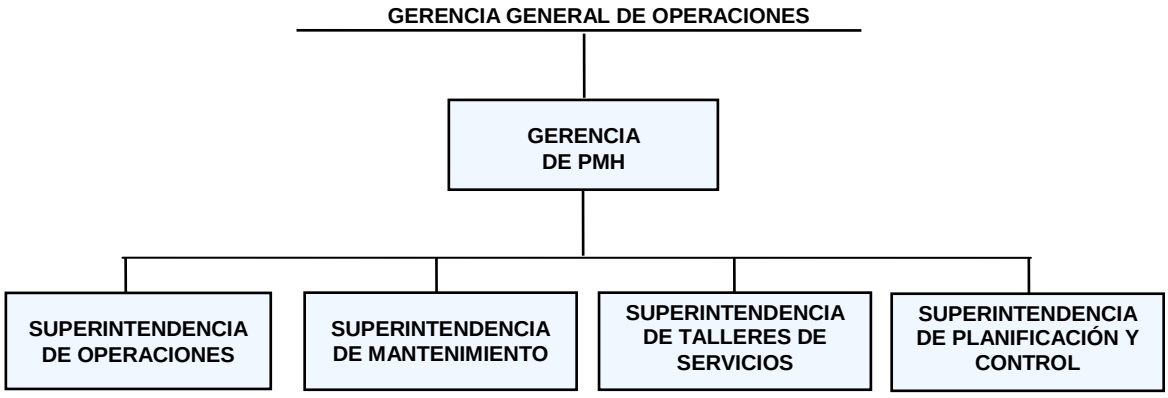


Figura 2.3. Organigrama de la Gerencia General de Operaciones

OBJETIVOS FUNCIONALES DE LA GERENCIA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL DE HIERRO (PMH)

Garantizar el procesamiento del mineral de hierro conforme a las especificaciones de los clientes en cuanto a volumen y condiciones de calidad y oportunidad, de acuerdo a la Misión de CVG Ferrominera Orinoco, C.A.

ALCANCE FUNCIONAL GERENCIA DE PMH

1. Garantizar el cumplimiento de los programas de producción en términos de costos, calidad y oportunidad, según requerimientos del cliente y la misión de la Empresa.
2. Garantizar el despacho del mineral de hierro conforme a las especificaciones del cliente.
3. Garantizar la disponibilidad de los sistemas, equipos e instalaciones de las plantas de procesamiento de mineral de hierro, de acuerdo con el programa de mantenimiento preventivo y correctivo.
4. Asegurar el estudio, propuesta e implementación de mejoras operativa al sistema de manejo de mineral.
5. Asegurar que los proyectos menores se ejecuten de acuerdo a los términos y condiciones acordadas.
6. Garantizar la efectiva administración de los cambios organizacionales.
7. Garantizar la administración responsable de los recursos asignados.
8. Garantizar el establecimiento y mantenimiento en la Empresa del Sistema de Gestión Ambiental.
9. Garantizar el mantenimiento en la Empresa del Sistema de la Calidad

2.4.1. SUPERINTENDENCIAS DE LA GERENCIA DE PMH

SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES

Asegurar el cumplimiento de los programas de producción establecidos por la Gerencia de P.M.H, tanto en los procesos de producción como en el de transferencia y despacho, en términos de calidad, oportunidad y costos.

SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO

Asegurar el cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo elaborados por la Superintendencia de Planificación y Control, así como el mantenimiento correctivo requerido a los diferentes equipos instalados en el sistema de P.M.H.

SUPERINTENDENCIA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL

Asegurar la elaboración y seguimiento de los programas de mantenimiento preventivo a los equipos e instalaciones de P.M.H y los programas de producción; así como el control de la gestión de la Gerencia, los costos y contratos e implementar las mejoras operativas que requiera la planta.

SUPERINTENDENCIA DE TALLERES DE SERVICIOS

Asegurar el cumplimiento de la ejecución de los programas de mantenimiento preventivo y/o correctivo por parte de los Talleres de Servicios, de instalaciones, equipos y componentes del Sistema de P.M.H, a fin de garantizar el cumplimiento de los indicadores establecidos.

Identificación del Departamento

La investigación fue desarrollada en la Jefatura de Área Taller Equipos Pesados de Procesamiento de Mineral de Hierro, la cual se encuentra adscrita a la Superintendencia de Talleres de Servicio (ver figura 2.4). Esta

se encarga de asegurar el cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo, así como el mantenimiento correctivo requerido a los diferentes equipos móviles pesados de PMH.

2.4.2. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA SUPERINTENDENCIA DE TALLERES DE SERVICIO

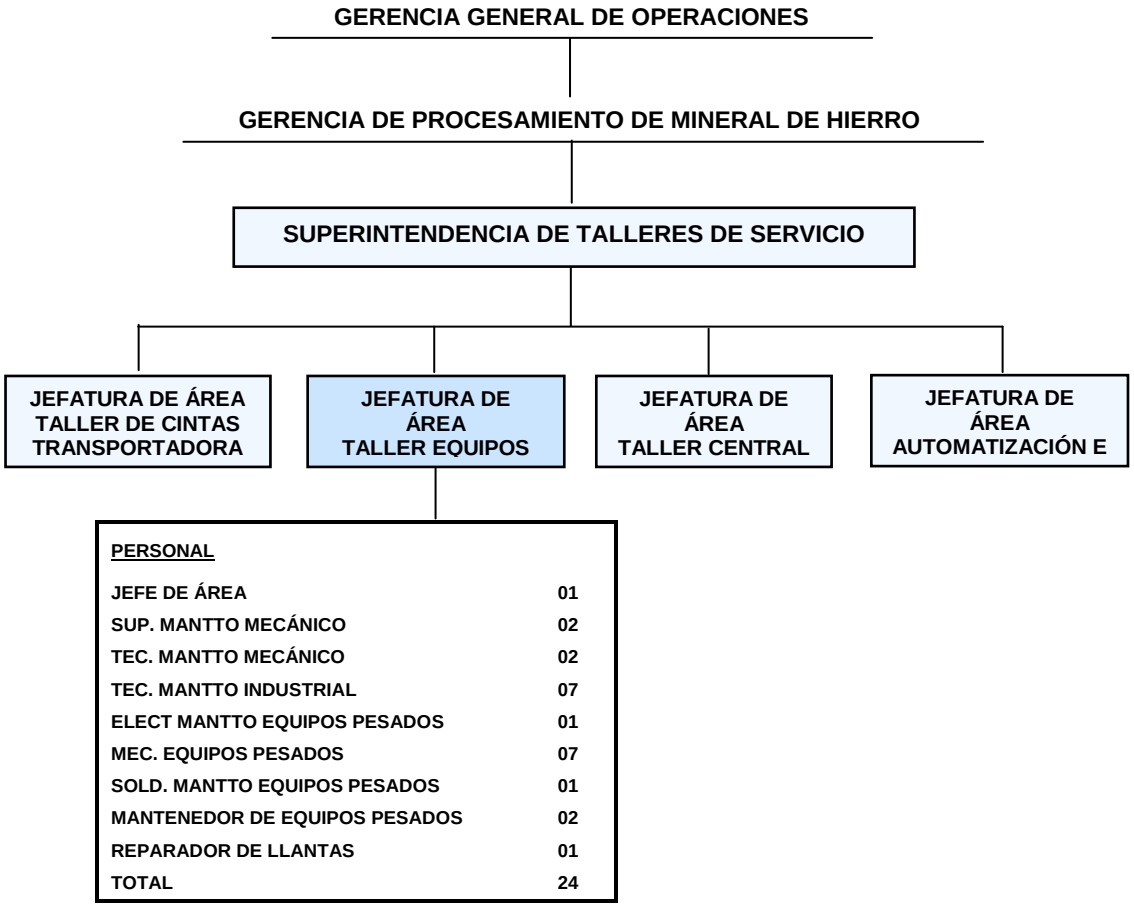


Figura 2.4. Estructura Organizativa de la Superintendencia de Talleres de Servicio

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En el presente capítulo se exponen los criterios y conceptos que sustentan el desarrollo del trabajo, a través de la revisión teórica siguiente:

3.1. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La Gestión de Mantenimiento involucra cuatro procesos diferenciables: Planificación, Programación, Ejecución y Control.

Entendiendo por Mantenimiento el servicio a la operación que tiene por objeto lograr una adecuada disponibilidad de los equipos al menor costo posible. Este atiende a dos tipos, según el concepto universal de mantenimiento: El programado, en el cual se prevén las intervenciones, los recursos y los trabajos a ejecutar y el no programado, donde las intervenciones se realizan de emergencia, por lo general ocasionan paradas de las instalaciones.

EL CONSEJO VENEZOLANO DE LA INDUSTRIA FUNDACIÓN EDUCACIÓN INDUSTRIA (1992) señala lo siguiente:

> **El mantenimiento industrial es un conjunto de actividades realizadas para conservar los bienes, equipos e instalaciones que la empresa posee, en buenas condiciones de funcionamiento, de manera que se garantice la producción del bien o servicio.**

De acuerdo con lo planteado la gestión de mantenimiento está en función de la disponibilidad operativa de los equipos de modo que pueda garantizar el cumplimiento del objetivo para el cual se requieren los mismos.

Es obligación primordial de la función mantenimiento el contribuir a la obtención de las metas de la empresa de la que es parte integrante, estas deben figurar dentro del cuadro de objetivos generales de la organización y se introducen, por lo general de una manera modificada, en las diferentes subdivisiones de a función, llegando a ser fundamentales en los deberes del trabajador que realiza las tareas básicas en las áreas de: Planificación e inspección, ejecución, análisis y control

El mantenimiento es exclusivamente una acción humana, en relación con ello **OLLARVES (1995) señala:**

> **El mantenimiento es un servicio a la operación que tiene por objeto lograr una adecuada disponibilidad de los equipos al menor costo posible.**

Por otro lado el mantenimiento es una herramienta absolutamente necesaria para la dirección global de Las organizaciones, en este sentido **MOSQUERA y Otros (1995)** afirman que **"El mantenimiento es la probabilidad de que un sistema opera a toda capacidad durante un período de tiempo determinado"**

De acuerdo al planteamiento anterior el mantenimiento tiene objetivos fundamentales basados en la disponibilidad de los equipos, en tal sentido **NEWBROUGH (1997)** señala:

> **El mantenimiento consiste en maximizar la disponibilidad de máquinas y equipos para la producción. Preservar el valor de Las instalaciones, minimizando el uso y el deterioro. Conseguir estas es la forma más económica posible y a largo plazo. (Pág. 63)**

También es objetivo de la función de mantenimiento impulsar y cooperar a la generación de utilidades para la empresa por lo que es necesario conservar

en condiciones operativas las instalaciones que contribuyen a la producción, conservar en un estado máximo de eficiencia y un costo mínimo.

3.1.1. PLANIFICACIÓN

Planificar es el proceso mediante el cual se definen los objetivos a alcanzar en la gestión y se determinan las estrategias de acción a implantar de acuerdo a criterios basados en las políticas, prioridades de la corporación y estimación de costos.

3.1.2. PROGRAMACIÓN

El proceso de programar se inicia cuando se asocia a cada acción de mantenimiento una escala de tiempo y de utilización de recursos. El programa establece los tiempos esperado de inicio y terminación de la acción y se formula asignando recursos hasta el límite de disponibilidad, de acuerdo a las necesidades de la planificación previa.

3.1.3. EJECUCIÓN

El concepto de ejecución vincula dos (02) acciones administrativas de singular importancia como lo son la dirección y la coordinación de los esfuerzos del grupo de realizadores de las actividades generadas en los procesos de planificación y programación y que garantizan el logro de los objetivos propuestos.

3.1.4. CONTROL

El control es la comprobación de que las personas, instalaciones, sistemas y equipos están actuando u operado sin desviaciones con relación a la norma o parámetro determinado.

3.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Dependiendo de la forma, el objetivo y la oportunidad en que se realizan las acciones, se pueden resaltar diferentes tipos de mantenimientos. Preventivo, Correctivo y Predictivo.

3.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento reactivo", tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

El mantenimiento correctivo puede ser correctivo programado o correctivo de emergencia.

3.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo consiste en programar las intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos

predeterminados de tiempo o espacios regulares (horas de servicio, kilómetros recorridos, toneladas producidas). El objetivo de este tipo de mantenimiento es reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una máquina o instalación tratando de planificar unas intervenciones que se ajusten al máximo a la vida útil del elemento intervenido.

El origen de este tipo de mantenimiento surgió analizando estadísticamente la vida útil de los equipos y sus elementos mecánicos y efectuando su mantenimiento basándose en la sustitución periódica de elementos independientemente del estado o condición de deterioro y desgaste de los mismos. Su gran limitación es el grado de incertidumbre a la hora de definir el instante de la sustitución del elemento. Este tipo de mantenimiento presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se esta produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios "a la mano".
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Esta destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

3.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo permite detectar anomalías con el equipo en funcionamiento, mediante la interpretación de datos previamente obtenidos con instrumentos portátiles colocados en diferentes partes del equipo, cuyos resultados son analizados conjuntamente con información estadística definida como. Análisis vibratorios. Análisis de aceites, revisión de temperaturas y presiones.

Para cada empresa de producción existirá una combinación de acciones correctivas y predictivas que harán que el costo de mantenimiento sea el más bajo.

3.2.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo presenta las siguientes características:

- Predice el fallo, interviene como consecuencia del cambio en la condición monitoreada.
- Practica una diagnosis fundamentada en síntomas, medidos por los monitores con instrumentos a veces muy complejos.
- Las acciones se efectúan antes de que ocurran las fallas.
- La identificación de tendencias y el diagnóstico mediante la detección de la falla con la máquina en operación permite planificar la intervención.

3.2.3.2. VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

- Se programa el paro para efectuar reparaciones en la fecha más conveniente que incluya lo que respecta a recursos humanos, materiales y equipos.
- Se reduce al mínimo la posibilidad de generar daños a la maquinaria por una falla forzada.

- Permite que una máquina trabaje hasta la inminencia de la falla, hasta la ineficiencia del proceso o los desperfectos del producto obliguen al paro de la maquinaria.
- Evita las fallas catastróficas que puedan requerir del reemplazo total de la maquinaria, constituyen un problema de seguridad para los operadores y el personal y de costos relativamente altos.
- Disminuye las demoras por paradas de los equipos.
- Disminuye los costos asociados al mantenimiento.

3.2.3.3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

La creación y aplicación de un programa de medición y análisis de variables es fundamentales para garantizar la disponibilidad de operación de los equipos.

Existen doce pasos esenciales involucrados en la organización de un Programa de Mantenimiento Predictivo.

- **Paso 1: Factibilidad de aplicación**

El primer paso consiste en determinar la factibilidad de establecer un programa. Este paso se fundamenta en un análisis de la condición de la maquinaria existente en a planta en términos de disponibilidad, Confiabilidad, y tiempos muertos, entre otros. Sin embargo, la factibilidad de un mantenimiento en base a la condición es en función de la cantidad y el tipo de máquinas, además de la experiencia del personal en este tipo de servicio.

- **Paso 2: Selección del Equipo**

El segundo paso, consiste en ubicar el equipo dentro del proceso productivo o sistema operativo, entender su funcionamiento y su filosofía de operación,

en función de establecer cuando puede ser detenido, en oportunidad y frecuencia y su criticidad dentro de la planta.

El objetivo de este paso es abarcar una cantidad de máquinas donde el programa sea operable, tomando en cuenta los requisitos del personal, los cronogramas de producción y el costo de los tiempos muertos, entre otros.

- **Paso 3: Selección de las técnicas de verificación de condición (Matriz de Variables)**

Un paso de suma importancia para la organización del mantenimiento preventivo es la determinación, para cada órgano de las máquinas críticas, de los valores limites de aceptabilidad de las características o variables que queremos medir con el monitoreo (ejemplo, nivel de vibración, espesor de un material, grado de impureza de un lubricante, entre otras).

Esta etapa es importante de establecer los siguientes aspectos.

- Disposición de instrumentos y técnicas capaces de comprobar e! parámetro a ser medido.
- Las variables de medición que indiquen la condición de a máquina y el avance de una falla.
- Establecer períodos de medición que permitan a detección de a falle.
- Definir puntos de medición para obtener valores de medición confiables que permitan una detección de los defectos de la máquina.

- **Paso 4: Implantación del Sistema de Mantenimiento Predictivo**

Una vez establecidas las técnicas óptimas para la verificación de cada unidad de la planta, las mismas son integradas en un programa racional que comprende:

- La definición de cronogramas de monitoreo.

- El diseño de un sistema sencillo para el manejo de datos, a saber.
- Recopilación, registro y análisis de datos.
- Redacción y presentación de informes.
- Un programa de entrenamiento e instrucción para el personal.

Paso 5: Fijación y revisión de datos y límites de condición aceptable

La finalidad de este paso es establecer los niveles normales de los parámetros para la verificación de la condición, que represente un estado aceptable de la máquina. Esto, en realidad, puede establecerse únicamente sobre la base de la experiencia y a los datos históricos. Sin embargo, en las etapas iniciales cuando no se dispone de dichos datos, podrán utilizarse como guía las recomendaciones del fabricante y las tablas de índices generales de severidad correspondientes.

En base a dichos niveles “normales” se establecerán límites de acción que representen un deterioro significativo de la condición y proporcionan una advertencia razonable de falla inminente. Es esencial que los límites fijados sean revisados, según lo determinen la experiencia y los registros de mantenimiento.

Paso 6: Mediciones de referencia de las máquinas

Cuando se inicia un programa de mantenimiento predictivo la condición mecánica de la máquina no es evidente, es necesario establecerla mediante la aplicación de las técnicas de verificación seleccionadas y la comparación entre las mediciones observadas y los límites aceptables preestablecidos. Cuando la condición de la máquina resulta aceptable, esta pasa a formar parte del programa de verificación rutinaria. Las mediciones de referencia

sirven de “patrón”, para la comparación en caso de que se detecte una falta durante la vida útil de la máquina.

- **Paso 7: Medición periódica de la condición**

Se entra en un ciclo de mediciones y comparaciones, en el cual sé monitorea con una frecuencia determinada la condición y se compara su rata de cambio o su tendencia con los límites preestablecidos, éstos últimos pueden reajustarse.

- **Paso 8: Recopilación de datos**

La recopilación de los datos es una actividad de suma importancia y en la cual radica el éxito del resto del plan. La recopilación puede ser simple o compleja: Un sistema simple puede comenzar con un medidor de vibraciones portátil. Efectuando registros manuales de los niveles de vibración a intervalos regulares pueden detectarse tendencias indeseables.

Los programas de mantenimiento predictivo pueden ser ampliados incorporando instrumentos adicionales o integrando el programa a un sistema más sofisticado que incluya colectores de datos automatizados, computadoras y software (programas lógicos). En el caso de máquinas críticas, tal vez se requieran sistemas de supervisión automática y monitoreo continuo.

- **Paso 9: Registro de datos**

El método de registro es tan importante como la recopilación, por tanto se le dará mayor énfasis en las secciones de Organización, programa, método, estándar y reporte de las condiciones monitoreadas.

Paso 10: Análisis de Tendencias

El análisis de tendencias permita mediante a utilización de técnicas sencillas detectar el deterioro del estado de la máquina, mediante el análisis de tendencias de os datos medidos, después de lo cual La máquina será sometida a un posterior análisis de la condición.

Paso 11: Análisis de la condición

Se trata de un análisis profundizado de la condición de la máquina, con la finalidad de confirmar si realmente existe un defecto y llevar a cabo un diagnóstico y pronóstico de la falla, por ejemplo: Tipo de falla, ubicación, medidas correctivas requeridas.

Paso 12: Corrección de las fallas

Una vez diagnosticada la falla, será responsabilidad de departamento de mantenimiento organizar las medidas correctivas. En esta etapa es de suma importancia establecer la causa de la condición de falla y corregirla. Los detalles de a falta identificada deberán ser revertidos al programa con el fin de confirmar el diagnóstico y /o perfeccionar las capacidades de diagnóstico del programa.

3.3. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE MANTENIMIENTO

Estas normas serán más cálculos aproximados que estimaciones, pero medida que se adquieren datos históricos reales y los trabajos se comparan con las estimaciones, e posible afinar estos valore hasta un punto en que las estimaciones de los trabajos más completos puedan realizarse con exactitud.

La filosofía básica de la estimación, es reducir cada tarea a sus elementos de trabajos básicos y establecer valores de tiempo para cada elemento. La suma de los valores de tiempo de cada elemento de una tarea pertenecientes a una unidad de trabajo de la estimación de los tiempos

totales de ejecución de la tarea y por lo tanto si sumamos, los totales de las tareas; se conseguirá la estimación de la unidad de trabajo.

3.4. ASIGNACIÓN DE PRIORIDAD DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTOS

Para que la función de la planificación de trabajo este segura de que sólo se realiza el trabajo necesario; es entonces imprescindible establecer un sistema de prioridades.

Esta actividad da inicio a la fase de programación, la cual consiste en determinar la prioridad para cada trabajo a ejecutar, prioridad se define como el grado de importancia que se asigna a cada trabajo y permite la ubicación de estos trabajos en la programación ordinaria de mantenimiento. En este caso es necesario fijar la importancia relativa de los trabajos de mantenimiento día a día con el fin de que los de mayor importancia sean programados y terminados antes; también se logra con esta asignación; ayuda a la administración del mantenimiento, asignar fondos correctamente para solventar los gastos de mantenimiento.

3.5. INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO

La eficacia de la función se mide a través de un conjunto de indicadores de gestión de mantenimiento, a continuación se cita el concepto que **NIEBEL (1990),** expone al respecto:

> **Un indicador de mantenimiento es un parámetro que permite medir o cuantificar el comportamiento de una variable de mantenimiento. Su control puede detectar las desviaciones, con respecto a los objetivos trazados, tomar decisiones y realizar las acciones correctivas correspondientes. (**Pag.283**)**

De acuerdo con la definición antes citada a continuación se recogen algunos indicadores típicos de gestión de mantenimiento: Confiabilidad, mantenibilidad, costo de mantenimiento, abastecimiento, seguridad,

disponibilidad, tiempo de demoras, porcentaje de Mantenimiento Preventivo, porcentaje de mantenimiento correctivo. Tiempo de paradas por mantenimiento, ejecución de órdenes de trabajos. De acuerdo a lo planteado por **FRANCÉS (2002):**

> **Los indicadores son variables asociadas a los objetivos, que se utilizan para medir su logro y para la fijación de metas y estos pueden ser de carácter cualitativos que miden el desempeño o cuantitativos que miden los efectos obtenidos y el grado de cumplimiento. (Pág.50)**

La disponibilidad es la probabilidad de que un sistema o equipo que es utilizado bajo ciertas condiciones específicas; sin tomar en cuenta el mantenimiento programado o preventivo, opere satisfactoriamente en un tiempo especificado.

Para efecto de esta investigación la disponibilidad será definida por **NAVA (1992)** el cual indica:

> **La disponibilidad es la probabilidad de que un equipo este operando o sea disponible para su uso, durante un período de tiempo determinado. (Pág. 85)**

De acuerdo al planteamiento anterior la disponibilidad es la probabilidad de que un sistema o equipo que es utilizado bajo ciertas condiciones específicas; sin tornar en cuenta el mantenimiento programado o preventivo, opere satisfactoriamente en un tiempo especificado.

La mantenibilidad es la probabilidad de que un sistema que se encuentra en estado de falla sea restaurado a condiciones operacionales satisfactorias, en un tiempo de indisponibilidad especificado, excluyendo los turnos muertos. La efectividad es la probabilidad de que una línea de producción, pueda alcanzar una disponibilidad operacional dentro de un período de tiempo especificado y bajo condiciones de operaciones dadas.

Las paradas regulares son paradas programadas producto de trabajos de mantenimiento a realizarse en una línea de producción, con la preparación de los recursos ideales para la intervención.

Las paradas mayores son planificadas o programadas y se efectúan con un intervalo aproximados de 12 a 18 meses y su duración puede ser de varios días; aquí se planifican todos los recursos necesarios para la intervención mayor con a suficiente antelación para así evitar anormalidades en el proceso.

Las demoras son los tiempos de interrupción del proceso productivo a causa de la falla de algún equipo.

Los costos involucran los montos totales por adquisición de repuestos, materiales, mano de obra contratada, mano de obra propia, contrataciones de servicios, y otros. Para poder cumplir con el proceso de producción de acero.

3.6. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS PESADOS.

3.6.1. CARGADOR FRONTAL EN RUEDAS

El Cargador Frontal, es un equipo tractor, montado en ruedas, que tiene una cuchara de gran tamaño en su extremo frontal. Los cargadores son equipos de carga, acarreo y eventualmente excavaciones en el caso de acarreo solo se recomienda realizarlo en distancias cortas. (Ver Anexo 1).

El uso de cargadores da soluciones modernas a un problema de acarreo y carga de materiales, con la finalidad de reducir los costos y aumentar la producción. En el caso de excavaciones con explosivos, la buena movilidad de este le permite moverse fuera de la de voladura rápidamente y con seguridad; y antes de que el polvo de la explosión se disipe, el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega del material.

Los cucharones del cargador frontal varían en tamaño desde 0.19 m^3 hasta modelo de 19.1 m^3 de capacidad, colmado. El tamaño el cucharón es estrictamente relacionado con el tamaño de la mina.

3.6.1.1. CLASIFICACIÓN

De acuerdo a la forma de efectuar la descarga:

- Descarga Frontal.
- Descarga Lateral.
- Descarga Trasera.

De acuerdo a la forma de rodamiento:

- De Neumáticos (Bastidor rígido o articulado).
- De Orugas.

3.6.2. TRACTOR CON ORUGAS

Máquina para movimiento de tierra con una gran potencia y robustez en su estructura, diseñada especialmente para el trabajo de corte (excavando) y al mismo tiempo empujo con la hoja (transporte). En esta máquina son montados diversos equipos para poder ejecutar su trabajo, además debido a su gran potencia tiene la posibilidad de empujar o apoyar a otras máquinas cuando estas lo necesiten. (Ver Anexo 2).

3.6.2.1. CLASIFICACIÓN

Por su envergadura:

- Pequeños
- Medianos
- Grandes

Por la forma en que mueve su hoja:

- Tildozer
- Push Dozer
- Angledozer
- Tipdozer

<u>De acuerdo a la forma de rodamiento</u>:

- Sobre cadena
- Sobre neumático (Bastidor rígido o articulado)

3.6.2.2. PRINCIPALES COMPONENTES

- Motor.
- Transmisión.
- Las ruedas o las cadenas.
- La dirección de los frenos.
- El bastidor " Sistema hidráulico”.
- Hoja.
- Ripper.
- Cabina.

3.6.3. MOTONIVELADORA

Máquina muy versátil usada para mover tierra u otro material suelto. Su función principal es nivelar, modelar o dar la pendiente necesaria al material en que trabaja. Se considera como una máquina de terminación superficial. Su versatilidad esta dada por los diferentes movimientos de la hoja, como por la serie de accesorios que puede tener. (Ver Anexo 3).

Puede imitar todo los tipos de tractores, pero su diferencia radica en que la motoniveladora es más frágil, ya que no es capaz de aplicar la potencia de movimiento ni la de corte del tractor.

Debido a esto es más utilizada en tareas de acabado o trabajos de precisión. Las motoniveladoras pueden ser arrastradas o automotrices, siendo esta la máquina utilizada y se denomina motoniveladora (motograder).

3.6.3.1. PRINCIPALES COMPONENTES

- Motor.

- Bastidor.
- Tren de potencia.
- Frenos y llantas.
- Eje delantero.
- Eje trasero.
- Hoja y tornamesa (anillo).
- Sistema Hidráulico.
- Cabina.

3.6.4. CAMIÓN ROQUERO DE ACARREO

Están destinados específicamente para trabajos en minas, construcción y canteras. Tienen un tren de fuerza mecánico. Los camiones de mando mecánico sobrecargan el motor cuando están bajo carga en vez de hacerlo funcionar continuamente a la potencia máxima. Esto hace que el tren de fuerza mecánico sea más eficiente y productivo en una amplia gama de condiciones. Estos camiones están adaptados en número de pasadas a los cargadores de ruedas para conseguir tiempos de ciclo más rápidos y aumentar al máximo la productividad. (Ver Anexo 4).

3.6.5. MINICARGADOR FRONTAL

El Minicargador Frontal, es una máquina de construcción compacta altamente versátil. Está diseñado para proporcionar la productividad y confiabilidad en las condiciones de trabajo más severas. Los Minicargadores son diseñados, construidos y respaldados para brindar rendimiento y versatilidad excepcionales, así como facilidad de operación, facilidad de servicio. Estos se han desarrollado para satisfacer las necesidades industriales, en lo que respecta a rendimiento, durabilidad y fiabilidad. La combinación altamente versátil de Minicargadores satisface todas las necesidades de las aplicaciones de construcción, industriales, mineras. (Ver Anexo 5).

CAPÍTULO 4

MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo describe la metodología que se utilizó para la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de la información y los datos numéricos en el desarrollo de este estudio.

4.1. TIPO DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó como una investigación no experimental de tipo descriptivo-evaluativo. Es no experimental debido a que no existió manipulación en forma deliberada de la variable independiente, simplemente se procedió a realizar observaciones de situaciones ya existentes. Es de carácter Descriptivo, porque permitió describir y conocer el funcionamiento cada uno de los equipos pesados que conforman la flota de la Gerencia de P.M.H. y evaluativo dado que uno de sus objetivos consistió en determinar la factibilidad de un plan de mantenimiento predictivo.

4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación corresponde a un diseño de campo y documental. De campo, porque se baso en visitas al área de trabajo para obtener datos e información y observar directamente el grupo o fenómeno estudiado, Documental debido a que la información fue extraída de manuales y

catálogos suministrados por lo proveedores; además de la revisión de trabajos anteriores.

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para efectos del presente estudio se consideraran las definiciones de población y muestra establecidas por **WEIERS (1989)** el cual afirma que la población **"es el total de elementos sobro el cual queremos hacer una inferencia basándonos en la información relativa o la muestra"**. Y la muestra **"la define como la parte de la población que seleccionamos, medimos y observamos".**

La población estuvo integrada por todos los diecinueve (19) equipos pesados de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H) y de esos equipos se estudiarán los sistemas: red de potencia, hidráulico y motor diesel, lo cual corresponde la muestra en estudio.

4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para diseñar el plan de mantenimiento predictivo de los equipos pesados de la Gerencia de P.M.H. de la empresa CVG FERROMINERA ORINOCO, C.A, se emplearon una serie de técnicas y instrumentos tales como:

4.4.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

La observación directa permitió conocer e identificar cada una de las actividades, tecnología, metodologías y procedimientos de mantenimiento realizados en el Taller de Equipos Pesados de la Gerencia de P.M.H.

4.4.2. ENTREVISTAS

Se realizaron entrevistas a los supervisores de mantenimiento y personal que labora en el Taller de Equipos Pesados con la finalidad de obtener una

información no sesgada, precisa y detallada acerca de las fallas, labores de mantenimiento y funcionamiento de los equipos, por medio de una serie de preguntas abiertas y aleatorias surgidas de las necesidades pertinentes a dudas o temas específicos, que permitieron realizar un diagnóstico de la situación actual.

4.4.3. REVISIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

La revisión de material bibliográfico incluye la revisión de: Manuales y catálogos suministrados por los proveedores, la revisión de textos de consulta e informes de pasantía con el fin de complementar los fundamentos teóricos del presente informe, la consulta a referencias electrónicas (Intranet de FMO y Internet) y la revisión de planes de mantenimiento predictivos realizados a equipos similares, los cuales contribuyeron a complementar la información y sustentar teóricamente la propuesta.

4.4.4. PAQUETES COMPUTARIZADOS

Para el desarrollo, obtención, codificación de los datos, así como la estructuración formal del proyecto de grado, se utilizaron como apoyo los paquetes computarizados Word, Power Point y Excel.

4.5. PROCEDIMIENTO

Para poder cumplir con los objetivos planteados en este estudio se realizaron una serie de pasos que permitieron la obtención de la información necesaria para la realización del plan de mantenimiento predictivo, estos pasos son los siguientes:

5.1. Primeramente se recolectaron información técnica de los sistemas Hidráulicos, red de potencia y motor diesel de los equipos pesados de la Gerencia de P.M.H. desde la lógica de funcionamiento hasta el despiece de sus componentes.

5.2. Se investigaron los tipos de mantenimiento predictivo que se están efectuando en equipos pesados similares utilizados en otras empresas de la Región de Guayana, como: Sidor, Bauxilum, etc.

5.3. Se analizó la disponibilidad y confiabilidad de los equipos pesados.

5.4. Se analizó la criticidad de los distintos equipos.

5.5. Se realizó un análisis estadístico en función de las fallas y demoras presentadas por los equipos.

5.6. Se efectuó un análisis de la fuerza laboral con que cuenta el Taller de Equipos Pesados, en términos de capacidad y capacitación para realizar las labores de mantenimiento.

5.7. Se identificaron el conjunto de variables operacionales que intervienen en el funcionamiento de los equipos, resumida a través de una matriz de variables.

5.8. Se determinó la factibilidad de la realización de un programa de mantenimiento predictivo a los equipos pesado.

5.9. Se determinó a cuales equipos se les puede establecer un programa de mantenimiento predictivo, en términos de factibilidad.

5.10. Se fijaron para cada sistema estudiado, los valores límites y normales de aceptabilidad de las características o variables que se miden con el monitoreo.

5.11. Se crearon los estándar de inspección de los equipos en estudio con base en la matriz de variables que intervienen en el proceso, determinando la frecuencia óptima de inspección considerando la criticidad de la maquina, disponibilidad, diseño, funcionamiento y estadística de fallas.

5.12. Se definió las inspecciones rutinarias y especiales de los equipos, y se diseñaron los formatos de inspección tanto administrativos como de recolección de datos de campo.

5.13. Se diseñó el plan de mantenimiento predictivo de los equipos en estudio.

CAPÍTULO 5

SITUACIÓN ACTUAL

5.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL TALLER DE EQUIPOS PESADOS

El Taller de Equipos Pesados le presta servicios de mantenimiento correctivo y preventivo a una flota de 19 equipos pesados, pertenecientes a la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H.); comprendido por Cargadores Frontales, Tractores de Oruga, Camiones Roqueros, Minicargadores Frontales y Motoniveladora.

Con la finalidad de analizar la gestión de mantenimiento del taller y el comportamiento de los equipos pesados, se procedió a estudiar separadamente la flota total en cada uno de sus componentes, en un período de 9 meses (del 1/05/2004 al 28/02/2005); debido a que estos, son diferentes en funcionamiento, número de partes y frecuencia de mantenimiento.

5.1.1. CARGADORES FRONTALES

La Gerencia de PMH cuenta con tres modelos de Cargadores Frontales para realizar las distintas labores de carga y acarreo de material; los cuales son los siguientes:

- *Cargador Frontal 988 F*
- *Cargador Frontal 992 C y D*

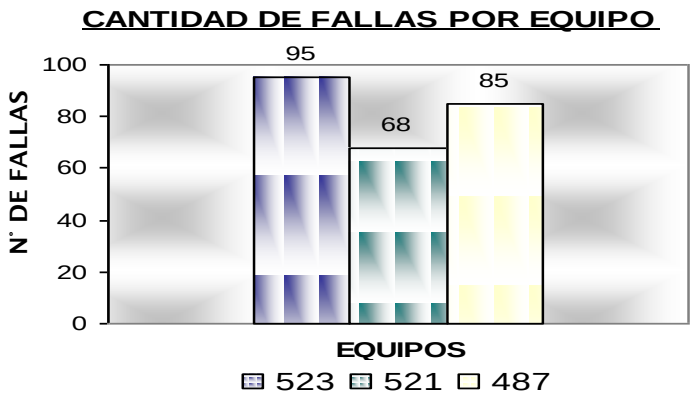
- *Cargador Frontal 928 F y G*

5.1.1.1. CARGADOR FRONTAL 988 F

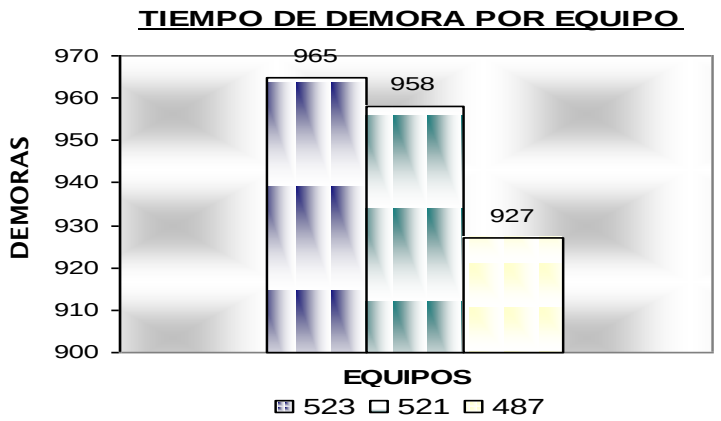
Se cuenta con tres (3) equipos 988 F, enumerados con los códigos 004-0521, 004-0523, 004-0487, (Ver tabla 5.1). Debido a esto, es conveniente iniciar el análisis definiendo cual de los cargadores presenta mayores problemas; en relación al número de fallas presentadas y las demoras por concepto de mantenimiento de cada uno de estos, ocurridas en el período de estudio (Ver Gráficas 5.1 y 5.2).

CODIGO F.M.O	DESCRIPCIÓN	MODELO	MARCA	CAPACIDAD	F. ADQ	HT DIARIAS
004-0487	Cargador Frontal	988 F	Caterpillar	6.1 m^3	Dic-96	24
004-0521	Cargador Frontal	988 F	Caterpillar	6.1 m^3	Jun-01	24
004-0523	Cargador Frontal	988 F	Caterpillar	6.1 m^3	Jun-01	24

Tabla 5.1 Características de la Flota de Cargadores Frontales 988 F



Gráfica 5.1 Cantidad de Fallas por Cargador Frontal 988 F



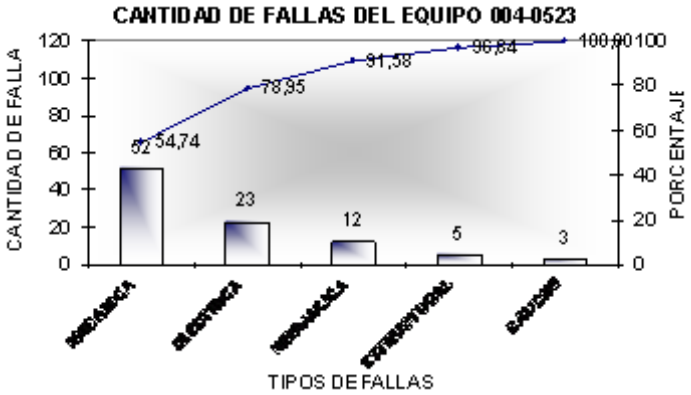
Gráfica 5.2 Tiempo de Demoras por Mantenimiento de los Cargadores 988 F

Se puede evidenciar en la Gráfica 5.1 y 5.2 que el Cargador Frontal 988 F menos confiable y el que impacta mas sobre el proceso es el 004-0523, ya que este, es el que presentó mayor cantidad de fallas y demoras en el período de estudio.

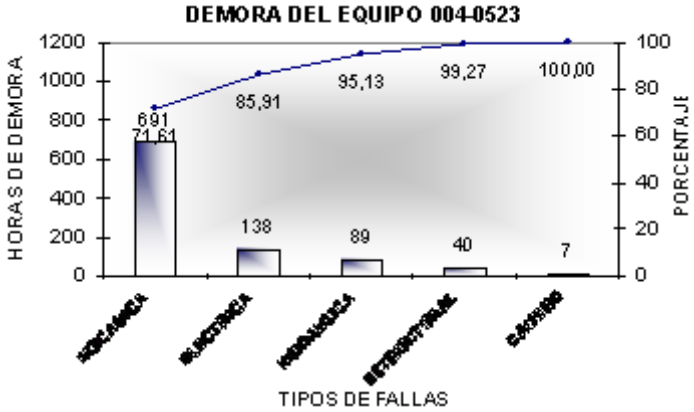
Debido a que el equipo 004-0523 es el más crítico se procederá hacer un análisis por tipo de fallas de este cargador, clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural y caucho; con el objetivo de determinar cual de estos tipos, es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras. (Ver tabla 5.2)

TIPO DE FALLAS CARGADORES FRONTALES 004-0523					
MECÁNICA	**HIDRÁULICA**	**ELÉCTRICA**	**ESTRUCTURAL**	**CAUCHO**	**TOTAL**
Número de Fallas					
52	12	23	5	3	95
Demora					
691	138	89	40	7	965

Tabla 5.2. Tabla de Cantidad y Demoras de las Fallas por Tipo. Equipo 004-0523



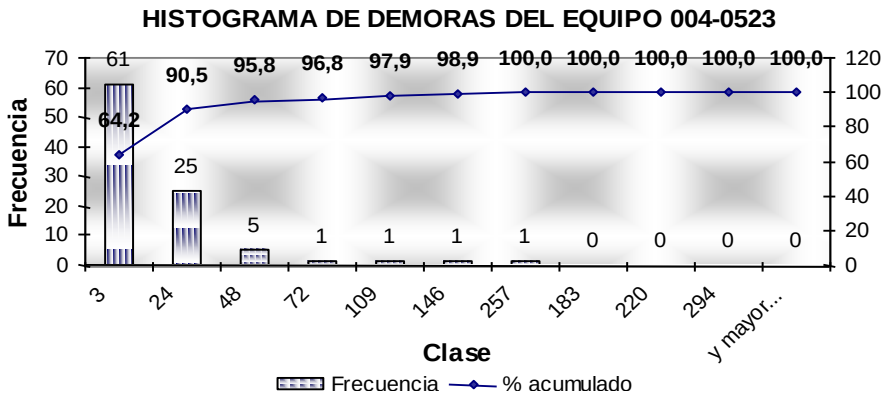
Gráfica 5.3 Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Equipo 004-0523



Gráfica 5.4. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Equipo 004-0523

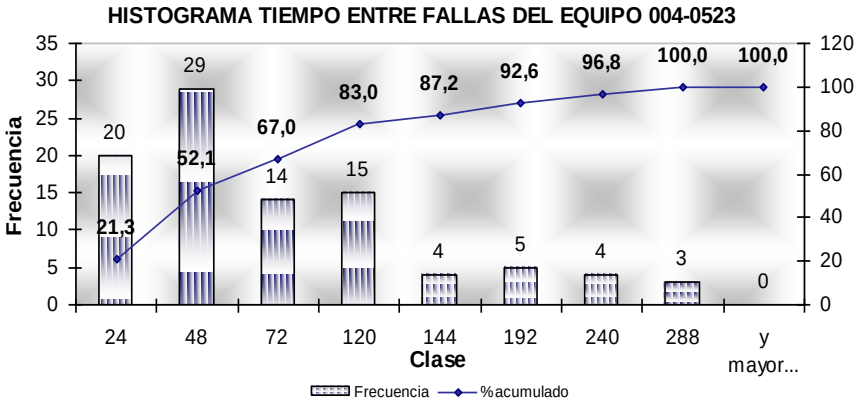
Se puede observar a través de las Gráficas anteriores (5.3 y 5.4) que el 54,8 % de las fallas que presenta el equipo 004-0523 son del tipo mecánicas, seguidas por las eléctricas con un 24,2% y que estas ocasionan el 71,6 % y 14,3 % de las demoras totales presentadas por el equipo en el período de estudio. Esto quiere decir que la parte mecánica del equipo es la que esta afectando significativamente la confiabilidad y disponibilidad del Cargador Frontal.

Es importante ahora determinar los tiempos de demoras originados por las acciones de mantenimiento y los tiempos entre cada falla de este equipo, a través de la realización de un histograma de frecuencia para la totalidad de estos tiempos en el período de estudio.



Gráfica 5.5. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Cargador Frontal 004-523.

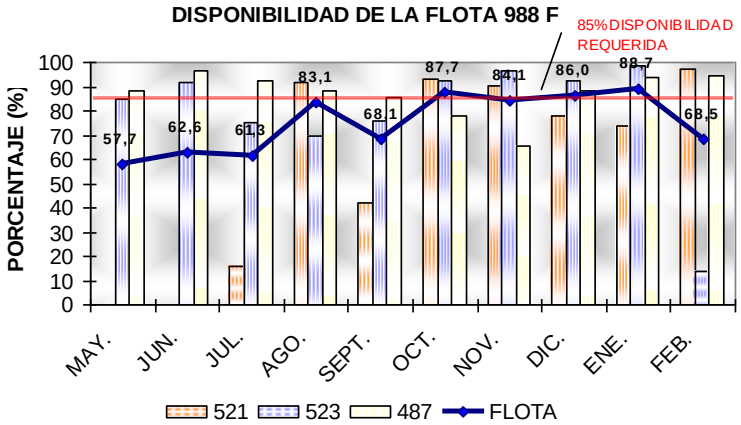
En la Gráfica 5.5 se puede observar que el 64% de las actividades de mantenimiento son realizadas en un tiempo menor o igual a 3 horas y que el 90,5% de estas son ejecutadas en un tiempo menor o igual a 24 Horas. Esto quiere decir que la mayoría de las fallas presentadas por el equipo son corregidas rápidamente; lo cual indica eficiencia en la reparación de las fallas.



Gráfica 5.6. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas, Equipo 004-0523

La Gráfica 5.6 refleja el comportamiento de los tiempos entre falla, el cual revela que en un 67% el equipo presenta alguna tipo de falla en un tiempo menor o igual a 72 horas (3 días). Además el Histograma indica una media de 66 horas. Esto representa una alta frecuencia de falla del equipo, lo cual indica una baja confiabilidad.

El cantidad de fallas y las demoras productos de las actividades de mantenimiento de cada equipo, influyen directamente en la disponibilidad de la flota para realizar sus labores de acarreo, para la cual se requiere que estos posean una disponibilidad mínima de 85%. Es por ello que a través de los datos anteriores se procedió a calcular la disponibilidad de la flota de Cargadores Frontales 988 F en el período de estudio, para determinar si estos están cumpliendo con las exigencias de la planta.



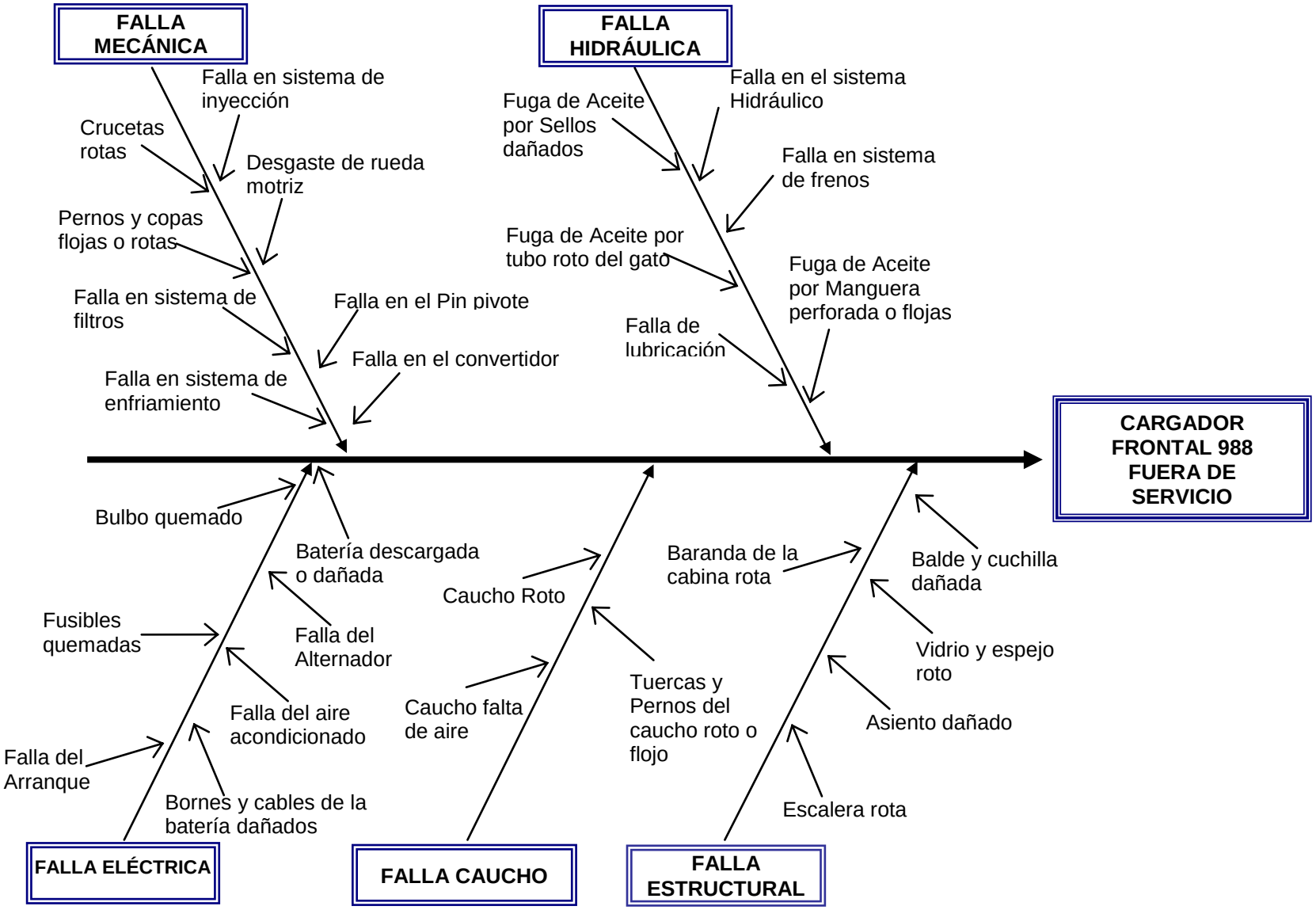
Gráfica 5.7. Disponibilidad de la Flota de Cargadores Frontales 988 F

En la Gráfica 5.7 se puede observar que la flota de Cargadores Frontales 988 F, en gran parte de los meses de estudio, no poseen la disponibilidad requerida, debido a que algunos de los equipos que conforman la flota presentó fallas, que le obligó a permanecer accidentado por largos períodos de tiempo, por algunas de las razones que se exponen en la Gráfica 5.53. en la cual destaca la falta de repuestos, maquinas y herramientas en el taller para realizar el mantenimiento. Lo cual ocasiona que la flota de Cargadores Frontales 988 F no cumpla con las exigencias de disponibilidad de la Gerencia de PMH.

Debido a la alta criticidad de los Cargadores Frontales 988 F en cuanto al cumplimiento de los requerimientos de disponibilidad de la planta, se ve en la necesidad de realizar a los equipos 988 F un mantenimiento que permita tener información del estado de las máquinas, mediante programas de

medición y análisis de las variables operacionales, con el objetivo de predecir las fallas antes de que esta ocurra, y así poder tomar todas las acciones preventivas, para que estas, sea reparada en el menor tiempo posible y garantizar la máxima disponibilidad operativa de los cargadores 988.

Las fallas más comunes que presentan los Cargadores Frontales 988 F de la Gerencia de PMH se expresan a través del siguiente diagrama de espina de pescado. (Ver grafica 5.8)



Gráfica 5.8. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de la Flota de Cargador Frontal 988

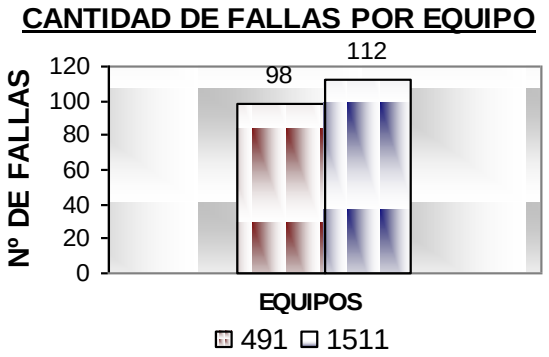
5.1.1.2. CARGADOR FRONTAL 992 D Y C

La Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro cuenta con dos (2) Cargadores Frontales 992, uno modelo 992 D identificado con el número 004-0491 y el otro modelo 992 C identificado con 004-1511 (Ver tabla 5.3).

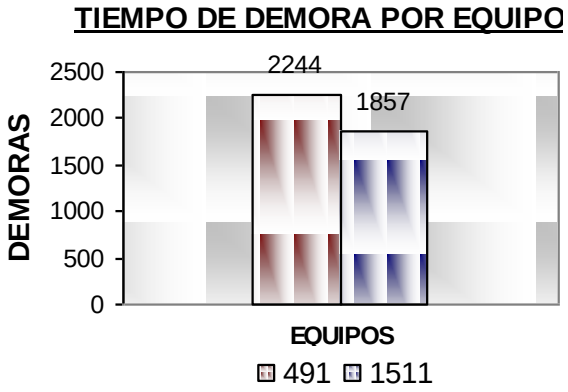
CODIGO F.M.O	DESCRIPCIÓN	MODELO	MARCA	DF. ADQ	HT DIARIAS
004-0491	Cargador Frontal	992 D	Caterpillar	Dic-96	24
004-1511	Cargador Frontal	992 C	Caterpillar	Mar-90	24

Tabla 5.3. Características de la Flota de Cargadores Frontales 992 D y C.

El análisis se iniciará definiendo cual de los cargadores es el más crítico, en función del numero de fallas y demoras presentadas por estos en el período de estudio.



Gráfica 5.9 Cantidad de Fallas por Cargador Frontal 992 D y C.



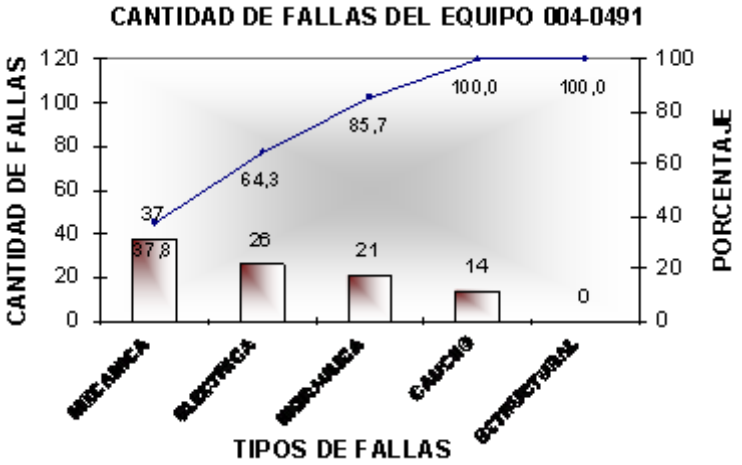
Gráfica 5.10 Tiempo de Demoras por Mantenimiento de los Carg. 992 D y C.

Se puede observar en la Gráfica 5.9 y 5.10 que aun cuando el Cargador Frontal 004-1511, fue la menos confiable por presentar la mayor cantidad de fallas, el equipo que impactó más significativamente en el proceso, fue el Cargador Frontal 004-0491 por originar la mayor cantidad de demoras en el período de estudio.

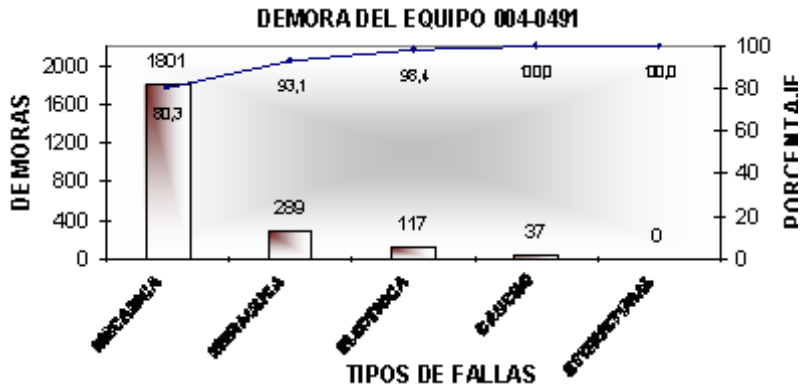
Debido a que el Cargador Frontal 004-0491 es el ocasiona mayores problemas, se procederá hacer un análisis por tipo de fallas de este cargador, clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural y caucho; con el objetivo de determinar cual de estos tipos de fallas es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

TIPO DE FALLAS CARGADOR FRONTAL 004-0491					
MECÁNICA	HIDRÁULICA	ELÉCTRICA	ESTRUCTURAL	CAUCHO	TOTAL
Cantidad de Fallas					
37	21	26	0	14	98
Demora					
1801	289	117	0	37	2244

Tabla 5.4. Tabla de Cantidad y Demoras de las Fallas en el Cargador 004-0491.



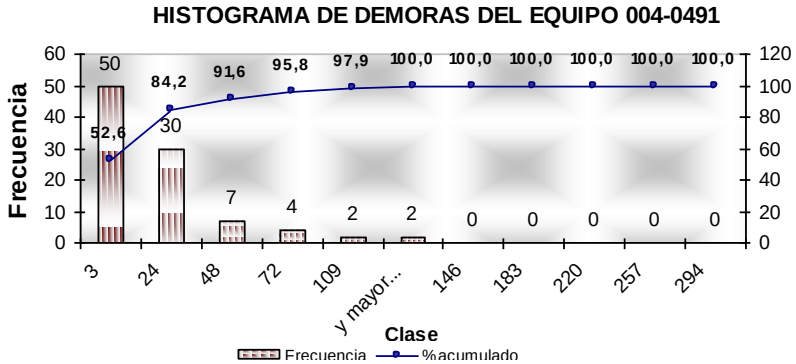
Gráfica 5.11. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Equipo 004-0491.



Gráfica 5.12 Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Equipo 004-0491

Se puede evidenciar a través de las Gráficas 5.11 y 5.12 que el 37,8 % de las fallas que presenta el equipo 004-0491 son del tipo mecánicas, seguidas por las eléctricas con un 26,5% y hidráulicas con 21,4 % , y que estas ocasionan el 80,3 %, 5,3% y 12,8 % de las demoras totales presentadas por el equipo en el período de estudio. Esto indica que la parte mecánica del Cargador es la que esta afectando mayormente la confiabilidad y disponibilidad del mismo.

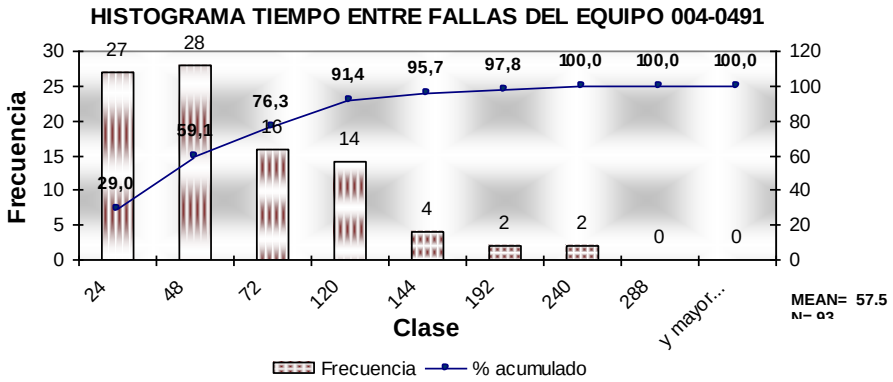
El siguiente paso es realizar un histograma de frecuencia para el tiempo de duración de las fallas, es decir, los tiempos de demoras originados por las acciones de mantenimiento y los tiempos entre cada falla del Cargador Frontal 004-0491, en el período de estudio.



Gráfica 5.13 Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Cargador 004-0491

En la Gráfica 5.13 se puede apreciar que el 52,6% de las actividades de mantenimiento son realizadas en un tiempo menor o igual a 3 horas y

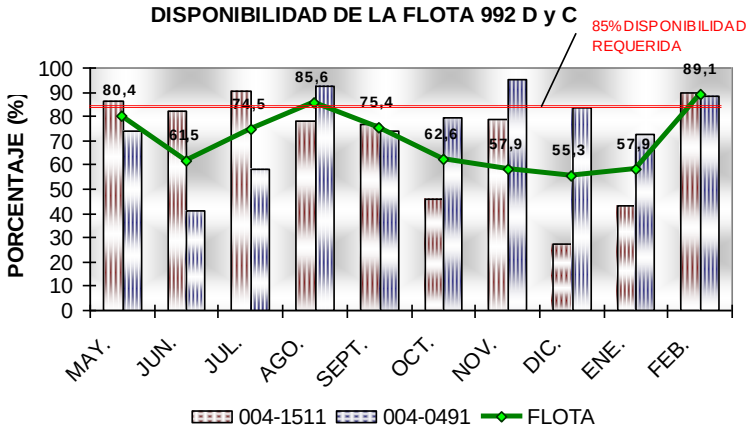
que el 84,2% de estas son ejecutadas en un tiempo menor o igual a 24 Horas. Esto indica que la mayor parte de las fallas ocurridas en el cargador son reparadas por el personal de mantenimiento rápidamente; lo cual revela eficiencia en la reparación de las fallas.



Gráfica 5.14 Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas 004-0491

La Gráfica 5.14 refleja el comportamiento de los tiempos entre falla, el cual indica que en un 76,3% el equipo presenta alguna tipo de falla en un tiempo menor o igual a 72 horas (3 días) y que existe una probabilidad de 91,4% de que el equipo presente alguna falla en menos o igual a 120 horas (5 días). Además el Histograma muestra una media de 57,5 horas. Esto refleja una alta frecuencia de falla y una baja confiabilidad del equipo.

Por último se determinó si la flota de Cargadores Frontales 992 C y D, esta cumpliendo con la disponibilidad requerida por la Gerencia de procesamiento de mineral de hierro que es de 85%.

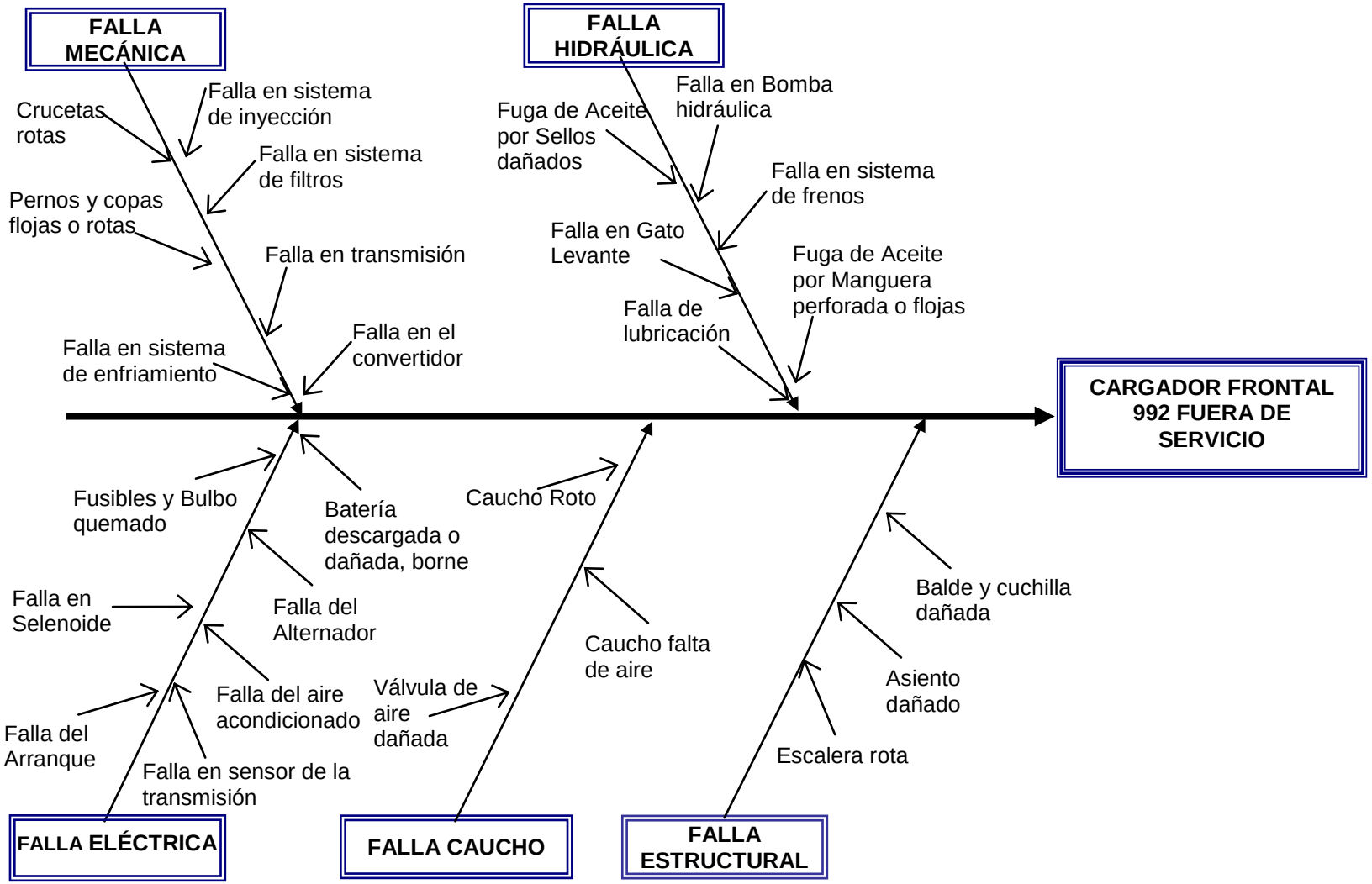


Gráfica 5.15 Disponibilidad de la Flota de Cargadores Frontales 992 D y C

En la Gráfica 5.15 se puede evidenciar que la flota de Cargadores Frontales 992 D y C, no cumplen en la mayoría de los meses de estudio con la disponibilidad demandada por la Gerencia de PMH, a causa de que siempre algunos de los equipos que conforman la flota presentó fallas, que le obligó a permanecer accidentado por largos períodos de tiempo, por algunas de las razones que se exponen en la Gráfica 5.53. Lo cual ocasiona que la flota de Cargadores Frontales 992 D y C no cumplan con las exigencias de disponibilidad de la Gerencia.

Debido a la alta criticidad de los Cargadores Frontales 992 D y C en cuanto al cumplimiento de los requerimientos de disponibilidad de la planta, se ve en la necesidad de realizar a los equipos 992 D y C un mantenimiento que permita la detección de las fallas antes de que estas ocurran, con la finalidad de tomar todas las medidas pertinentes para corregir estas en el menor tiempo posible, y así aumentar la disponibilidad de los Cargadores 992 D y C.

Las fallas más comunes que presentan los Cargadores Frontales 992 D y C de la Gerencia de PMH se expresan a través del siguiente diagrama de espina de pescado. (Ver grafica 5.16)



Gráfica 5.16. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de la Flota de Cargador Frontal 992

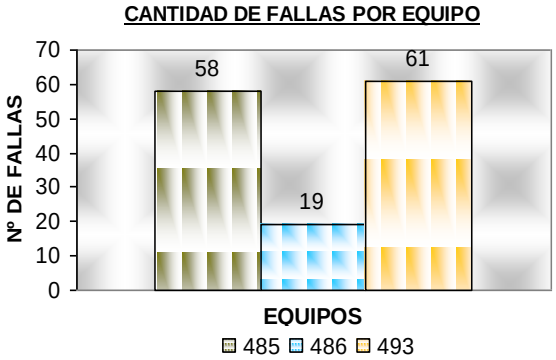
5.1.1.3. CARGADOR FRONTAL 928 F

La Gerencia de PMH cuenta con (3) Cargadores Frontales 928 F y G, enumerados con los códigos 004-0485, 004-0486, 004-0493 (Ver tabla 5.5).

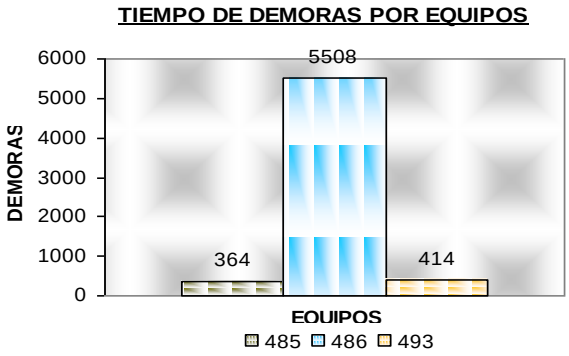
CODIGO F.M.O	DESCRIPCIÓN	MODELO	MARCA	CAPACIDAD	F. ADQ	HT DIARIAS
004-0485	Cargador Frontal	928 F	Caterpillar	2.0 m^3	Dic-96	16
004-0486	Cargador Frontal	928 F	Caterpillar	2.0 m^3	Dic-96	16
004-0493	Cargador Frontal	928 G	Caterpillar	2.6 m^3	Nov-98	16

Tabla 5.5. Características de la Flota de Cargadores Frontales 928 F y G

Debido a esto es conveniente, iniciar el análisis definiendo cual de los cargadores presenta mayores problemas; en relación al número de fallas presentadas y las demoras por concepto de mantenimiento de cada uno de estos, ocurridas en el período de estudio. (Ver gráficas 5.17 y 5.18)



Gráfica 5.17 Cantidad de Fallas por Cargador Frontal 928 F y G



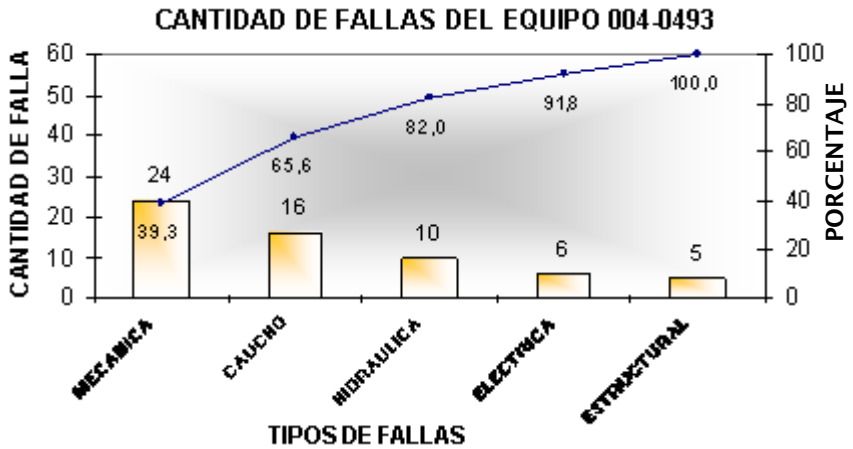
Gráfica 5.18 Tiempo de Demoras por Mantenimiento. Cargadores 928 F/G

Se evidencia en la Gráfica 5.17 que el Cargador Frontal 928 F y G que presentó mayor cantidad de fallas fue el 004-0493, por lo que este es el menos confiable.

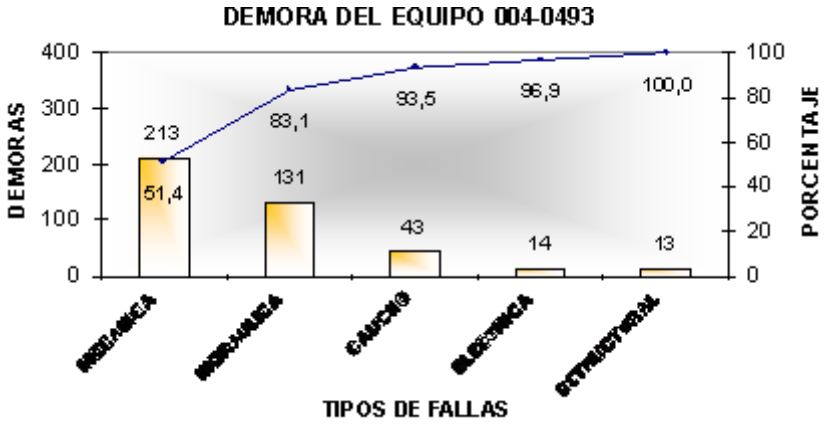
En la Gráfica 5.18 se observa que el equipo que impacto más sobre el proceso fue el 004-0486 por presentar el mayor tiempo de demora, pero debido a que esta, es producto de que el equipo se encontró accidentado por varios meses, se considera como el cargador mas problemático al 004-0493. Por lo tanto se procederá a hacer un análisis por tipo de fallas de este cargador, clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural y caucho; con el objetivo de determinar cual de estos tipos de fallas es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

TIPO DE FALLAS CARGADORES FRONTALES 004-0493					
MECÁNICA	HIDRÁULICA	ELÉCTRICA	ESTRUCTURAL	CAUCHO	TOTAL
Número de Fallas					
24	10	6	5	16	61
Demora					
213	131	14	13	43	414

Tabla 5.6. Tabla de Cantidad y Demoras de las Fallas del Cargador 004-0493



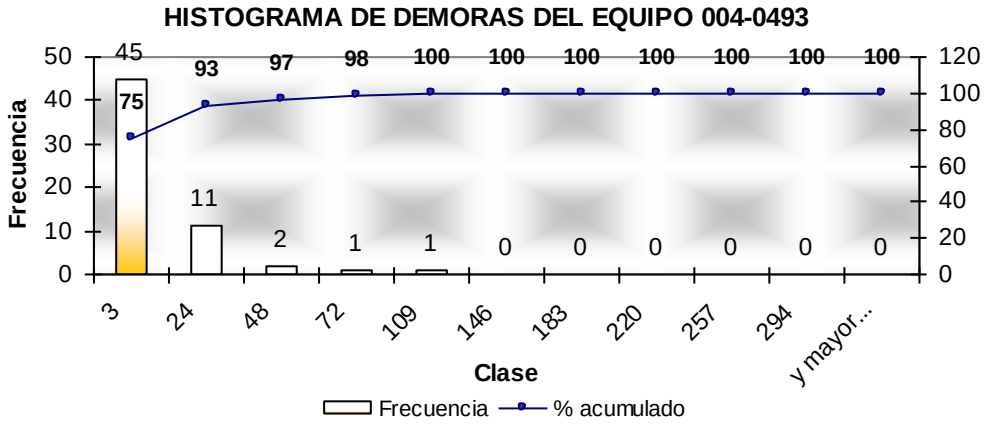
Gráfica 5.19. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Cargador 004-0493



Gráfica 5.20. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas, Cargador 004-0493.

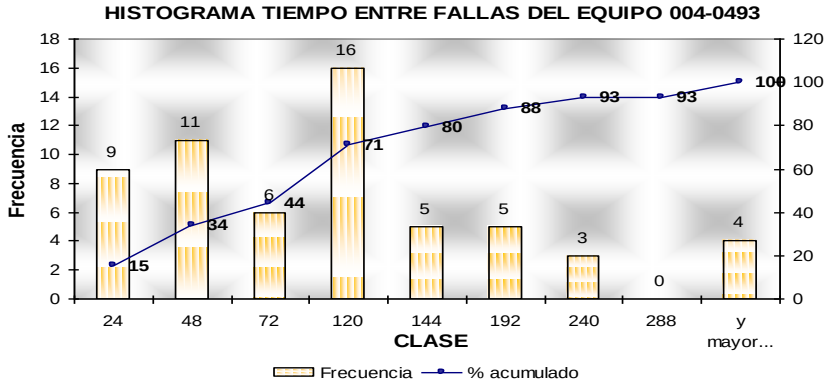
Se puede observar a través de las Gráficas anteriores (5.19 y 5.20) que el mayor numero de fallas que presentó el equipo 004-0493 son del tipo mecánicas con un 39,3 %, seguidas por las de caucho con un 26,3 % y las de tipo hidráulicas con 16,4 %, ocasionando estas el 51,4 %, 10, 4% y 31,6% de las demoras totales presentadas por el equipo en el período de estudio. Esto quiere decir que la parte mecánica del cargador es la que esta afectando significativamente la confiabilidad y disponibilidad del mismo.

Es importante ahora determinar los tiempos de demoras originados por las acciones de mantenimiento y los tiempos entre cada falla de este equipo, a través de la realización de un histograma de frecuencia para la totalidad de estos tiempos en el período de estudio.



Gráfica 5.21. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento, Cargador 004-0493

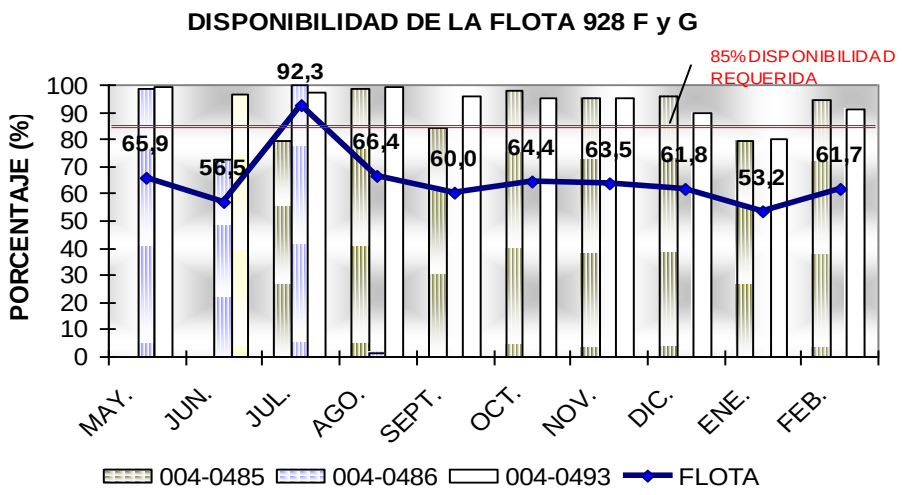
En la Gráfica 5.21 se puede observar que el 75% de las actividades de mantenimiento son realizadas en un tiempo menor o igual a 3 horas y que el 93% de estas son ejecutadas en un tiempo menor o igual a 24 Horas. Esto significa que el personal de mantenimiento del taller es eficiente en la reparación de las fallas, debido a que la mayoría de estas son corregidas rápidamente.



Gráfica 5.22. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas, Cargador 004-0493

La Gráfica 5.22 refleja el comportamiento de los tiempos entre falla, el cual revela que en un 80% el equipo presenta alguna tipo de falla en un tiempo menor o igual a 144 horas (6 días). Además el Histograma, indica una media de 110,8 horas. Esto muestra una moderada frecuencia de fallas del equipo.

Por último se comprobó si la flota de Cargadores Frontales 928 F y G, esta cumpliendo con la disponibilidad requerida por la Gerencia de PMH que es de 85%.

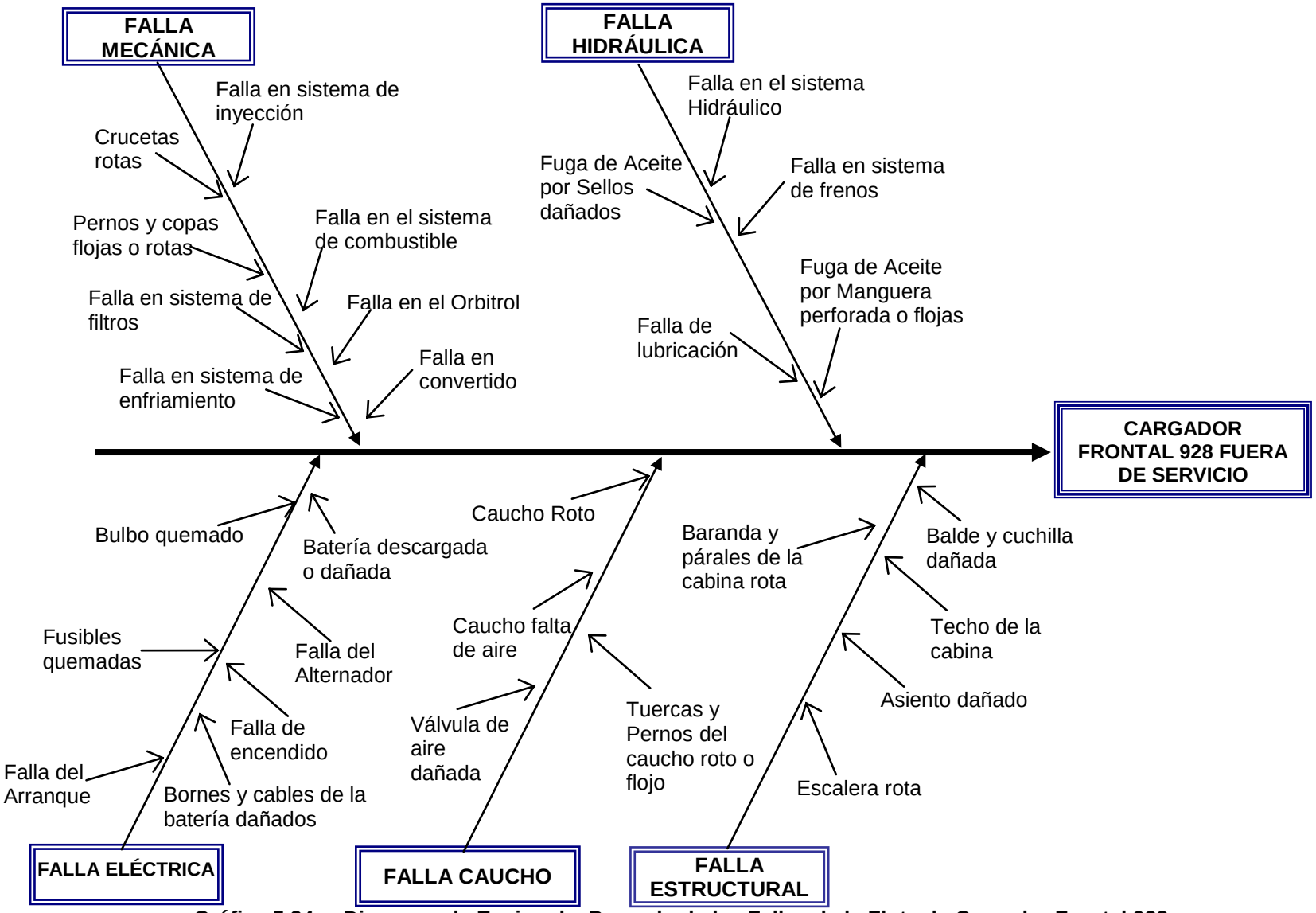


Gráfica 5.23 Disponibilidad de la Flota de Cargadores Frontales 928 F y G

En la Gráfica 5.23 se puede evidenciar que la flota de Cargadores Frontales 928 F, solo en uno de los meses de estudio posee la disponibilidad requerida, debido a que el cargador 004-0486 permaneció en la mayoría de los meses accidentado, por algunas de las razones que se exponen en la Gráfica 5.53. lo que influye directamente en la disponibilidad de la flota, ocasionando que los Cargadores Frontales 928 F y G no cumplan con las exigencias de disponibilidad de la Gerencia de PMH.

A causa de la criticidad de los Cargadores Frontales 928 F y G en cuanto al cumplimiento de los requerimientos de disponibilidad de la Gerencia de PMH, se ve en la necesidad de ejecutar a los equipos 928 F y G un mantenimiento que permita tener información del estado de las maquinas, con el objetivo de predecir las fallas antes de que esta ocurra, y así poder tomar todas las acciones pertinentes, para que estas, sea reparada en el menor tiempo posible y garantizar la máxima disponibilidad operativa de los Cargadores 928.

Las fallas más comunes que presentan los Cargadores Frontales 928 F y G, se expresan a través del siguiente diagrama de espina de pescado. (Ver gráfica 5.24)



Gráfica 5.24 Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de la Flota de Cargador Frontal 928

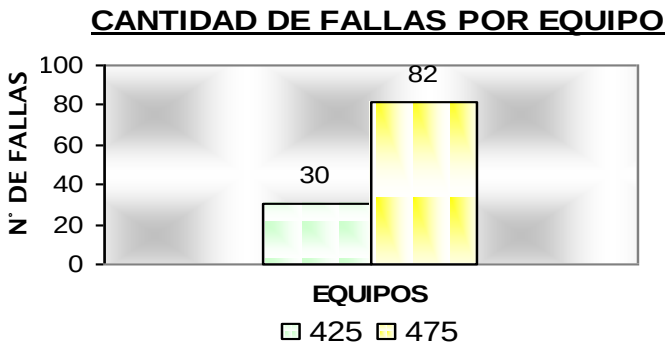
5.1.2. TRACTOR CON ORUGA

La Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro cuenta con dos (2) Tractores con Orugas, uno modelo D8N identificado con el número 004-0425 y el otro modelo D9L identificado con 004-0475 (Ver tabla 5.7) utilizados para trabajos de Plows.

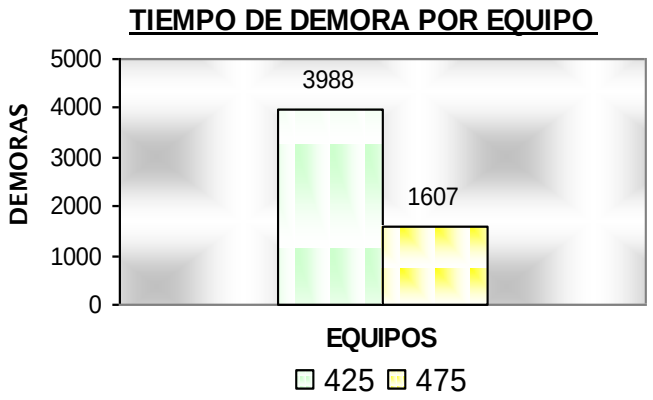
CODIGO F.M.O	DESCRIPCIÓN	MODELO	MARCA	CAPACIDAD	F. ADQ	HT DIARIAS
004-0425	Tractor con Oruga	D8N	Caterpillar	18' 3"	Mar-90	24
004-0475	Tractor con Oruga	D9L	Caterpillar	17' 5"	Jul-87	24

Tabla 5.7 Características de la Flota de Tractores con Orugas.

El análisis se iniciará definiendo cual de los Tractores con Orugas presenta mayores problemas, por lo que se estudió el comportamiento de estos equipos en un período de 9 meses.



Gráfica 5.25. Cantidad de Fallas por Tractor con Oruga.



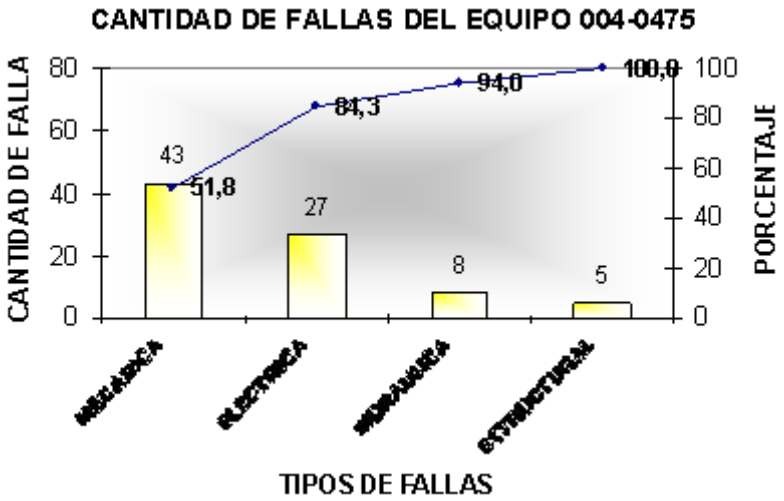
Gráfica 5.26. Tiempo de Demoras por Mantenimiento de los Tractores.

Se puede observar en la Gráfica 5.25 que el Tractor con Oruga menos confiable es el 004-0475, debido a que presentó la mayor cantidad de fallas.

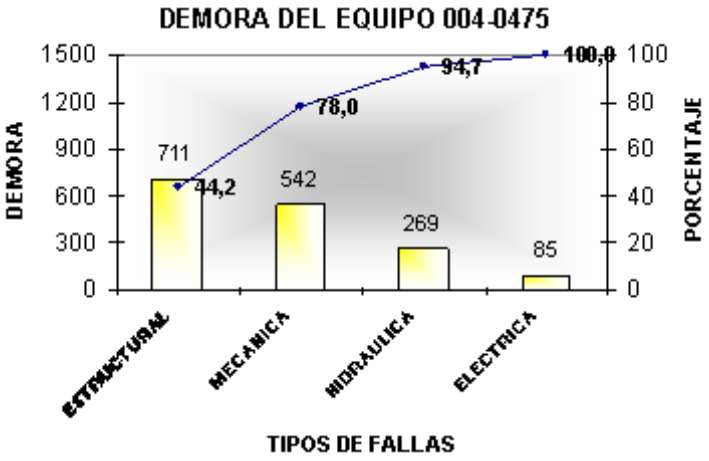
En la Gráfica 5.26 se puede evidenciar que el equipo que impacto más sobre el proceso fue el 004-0425 por presentar el mayor tiempo de demora, pero debido a que esta, es producto de que el equipo se encontró accidentado por varios meses, se considera como el Tractor más critico al 004-0475. Por lo tanto se procederá a hacer un análisis por tipo de fallas de este Tractor, clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica y estructural; con el objetivo de determinar cual de estos tipos de fallas es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

TIPO DE FALLAS TRACTOR CON ORUGA 004-0475				
MECÁNICA	HIDRÁULICA	ELÉCTRICA	ESTRUCTURAL	TOTAL
Cantidad de Fallas				
43	8	27	5	46
Demora				
542	269	85	711	1607

Tabla 5.8. Tabla de Cantidad y Demoras de las Fallas del Tractor con Oruga. Equipo 004-0475.



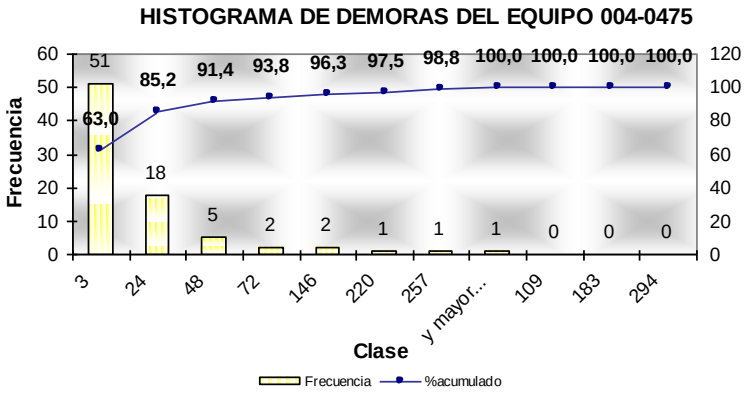
Gráfica 5.27. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Tractor con Oruga 004-0475.



Gráfica 5.28. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Equipo 004-0425

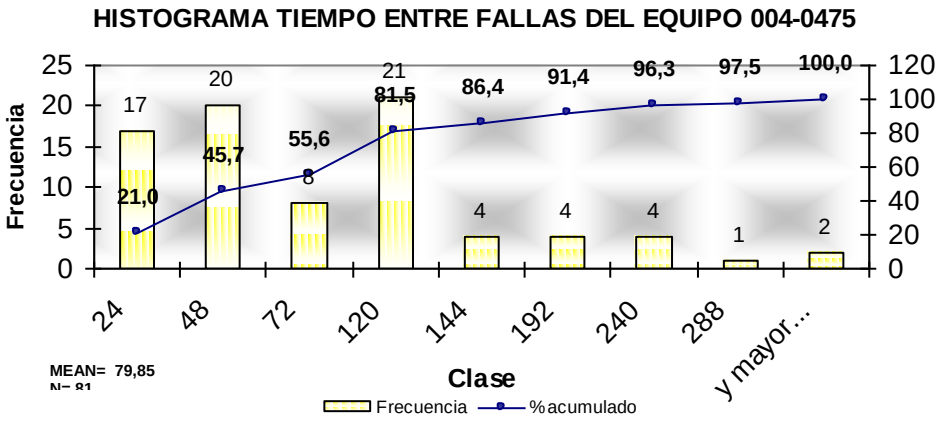
Se puede evidenciar a través de la Gráfica 5.27 que el 51,8 % de las fallas que presenta el equipo 004-0475 son del tipo mecánicas, seguidas por las eléctricas con un 32,5%. En la Gráfica 5.28 se observa, que las mayores demoras producidas por concepto de mantenimiento son producto de fallas estructurales y mecánicas con un 44,2 y 33,7 % de la demora total. Por lo tanto Gráficas anteriores indican que la parte mecánica del equipo es la que esta afectando mayormente la confiabilidad del Tractor y la estructural la disponibilidad del equipo.

El siguiente paso es realizar un histograma de frecuencia para el tiempo de duración de las fallas, es decir, los tiempos de demoras originados por las acciones de mantenimiento y los tiempos entre cada falla del Tractor con Oruga 004-0475, en el período de estudio.



Gráfica 5.29. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Tractor 004-0475

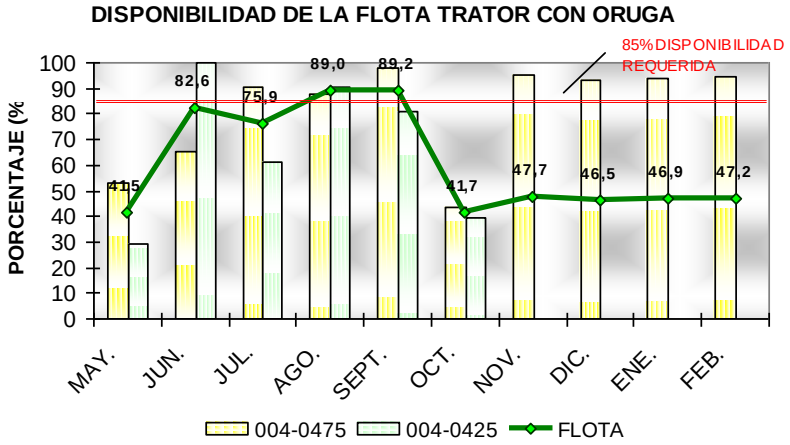
En la Gráfica 5.29 se puede apreciar que el 63% de las actividades de mantenimiento son realizadas en un tiempo menor o igual a 3 horas y que el 85,2% de estas son ejecutadas en un tiempo menor o igual a 24 Horas. Esto indica que la mayoría de las fallas presentadas por el equipo son corregidas por el personal encargado del mantenimiento rápidamente; lo cual representa eficiencia en la reparación de las fallas.



Gráfica 5.30. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas. Tractor 004-0475.

La Gráfica 5.30 refleja el comportamiento de los tiempos entre falla, el cual indica que en un 55,6% el equipo presenta alguna tipo de falla en un tiempo menor o igual a 72 horas (3 días) y que existe una probabilidad de 81,5% de que el equipo presente alguna falla en menos o igual a 120 horas (5 días). Además el Histograma revela una media de 79,8 horas; lo cual representa una alta frecuencia de falla del equipo.

Por último se determinó si la flota de Tractores con Orugas, esta cumpliendo con la disponibilidad requerida por la Gerencia de procesamiento de mineral de hierro que es de 85%.

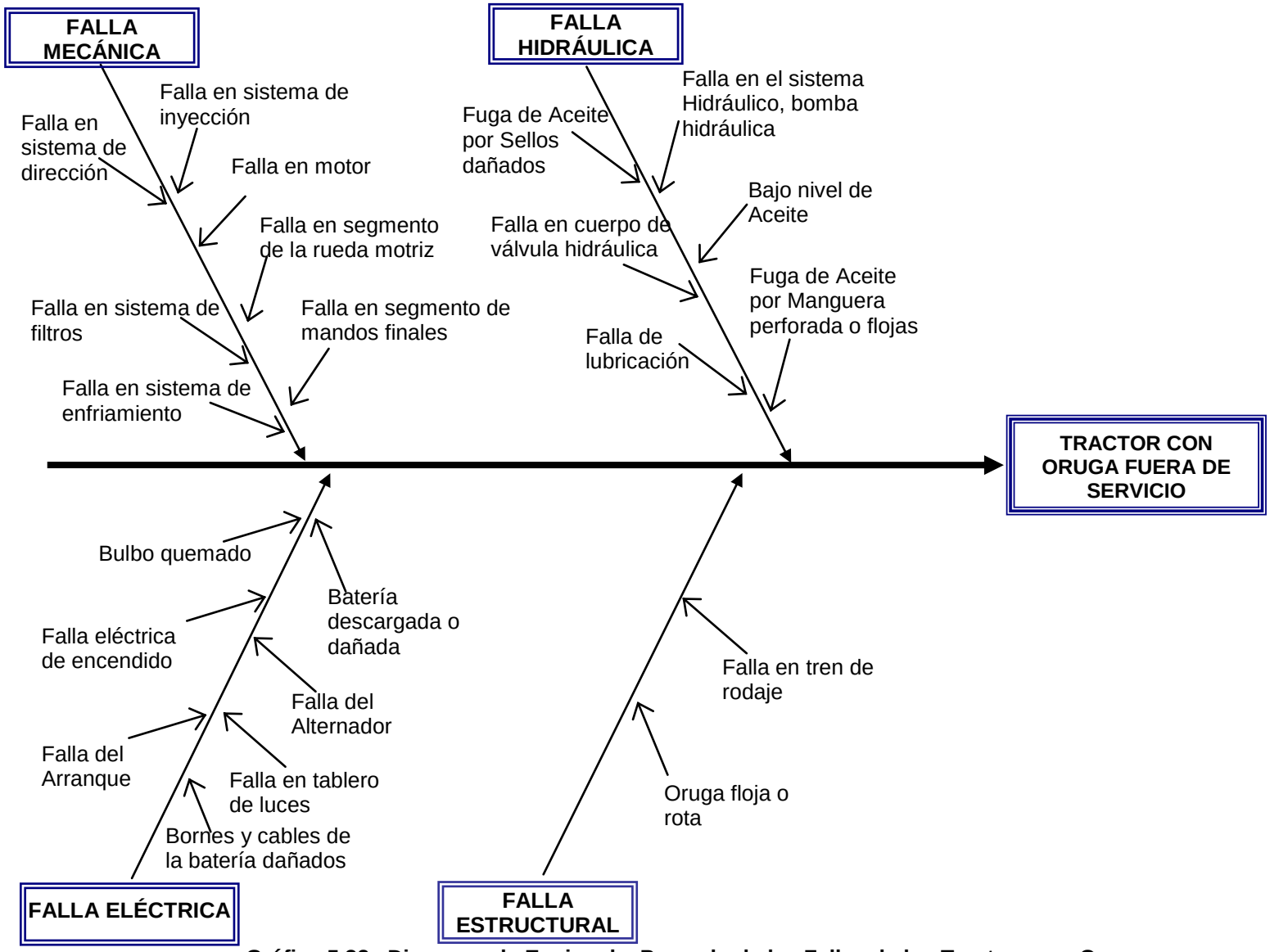


Gráfica 5.31. Disponibilidad de la Flota de Tractores con Oruga

La Gráfica 5.31 muestra que la flota de Tractores con Oruga, no cumplen en la mayor parte de los meses de estudio, con la disponibilidad demandada por la Gerencia de PMH, a causa de que los equipos presentaron fallas que fueron corregidas en largos periodos de tiempo, debido a algunas de las razones que se exponen en la Gráfica 5.53. Lo cual ocasiona que la flota de Tractores con Orugas no cumpla con las exigencias de disponibilidad de la Gerencia.

Debido a la criticidad de los Tractores con Orugas en cuanto al cumplimiento de los requerimientos de disponibilidad de la planta, se ve en la necesidad de realizar a los equipos un mantenimiento que permita la detección de las fallas antes de que estas ocurran, con la finalidad de tomar todas las medidas pertinentes para corregir estas en el menor tiempo posible, y así aumentar la disponibilidad de los Tractores.

Las fallas más comunes que presentan los Tractores de la Gerencia de PMH se expresan a través del siguiente diagrama de espina de pescado. (Ver gráfica 5.32)



Gráfica 5.32. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de los Tractore con Orugas

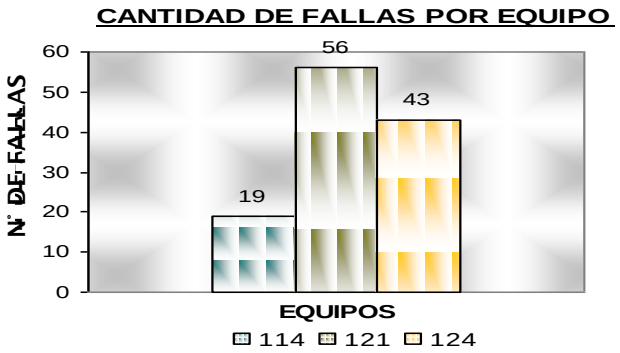
5.1.3. CAMIÓN ROQUERO

Existen en la actualidad tres (3) Camiones Roqueros pertenecientes a la Gerencia de PMH, numerados con los códigos 031-0114, 031-0121, 031-0124. (Ver tabla 5.9); empleados para el traslado del mineral de hierro dentro de la empresa.

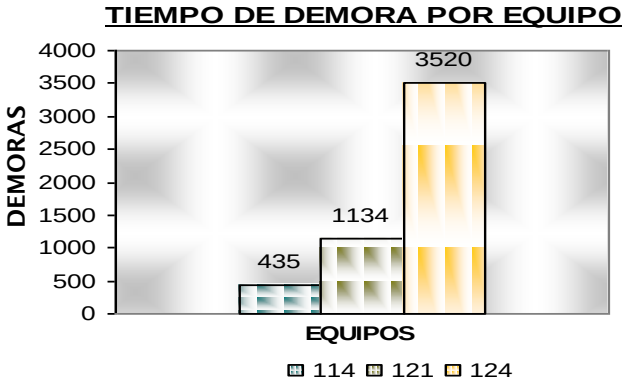
CODIGO F.M.O	DESCRIPCIÓN	MODELO	MARCA	CAPACIDAD	HT DIARIAS
031-0114	Camión Roquero	769 D	Caterpillar	17 m^3	24
031-0121	Camión Roquero	769 D	Caterpillar	17 m^3	24
031-0124	Camión Roquero	773 D	Caterpillar	26,6 m^3	24

Tabla 5.9 Características de la Flota de Camiones Roqueros 769 D y 773 D

Debido a la variedad de equipos, es conveniente iniciar el análisis definiendo cual de los camiones presenta mayores problemas, en función del número de fallas y demoras presentadas por estos en el período de estudio.



Gráfica 5.33. Cantidad de Fallas por Camiones Roqueros.



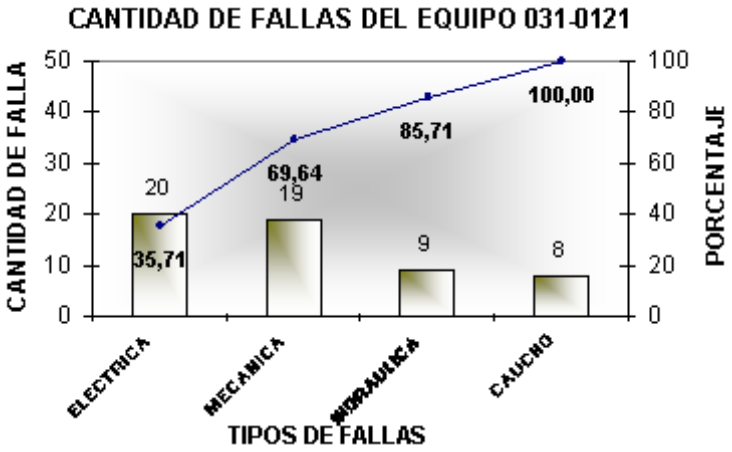
Gráfica 5.34. Tiempo de Demoras por Mantenimiento de los Camiones.

Se muestra en la Gráfica 5.33 que el camión roquero 769 y 773 D que presentó mayor cantidad de fallas fue el 031-0121, por lo que este es el menos confiable.

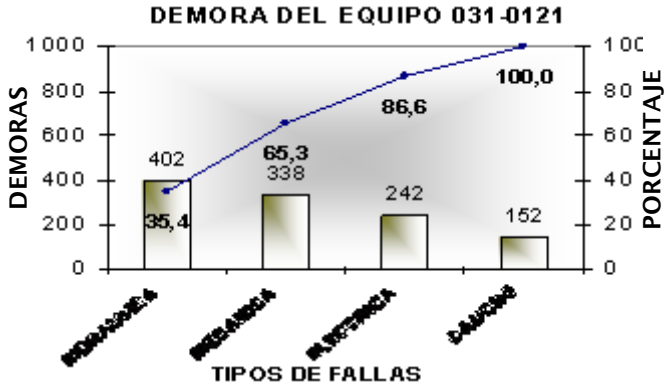
En la Gráfica 5.34 se puede evidencia que el equipo que impacto más sobre el proceso fue el 031-0124 por presentar el mayor tiempo de demoras por concepto e mantenimiento, pero debido a que esta, es producto de que el equipo se encontró accidentado por varios meses, se considera como el camión mas critico al 031-0121. Por lo tanto se procederá a hacer un análisis por tipo de fallas de este camión, clasificando las fallas en mecánica, eléctrica, hidráulica y caucho; con el objetivo de determinar cual de estos tipos de fallas es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

TIPO DE FALLAS CAMIÓN ROQUERO 031-0121				
MECÁNICA	HIDRÁULICA	ELÉCTRICA	CAUCHO	TOTAL
Cantidad de Fallas				
19	9	20	8	56
Demora				
338	402	242	152	1134

Tabla 5.10. Tabla de Cantidad y Demoras de los Camiones Roqueros



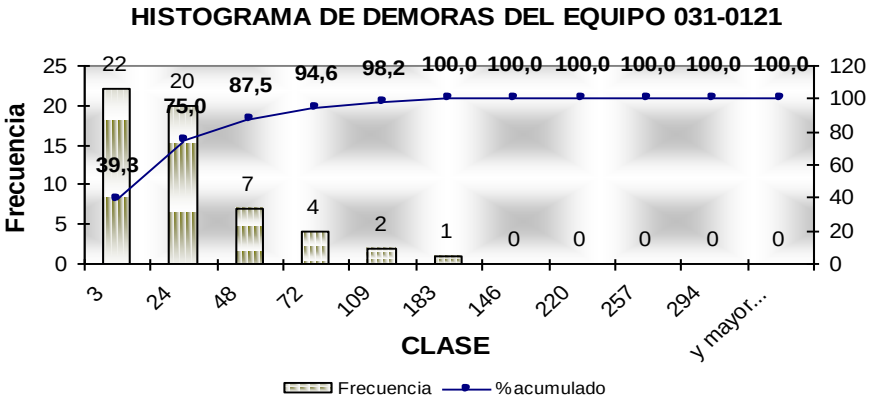
Gráfica 5.35. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Camión 031-0121.



Gráfica 5.36. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Camión 031-0121

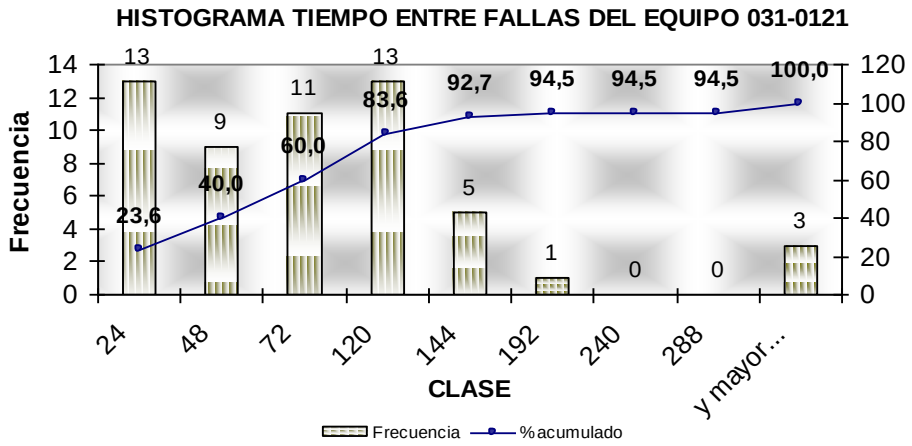
Se puede observar en la Gráfica 5.35 que la mayor cantidad de fallas que presentó el camión 031-0121 son del tipo eléctrica con un 35,71%, seguida por las mecánicas con 33,93 %, de las fallas totales. Sin embargo la Gráfica 5.36 muestra que las mayores demoras por concepto de mantenimiento fueron producto de las fallas hidráulicas y mecánicas con un 35,4 y 29,8 % de las demoras totales presentadas en el período de estudio. Esto quiere decir que la parte hidráulica y mecánica del camión es la que esta afectando significativamente la disponibilidad del equipo y la parte eléctrica la confiabilidad del mismo.

Es importante ahora determinar los tiempos de demoras originados por las acciones de mantenimiento y los tiempos entre cada falla de este equipo, a través de la realización de un histograma de frecuencia para la totalidad de estos tiempos en el período de estudio.



Gráfica 5.37. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Camión 31- 0121

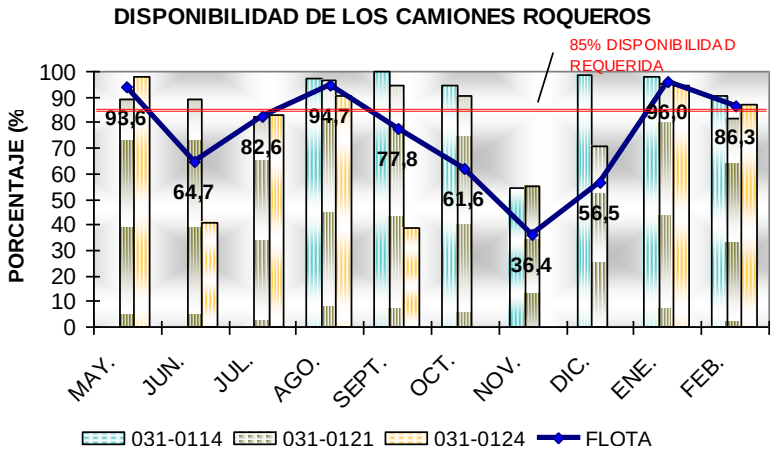
La Gráfica 5.37 refleja que el 39,8% de las actividades de mantenimiento son realizadas en un tiempo menor o igual a 3 horas y que el 75% de estas son ejecutadas en un tiempo menor o igual a 24 Horas. Esto quiere decir que la mayor parte de las fallas ocurridas en el equipo son reparadas por el personal en un tiempo moderado, lo cual muestra una mediana eficiencia en la reparación de las fallas.



Gráfica 5.38. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas. Camión 031-0121

La Gráfica 5.38 muestra el comportamiento de los tiempos entre falla, el cual indica que en un 83,6% el equipo presenta alguna tipo de falla en un tiempo menor o igual a 120 horas (5 días). Además el Histograma revela una media de 86,2 horas. Todo esto representa una moderada frecuencia de fallas en el equipo.

Por último se comprobó si la flota de Camiones Roqueros 769 y 773 D, esta cumpliendo con la disponibilidad requerida por la Gerencia de PMH que es de 85%.

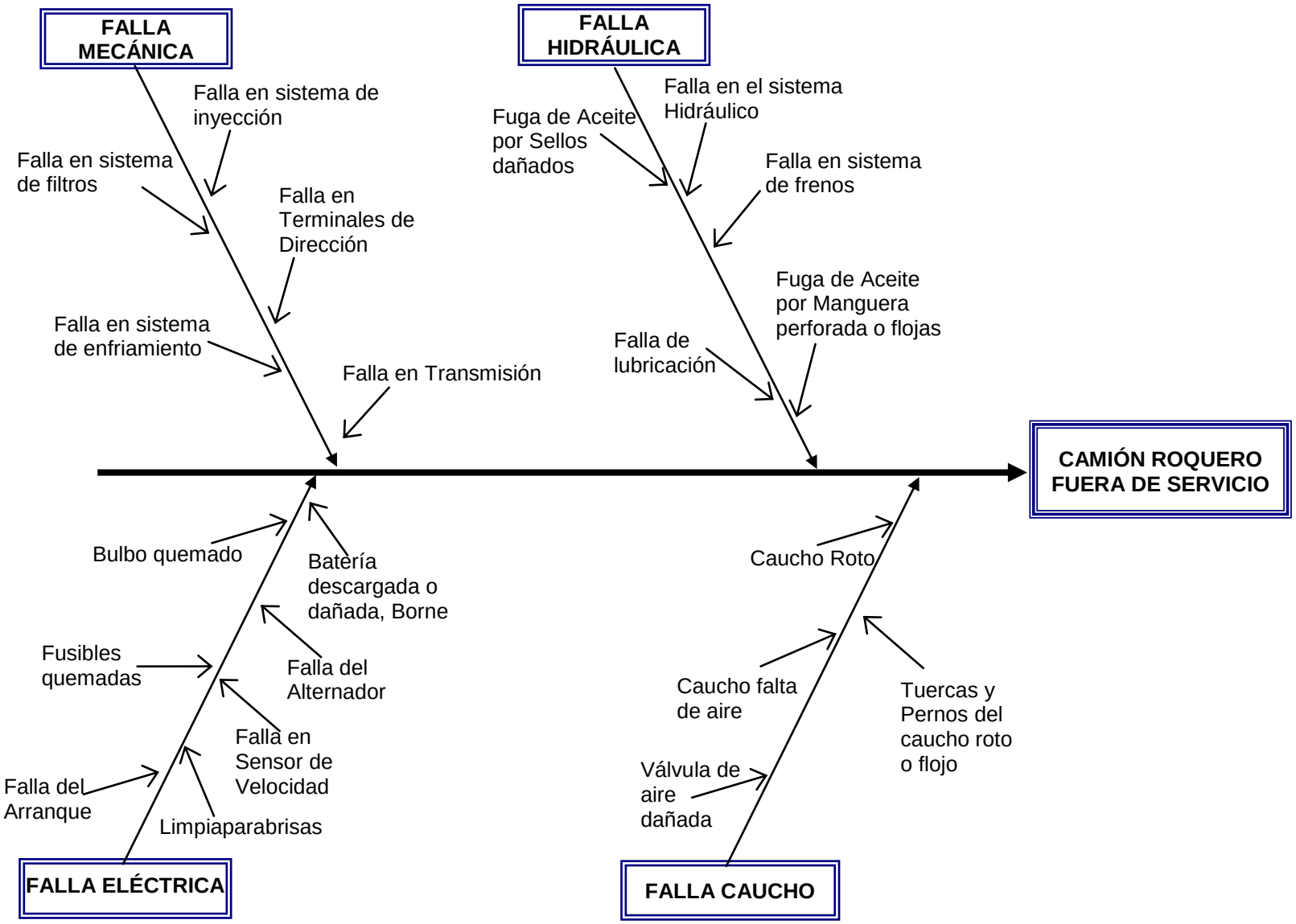


Gráfica 5.39. Disponibilidad de la Flota de Camiones Roqueros 769 y 773 D

Como se puede observar en la Gráfica 5.39 en la mayoría de los meses de estudio la flota Camiones Roqueros cuenta con una disponibilidad por debajo de la exigida por la Gerencia, debido a que siempre algunos de los equipos permaneció accidentado por mucho tiempo, por algunos de los motivos que se expresan en la gráfica 5.53., en las cual se destaca la falta de repuestos en el almacén de la empresa.

A causa de la problemática que presentan la flota de Camiones Roqueros, en cuanto al cumplimiento de los requerimientos de disponibilidad de la Gerencia de PMH, se ve en la necesidad de ejecutar a los equipos 769 y 773 D un mantenimiento que permita tener información del estado de las máquinas, con el objetivo de predecir las fallas antes de que esta ocurra, y así poder tomar todas las acciones pertinentes, para que estas, sea reparada en el menor tiempo posible y garantizar la máxima disponibilidad operativa de los Camiones.

Las fallas más comunes que presentan los equipos, se expresan a través del siguiente diagrama de espina de pescado. (Ver gráfica 5.40)



Gráfica 5.40. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de los Camiones Roqueros 769 y 773 D

5.1.4. MINICARGADORES FRONTALES 753 B

La Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro cuenta con cinco (5) Minicargadores Frontales, modelo 753 B, identificado con los números 004-149, 004-155, 004-156, 004-516 y 004-517 (Ver tabla 5.11); utilizado para las labores de limpieza de las áreas operativas.

CODIGO F.M.O	DESCRIPCIÓN	MODELO	MARCA	CAPACIDAD	F. ADQ	HT DIARIAS
004-149	Minicargador Frontal	753 B	Bob Cat	1.1 m^3	Jun-04	8
004-155	Minicargador Frontal	753 B	Bob Cat	1.1 m^3	Abr-88	8
004-156	Minicargador Frontal	753 B	Bob Cat	1.1 m^3	Jun-04	8
004-516	Minicargador Frontal	753 B	Bob Cat	1.1 m^3	Jun-01	8
004-517	Minicargador Frontal	753 B	Bob Cat	1.1 m^3	Jun-01	8

Tabla 5.11. Características de la Flota de Minicargadores Frontales 753 B.

Debido a la cantidad de equipos, el análisis se iniciara definiendo cual de los Minicargadores es el mas critico, por lo que se estudió el comportamiento de cada uno de estos equipos en un período de 9 meses. (Ver tabla 5.12)

MINICARGADORES		
EQUIPOS	Nº FALLAS	DEMORAS
004-149	52	448
004-155	56	503
004-156	26	2619
004-516	36	2046
004-517	47	709

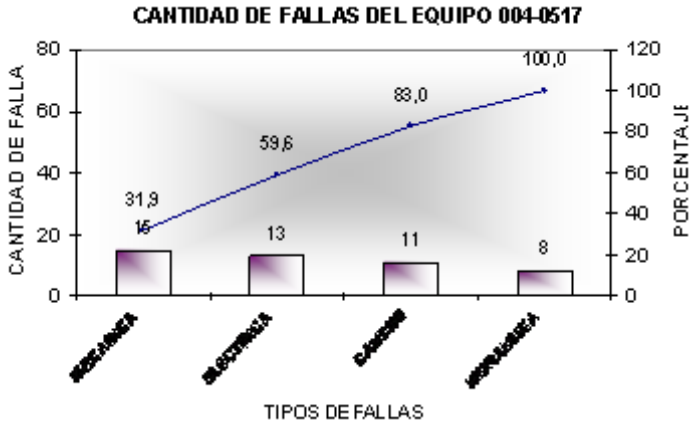
Tabla 5.12. Número de Fallas y Demoras de los Minicargadores Frontales 753 B.

Se puede evidenciar en la Tabla 5.12, que aun cuando los Minicargadores 004-0155 y 004-0149 fueron los menos confiables por presentar la mayor cantidad de fallas, los equipos que impactaron más significativamente en el proceso, fueron los Bob Cat 004-0156, 004-0516 y 004-0517 por originar la mayor cantidad de demoras en el período de estudio. Sin embargo, como las demoras de los dos primeros equipos fueron producto de que estuvieron varios meses accidentados, se considera como el equipo mas critico al 004-0517. Debido a esto, se procederá hacer un

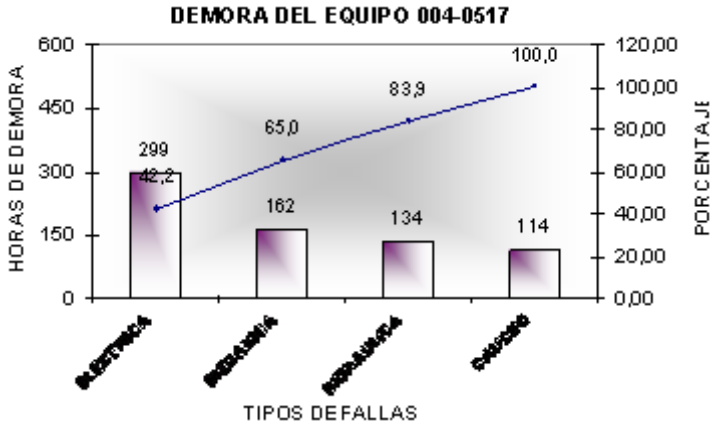
análisis por tipo de fallas de este Minicargador (004-0517), clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica y caucho; con el objetivo de determinar cual de estos tipos de fallas es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

TIPO DE FALLAS MINICARGADOR 004-0517				
MECÁNICA	HIDRÁULICA	ELÉCTRICA	CAUCHO	TOTAL
Cantidad de Fallas				
15	8	13	11	47
Demora				
162	134	299	114	709

Tabla 5.13. Tabla de Cantidad y Demoras de las Fallas en el Minicargador 004-0517



Gráfica 5.41. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Fallas. Equipo 004-0517

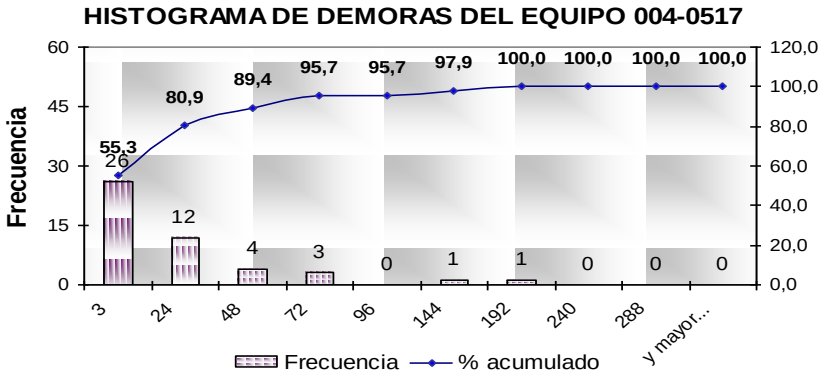


Gráfica 5.42. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Equipo 004-517

Se puede observa a través de las Gráficas 5.41 y 5.42 que el 31,9 % de las fallas que presenta el equipo 004-0517 son del tipo mecánicas,

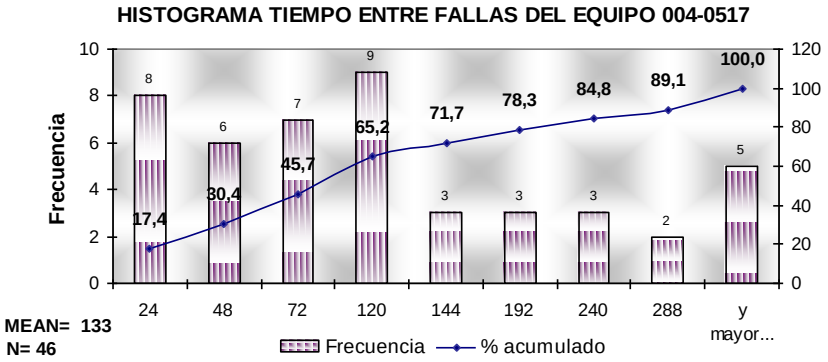
seguidas por las eléctricas con un 27,6% y cauchos con 23,4 % entre las mas resaltantes, y que estas ocasionan el 22.8 %, 42.2% y 16,1 % de las demoras totales presentadas por el equipo en el período de estudio. Esto indica que la parte eléctrica y mecánica del Minicargador es la que esta afectando mayormente la disponibilidad y confiabilidad del mismo.

El siguiente paso es realizar un histograma de frecuencia para el tiempo de duración de las fallas, es decir, los tiempos de demoras originados por las acciones de mantenimiento y los tiempos entre cada falla del Minicargador 004-0517, en el período de estudio.



Gráfica 5.43. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Minicargador 004-0517.

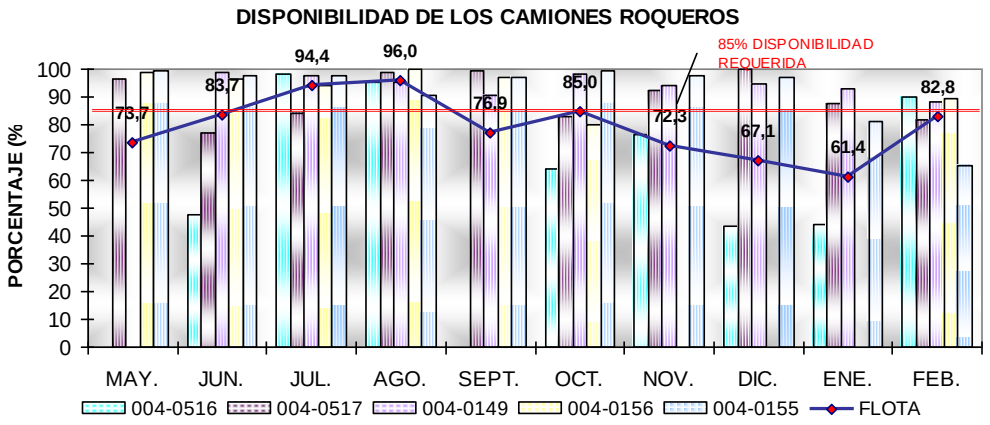
En la Gráfica 5.43., se puede apreciar que el 55,3% de las actividades de mantenimiento son realizadas en un tiempo menor o igual a 3 horas y que también el 80,9% de estas son ejecutadas en un tiempo menor o igual a 24 Horas. Lo cual indica que el personal del taller es eficiente en la reparación de las fallas, debido a que estas son corregidas rápidamente.



Gráfica 5.44. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas, Equipo 004-0517.

La Gráfica 5.44 refleja el comportamiento de los tiempos entre falla del equipo 004-0517, el cual revela que en un 71,7% el equipo presenta alguna tipo de falla en un tiempo menor o igual a 144 horas (6 días) y que existe una probabilidad de 89,1% de que el equipo presente alguna falla en menos o igual a 288 horas (12 días). Además el Histograma indica una media de 133 horas. Todo esto representa una baja frecuencia de fallas en el equipo.

Por último se determinó si la flota de Minicargadores Frontales 753, está cumpliendo con la disponibilidad requerida por la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro que es de 85%.



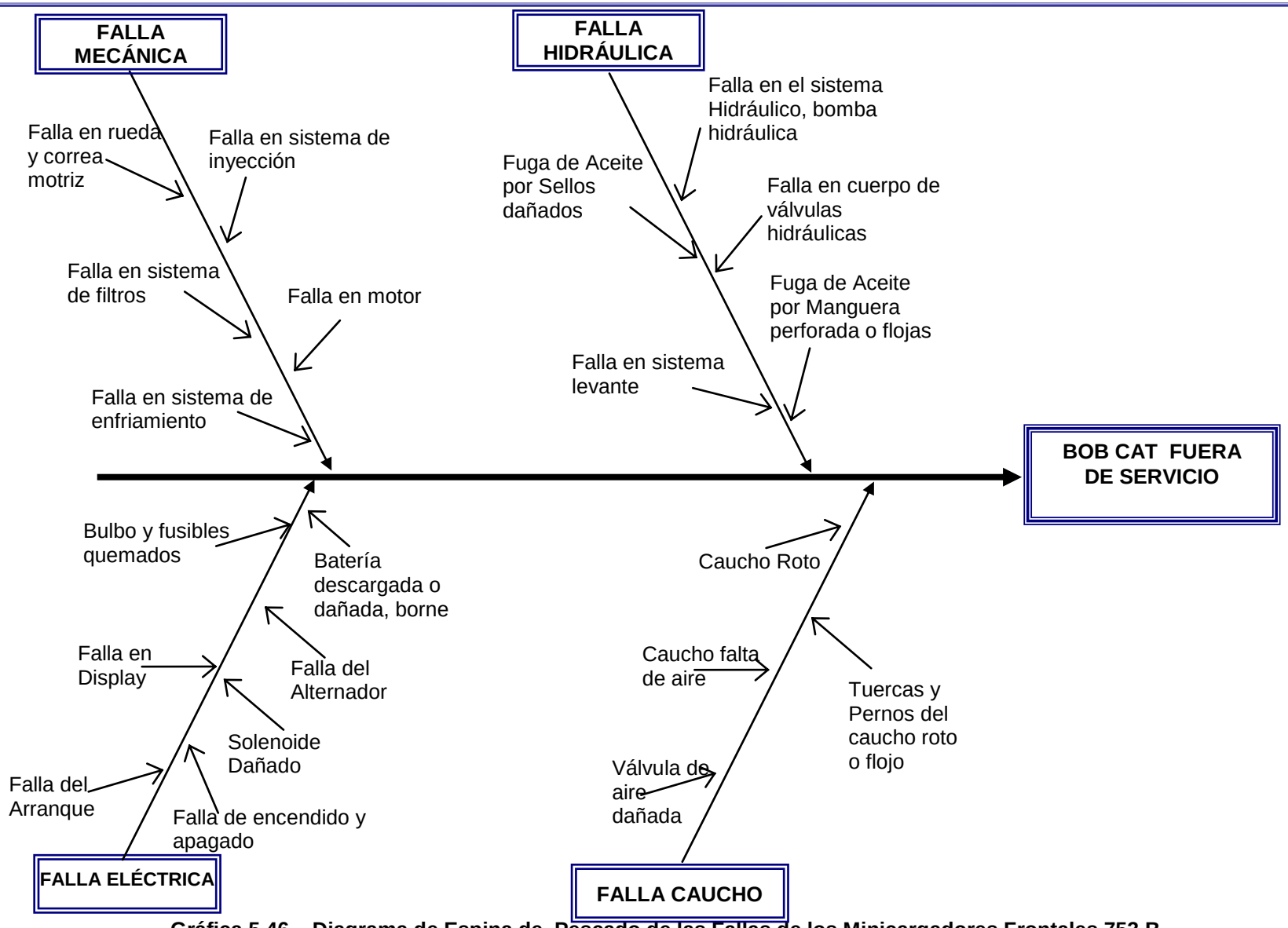
Gráfica 5.45. Disponibilidad de la Flota de Minicargadores Frontales 753 B.

En la Gráfica 5.45 se evidencia que la flota de Minicargadores Frontales 753, no cumplen en la mayoría de los meses de estudio con la disponibilidad demandada por la Gerencia de PMH, a causa de que algunas de las fallas que presentaron los equipos Bob Cat obligaron a estos a permanecer accidentado por largos períodos de tiempo, por algunas de las razones que se exponen en la Gráfica 5.53. Lo cual ocasiona que la flota de Minicargadores no cumpla con las exigencias de disponibilidad de la Gerencia.

Debido a la problemática con la flota de Bob Cat, se ve en la necesidad de realizar a los equipos 753 un plan de mantenimiento predictivo, el cual permite la detección de las fallas antes de que estas ocurran, con la finalidad de tomar todas las medidas pertinentes para corregir estas en el

menor tiempo posible, y así garantizar la disponibilidad de los Minicargadores.

Las fallas más comunes que presentan los Minicargadores Frontales de la Gerencia de PMH se expresan a través del siguiente diagrama de Espina de pescado. (Ver gráfica 5.46)



Gráfica 5.46. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de los Minicargadores Frontales 753 B

5.1.5. MOTONIVELADORA

La Gerencia de PMH cuenta con una (1) Motoniveladora, identificada con el número 004-0129, (Ver tabla 5.15).

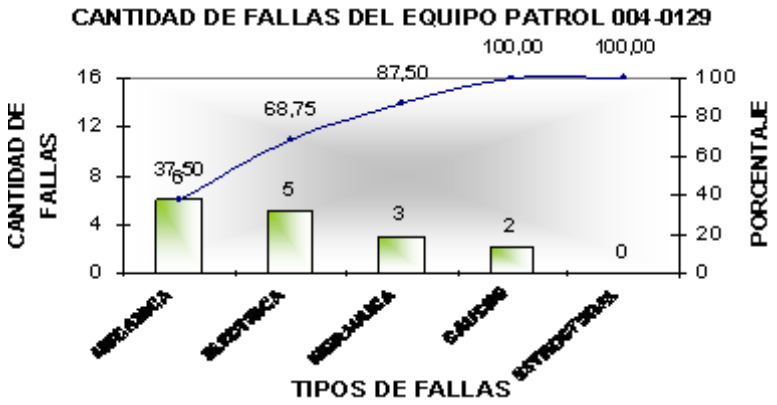
CODIGO F.M.O	DESCRIPCIÓN	MODELO	MARCA	CAPACIDAD	F. ADQ	HT DIARIAS
004-0129	Motoniveladora	14 - G	Caterpillar	14'0"	Dic-86	8

Tabla 5.14. Características de la Motoniveladora

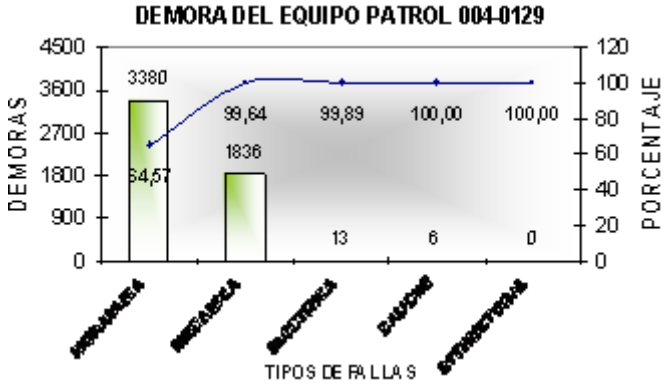
Debido a que solo se cuenta con una Motoniveladora, se procedió a estudiar el comportamiento de esta, en cuanto a las fallas presentadas en el mismo período de tiempo que los análisis anteriores. Las fallas se clasificaron en: falla mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural y caucho; con el objetivo de determinar cuales de estas, son las que se repiten con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

TIPO DE FALLAS MOTONIVELADORA 004-0129					
MECANICA	HIDRÁULICA	ELECTRICA	ESTRUCTURAL	CAUCHO	TOTAL
Numero de Fallas					
6	3	5	0	2	**16**
Demoras					
1836	3380	13	0	6	**5235**

Tabla 5.15. Tabla de Cantidad y Demoras de las Fallas de la Motoniveladora



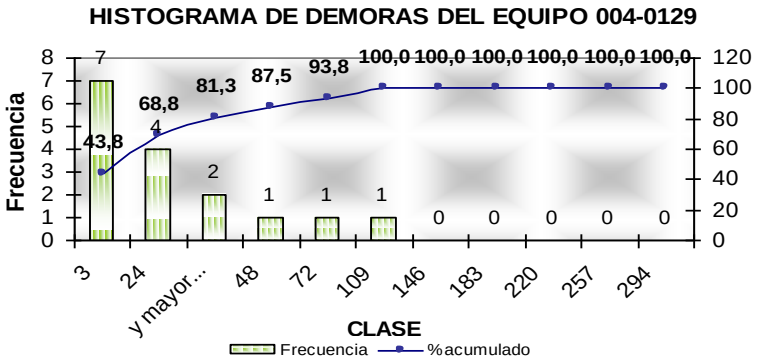
Gráfica 5.47. Gráfica de Pareto de Cantidad por Tipo de Falla. Motoniveladora



Gráfica 5.48. Gráfico de Pareto Tiempo de Demoras por Tipo de Fallas. Motoniveladora

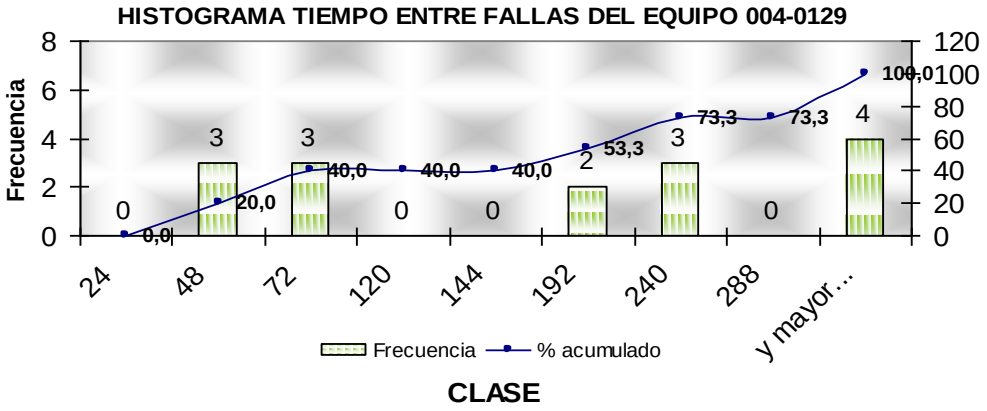
Se puede observar a través de las Gráficas 5.48 que el mayor numero de fallas que presentó el equipo 004-0129 son del tipo mecánicas con un 37,5 %, seguidas por las eléctricas con un 31,25 % y las de tipo hidráulicas con 18,7 %. Sin embargo se puede evidenciar en la Gráfica 5.48 que las fallas que ocasionan mayor demora son la de tipo hidráulicas con un 64,57 %, seguidas por las mecánicas 35,07 % y las eléctricas con apenas el 0,25% de las demoras totales presentadas por el equipo en el período de estudio. Esto quiere decir que las partes hidráulica y mecánica de la Motoniveladora son las que están afectando significativamente la confiabilidad de la misma.

Es importante ahora determinar los tiempos de demoras originados por las acciones de mantenimiento y los tiempos entre cada falla de este equipo, a través de un histograma de frecuencia para la totalidad de estos tiempos en el período de estudio.



Gráfica 5.49. Histograma de Frecuencia Tiempo de Demoras de Mantenimiento. Motoniveladora 004-0129

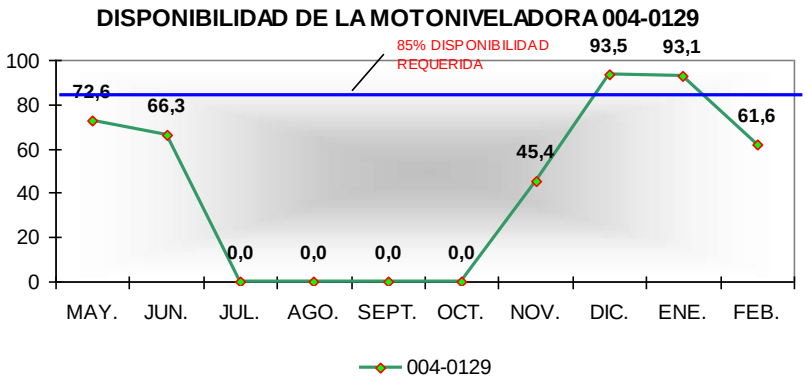
En la Gráfica 5.49 se puede observar que el 43,8% de las actividades de mantenimiento son realizadas en un tiempo menor o igual a 3 horas y que el 68% de estas son ejecutadas en un tiempo menor o igual a 24 Horas. Esto quiere decir que el personal del taller, realiza las actividades de mantenimiento en un tiempo moderado, lo cual indica una mediana eficiencia en la corrección de las fallas.



Gráfica 5.50. Histograma de Frecuencia Tiempo entre Fallas. Motoniveladora 004-0129

La Gráfica 5.50 muestra el comportamiento de los tiempos entre falla, el cual indica que en un 73,3% el equipo presenta alguna tipo de falla en un tiempo menor o igual a 240 horas (10 días). Además el Histograma revela una media de 190 horas, lo cual significa una baja frecuencia de fallas en el equipo.

Por último se comprobó si la Motoniveladora, esta cumpliendo con la disponibilidad requerida por la Gerencia de PMH que es de 85%.

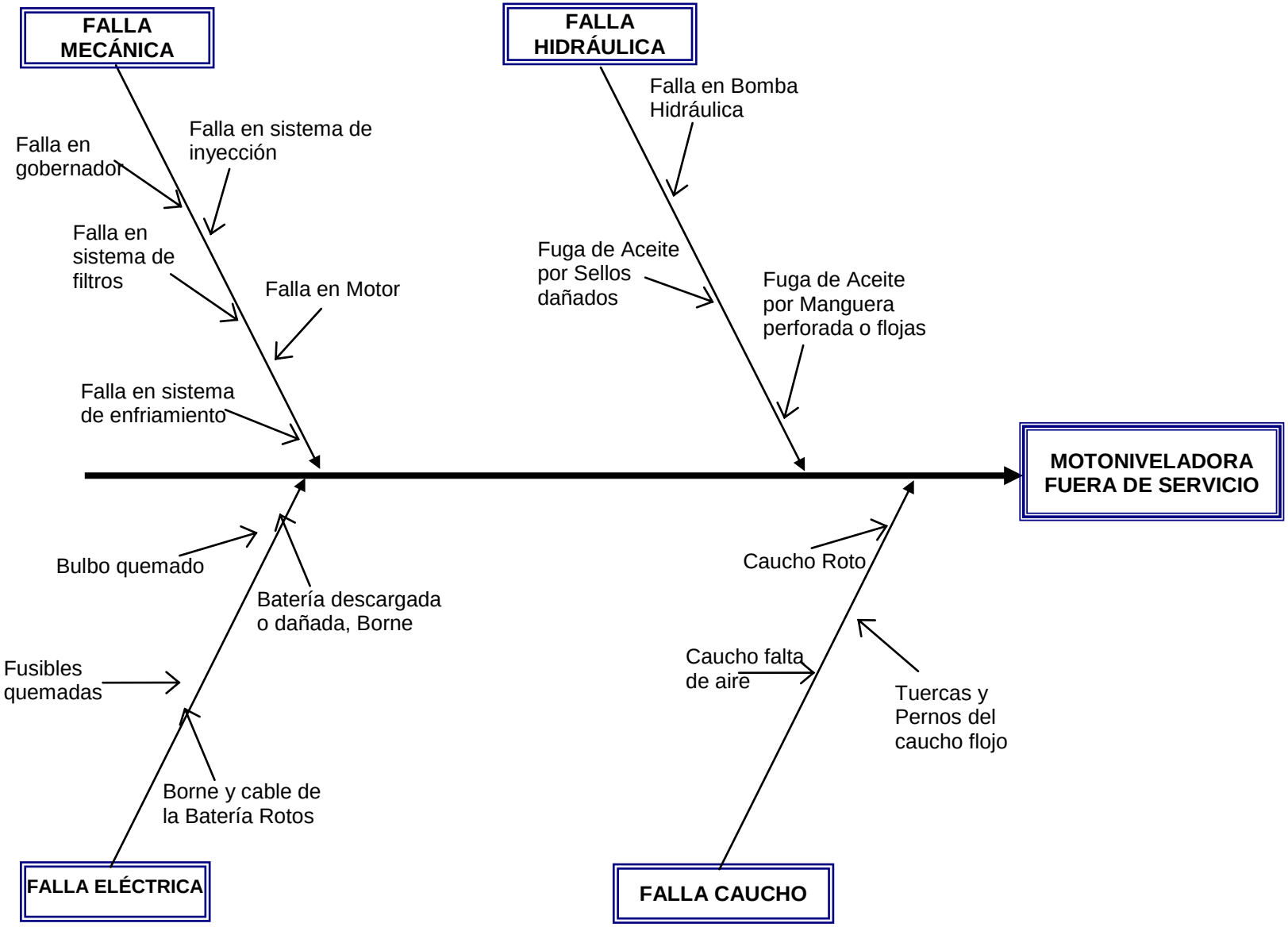


Gráfica 5.51. Disponibilidad de la Motoniveladora 004-0129

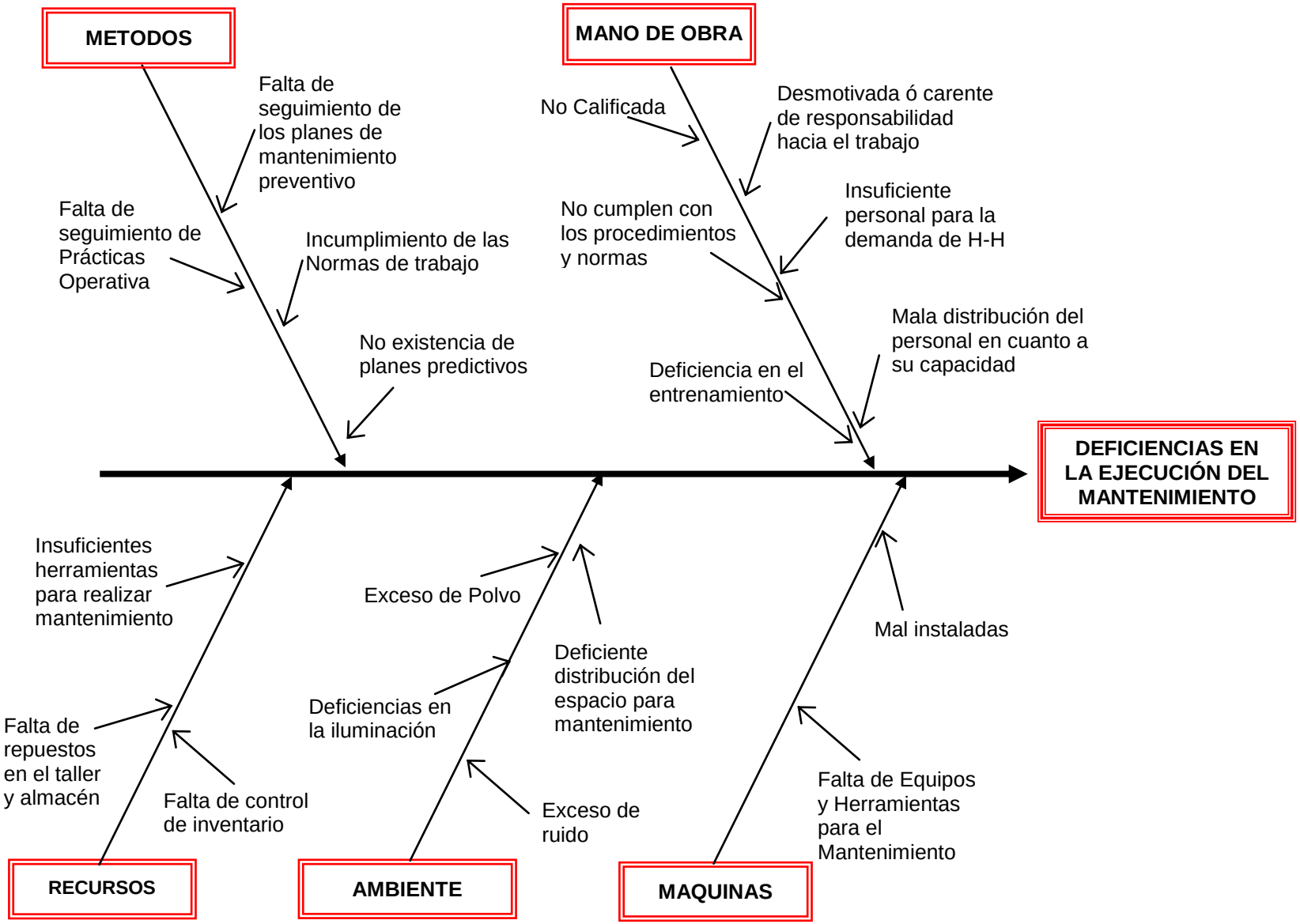
En la Gráfica 5.51 se puede evidenciar que la Motoniveladora, no cumple con la disponibilidad requerida por la Gerencia, debido a que el equipo presentó fallas que le obligó a permanecer accidentado por largo tiempo, por algunas de las razones que se exponen en la Gráfica 5.53. lo que influye directamente en la disponibilidad, ocasionando que la Motoniveladora no cumplan con las exigencias de disponibilidad de la Gerencia de PMH.

Debido la problemática presentada por la Motoniveladora en cuanto al cumplimiento de los requerimientos de disponibilidad, se ve en la necesidad de ejecutar al equipos 004-0129 un plan de mantenimiento predictivo, que nos permita tener información del estado de las maquinas, con el objetivo de predecir las fallas antes de que esta ocurra, y así poder tomar todas las acciones pertinentes, para que estas, sea reparada en el menor tiempo posible y garantizar la máxima disponibilidad operativa de la Motoniveladora.

Las fallas más frecuente que presentó el equipo 004-0129, se expresan a través del siguiente diagrama de espina de pescado. (Ver gráfica 5.52)



Gráfica 5.52. Diagrama de Espina de Pescado de las Fallas de la Motoniveladora 004-0129



Gráfica 5.53. Diagrama de Espina de Pescado de las Deficiencias en las labores de Mantenimiento.

5.2. MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS PESADOS DE LA GERENCIA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL DE HIERRO.

El Taller de Equipos Pesados cuenta con un conjunto de normas y procedimientos para coordinar los procesos de planificación, ejecución y control de mantenimiento de los Equipos Pesados, con la finalidad de garantizar la disponibilidad de estos, de acuerdo a los planes de la Gerencia de Procesamiento del mineral de Hierro.

5.2.1. NORMAS

La frecuencia de mantenimiento preventivo en los equipos pesados debe realizarse cada 250 horas y después de completarse para cada equipo la rutina de 1000 horas se repite el ciclo comenzando de nuevo por la de 250 horas.

5.2.2. PROCEDIMIENTOS

5.2.2.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Inspector Planificador

1. El Inspector Planificador elabora la programación del mantenimiento preventivo semanal de los diferentes equipos en el formato FERRO-5664 “Programa de Mantenimiento Preventivo de Equipos Pesados” basado en las horas trabajadas por los equipos, las cuales son entregadas, al menos una vez al mes, por la Coordinación de Mantenimiento Mecánico en el formato FERRO-5669 “Inspección de Horometros”.

Jefatura de Taller de Equipos Pesados

2. Aprueba con el área de Planificación de Mantenimiento para realizar los ajustes necesarios.

3. Recibe cada semana el formato FERRO-5664 y los formatos correspondientes a los equipos a intervenir y el tipo de mantenimiento a ejecutar, FERRO-5688 “Mantenimiento: Lubricación, Mecánico y Eléctrico Flota Caterpillar Modelo Cat-14-G, FERRO-5684 “Mantenimiento: Lubricación, Mecánico y Eléctrico Flota: Caterpillar Modelo CAT-769-C y D, FERRO-5685 “Mantenimiento: Lubricación, Mecánico y Eléctrico Flota: Caterpillar Cat-928 F y G”, FERRO-5686 “Mantenimiento Lubricación, Mecánico y Eléctrico Flota: Caterpillar Modelo Cat-988 B y F”, FERRO-5689 “Mantenimiento: Lubricación, Mecánico y Eléctrico Flota: Caterpillar Modelo Cat-D9-L y D8-N”, FERRO-5687 “Mantenimiento: Lubricación, Mecánico y Eléctrico Flota: Bob-Cat Modelo 743-B y 753-B”., FERRO-5683 “Mantenimiento: Lubricación, Mecánico y Eléctrico Flota: Caterpillar Modelo Cat-992- C y D .
4. Registra en el formato FERRO-5546 “Actividades Diarias de Mantenimiento“, las actividades a programarse en el día.
5. Coordina y supervisa la ejecución del mantenimiento.
6. Finalizada la ejecución del mantenimiento, entrega el formato FERRO-5664 “Programa de Mantenimiento Preventivo de Equipos Pesados”, los formatos correspondientes a los equipos intervenidos firmados y el formato FERRO-5546 al Inspector Planificador para su archivo y reprogramación de actividades pendientes.

5.2.2.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Personal de las Superintendencias de Operaciones y/o Mantenimiento

1. Notifica a la Jefatura de Taller de Equipos Pesados de cualquier falla que presenten los equipos, vía telefónica o vía radio.

Jefatura de Taller de Equipos Pesados

2. Registra en el formato FERRO-4532 “Reporte de Fallas”, la falla ocurrida al equipo.
3. Coordina la corrección de la falla y una vez normalizado el equipo completa el formato FERRO-4532.
4. Registra lo realizado en el formato FERRO-5546 y hace entrega del equipo a la Jefatura de Turno de Operaciones.
5. Posteriormente, entrega a la Inspector Planificador el registro formato FERRO-4532 “Reporte de Fallas” y el formato FERRO-5546, para su archivo.

5.2.2.3. CONTROL DE MANTENIMIENTO

Jefatura de Taller de Equipos Pesados, Inspector Planificador

1. Al final de la jornada, revisan y le hacen seguimiento a las actividades, a través de los formatos FERRO-4532 “Reporte de Fallas” y FERRO-5546 “Actividades Diarias de Mantenimiento”.

Inspector Planificador

2. Elabora un informe mensual con las disponibilidades de equipos y flotas y lo envía por correo electrónico, dentro de los primeros siete (07) días del mes, a la Sección Control de Gestión de la Superintendencia de Planificación y Control para ser incluido en el reporte LIDER 1D5 “Resumen Mensual” emitido por la Superintendencia de Planificación y Control; asimismo, archiva los registros originales.

Sin embargo este conjunto de procedimientos y normas en la actualidad no son cumplidas a cabalidad por el Taller de Equipos Pesados debido a que este, no cuenta con un Inspector planificador que efectué cada uno de estos procedimientos y normas estipuladas, por lo que estas funciones son cubiertas por los supervisores del taller.

FLUJOGRAMA

PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS PESADOS DE LA GERENCIA DE PMH

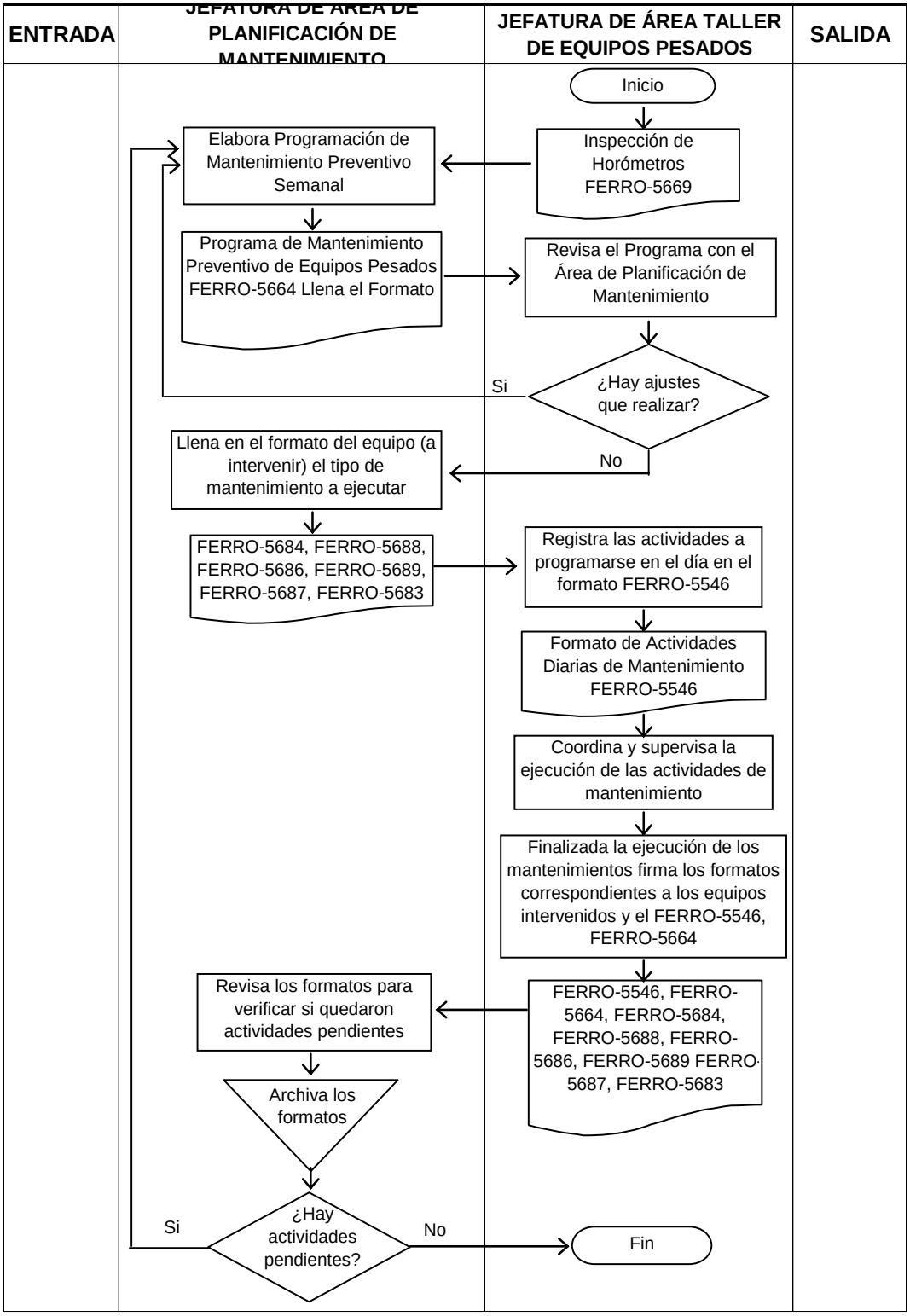


Figura 5.1. Flujograma del Procedimiento de Mantenimiento Preventivo de los Equipos Pesados.

FLUJOGRAMA

PROCEDIMIENTO: MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS EQUIPOS PESADOS DE LA GERENCIA DE PMH

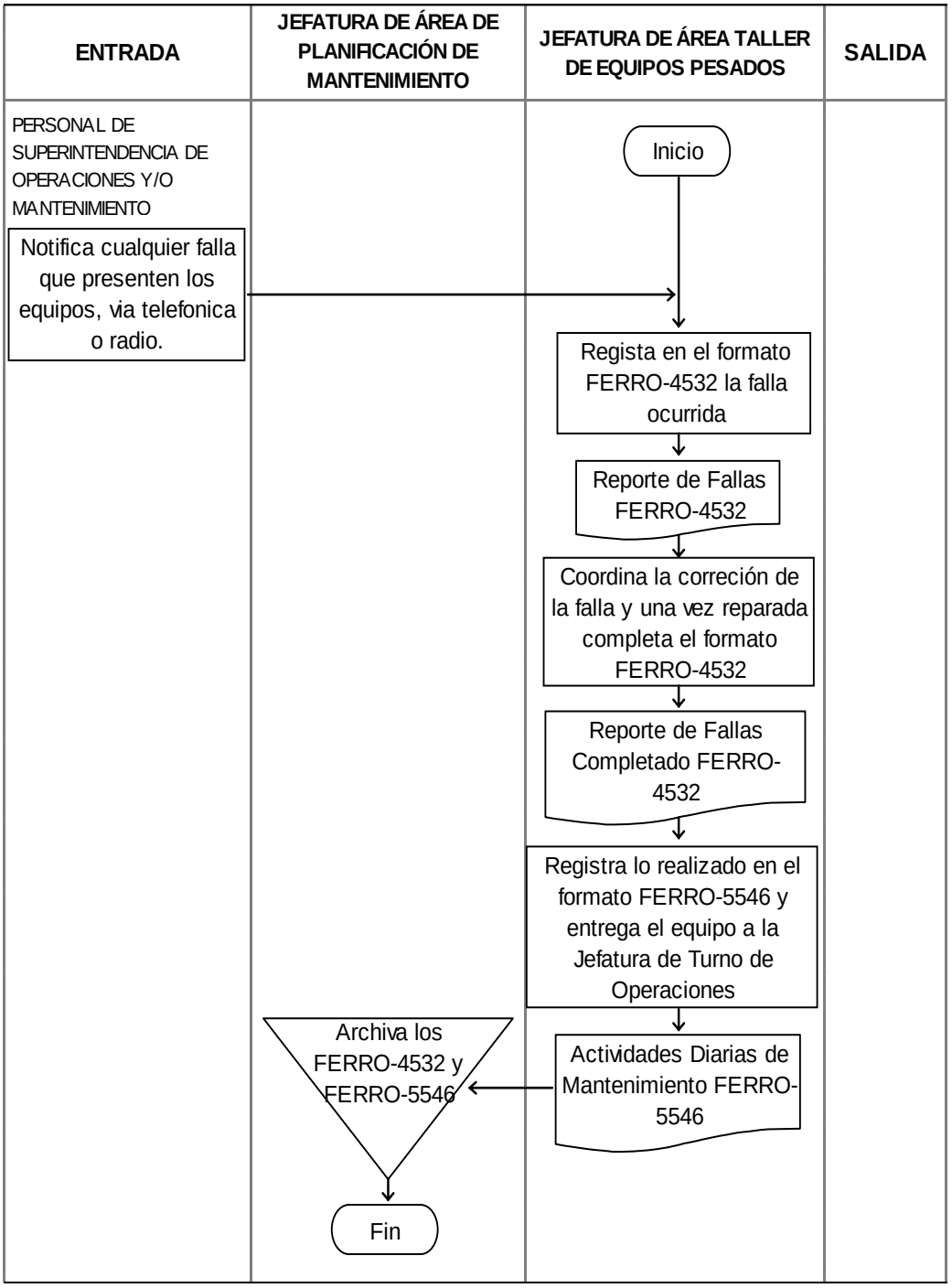


Figura 5.2. Flujograma del Procedimiento de Mantenimiento Correctivo de los Equipos Pesados.

5.3. CONFORMACIÓN DEL PERSONAL DEL TALLER DE EQUIPOS PESADOS

5.3.1. PROPÓSITOS Y FUNCIONES DEL PERSONAL

- **Jefe de Área de Taller de Equipos Pesados**

Asegurar el cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo y/o correctivo a realizarse en el are de equipos pesados, mediante la planificación, coordinación y control de las actividades de mantenimiento y el y uso racional de los recursos disponibles, con el fin de obtener la máxima disponibilidad y confiabilidad de las flotas de equipos requeridos por operaciones al mas bajo costo.

- **Técnico de Mantenimiento Industriales**

Realiza mantenimiento preventivo y correctivo a tendidos eléctricos de baja y alta tensión, subestaciones, equipos eléctricos, controles, equipos de refrigeración y aires acondicionado, recuperación de componentes eléctricos y mecánicos, de equipos rodantes y estacionarios a fin de mantenerlos en optimas condiciones.

- **Soldador de Equipos Pesados.**

Realiza trabajo de soldadura para la construcción reparación y reconstrucción en estructuras, piezas, equipos pesados tales como: camisones, palas, taladros, tractores de oruga y cauchos, equipos de riego, vagones, cargadores frontales, estructuras ferroviarias, patrol, grúas, compresores, etc., en taller, planta y campo, utilizando soldadura de arco, eléctrica y autógena.

- **Reparador de Llantas Mayor.**

Instalar, desmontar, reparar y cambiar todo tipo de llantas incluyendo los cauchos de 11, 17 pies y rin de 5, 9 pies de los camiones caterpillar mediante

la utilización adecuada de herramientas para mantenerlo en óptimas condiciones y los equipos manejadores de cauchos.

- **Supervisor de Taller de Equipos Pesados**

Supervisar y controlar el cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos pesados mediante la planificación, coordinación y control de las actividades afín de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los mismos en los niveles requeridos, realizando uso racional de los recursos disponible de acuerdo con los programas de mantenimiento en términos de calidad y oportunidad y al mas bajo costo.

- **Mantenedor de Equipos Pesados**

Inspeccionar y mantener los equipos pesados en general suministrándoles el aceite, grasas y lubricantes a todo el mecanismo de los mismos para mantenerlo en óptimas condiciones de las operativas.

5.3.2. FUERZA LABORAL DEL TALLER

La Fuerza Laboral del Taller de Equipos Pesados en la actualidad esta conformada por:

Cargo del Personal	F.L.
JEFE DE ÁREA	1
SUP. MANTTO MECÁNICO	2
TEC. MANTTO MECÁNICO	2
TEC. MANTTO INDUSTRIAL	12
ELECT MANTTO EQUIPOS PESADOS	1
MEC. EQUIPOS PESADOS	7
SOLD. MANTTO EQUIPOS PESADOS	1
MANTENEDOR DE EQUIPOS PESADOS	0
REPARADOR DE LLANTAS	1
TOTAL	27

Tabla 5.16. Fuerza Laboral Actual del Taller de Equipos Pesados

En la tabla 5.16 se puede observar la inexistencia de un mantenedor de equipos pesados, por lo que no se cuenta con personal encargado de la revisión y manutención de los equipos en cuanto a su lubricación, siendo

esta una variable muy importante en el desgaste de las piezas mecánicas. Esto indica una mala distribución del taller en lo que se refiere a su personal, debido a que la capacidad de su fuerza laboral esta enfocada más hacia la corrección que a la prevención.

Grado de Instrucción	Fuerza Laboral	Porcentaje
PRIMARIA	2	7,4
BACHILLERATO INCOMPLETO	14	51,9
BACHILLERATO COMPLETO	7	25,9
TSU UNIVERSITARIO	3	11,1
INGERNIERO Y AFINES	1	3,7

Tabla 5.17. Grado de Instrucción del Personal del Taller de Equipos Pesados.

La tabla 5.17 muestra que el 59,3 % del personal del taller no tiene el bachillerato completo y solo un 11,1 % es T.S.U. Universitario. Lo anterior refleja una carencia de formación técnica adecuada.

Rango de Edad	Trabajadores	Porcentaje
Menos de 30	0	0,0
30 - 35	3	11,1
36 - 40	3	11,1
41 - 45	2	7,4
46 - 50	5	18,5
51 - 55	12	44,4
Mas de 55	2	7,4

Tabla 5.18. Edad del Personal del Taller de Equipos Pesados

En la tabla 5.18 se observa que el 44,4 % del personal tiene un rango de edad comprendida entre 51 y 55 años y que el 77,8 % tiene más de 41 años; por consiguiente se deduce que en general hay muy poco potencial de relevo.

Rango de Años	Trabajadores	Porcentaje
Menos de 5	5	18,5
06-10	13	48,1
11-15	6	22,2
Mayor de 15	3	11,1

Tabla 5.19. Antigüedad en el Cargo Actual del Personal del Taller de Equipos Pesados

La tabla 5.19 muestra que el 48,1% del personal tiene entre 6 y 10 años en el cargo actual y que el 11,1 % tiene más de 15 años, en consecuencia, se puede decir que el personal posee suficiente experiencia trabajando con Equipos Pesados.

Se puede concluir de las tablas anteriores, que a pesar de que el personal no posee una formación técnica adecuada, estos poseen la capacidad y capacitación para realizar los distintos trabajos de mantenimiento, puesto que cuentan con muchos años de experiencia en el área.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

6.1. FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

En el Capítulo anterior se analizaron las condiciones de los equipos a los cuales se les presta mantenimiento en el Taller de Equipos Pesados, el cual muestra una alta criticidad en cuanto al cumplimiento de la disponibilidad exigida por la Gerencia y una baja confiabilidad en la mayoría de los equipos. En vista de estos resultados el Taller de Equipos Pesados requiere la aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo a todos los equipos que conforman las distintas flotas de la Gerencia, las cuales estén enfocadas hacia el estudio de las condiciones de las partes y componentes de estos a través del análisis de los aceites utilizados. Esta técnica predictiva es una de las más económicas y fáciles de implementar, que con su adecuado seguimiento se pueden controlar y reducir las fallas, lográndose entre otras cosas mayor productividad y menores costos por mantenimiento.

La frecuencia del mantenimiento predictivo será la misma que el programa de mantenimiento preventivo aplicado para cada equipo (cada 250 horas). Por lo que las tomas de muestras de aceite para su análisis se efectuaran cuando en el programa de mantenimiento preventivo corresponda el cambio del mismo y el re-análisis cuando sea necesario.

6.2. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE ACEITES

Los sistemas estudiados de los equipos (hidráulico, tren de potencia y motor) son sistemas cerrados, lo que significa que buena parte del desgaste de componentes que originan daños y fallas tiene lugar internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas que pueden ocurrir dentro de los sistemas, se tiene que efectuar análisis de aceite sobre una base regular. Esto permitirá buscar dentro de los sistemas y localizar las áreas de problemas, ayudándole a mantener un funcionamiento adecuado de los sistemas.

El Análisis de Aceite de los equipos pesados consta de una serie de pruebas destinadas a identificar y medir la contaminación y degradación de una muestra de aceite. Tres son las pruebas básicas que se realizaran en el laboratorio de lubricación de la empresa:

1. Análisis de desgaste
2. Pruebas químicas y físicas
3. Análisis del estado del aceite

1. Análisis de desgaste

El análisis de desgate controla la proporción de deterioro de un componente determinado, identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste que se encuentran en el aceite. Basados en datos previos de concentraciones normales, se establecen los límites máximos de elementos de desgaste. Después de haber tomado tres muestras de aceite, se pueden establecer líneas de tendencias de los distintos elementos de desgaste. A su vez se pueden identificar las posibles fallas cuando las líneas de tendencias se desvían del patrón establecido.

El análisis de desgaste se limita a detectar el desgaste de los componentes y la contaminación gradual con tierra. Las fallas debidas a la fatiga del

componente, a pérdidas imprevistas de lubricación o a la ingestión imprevista de tierra, se producen demasiado rápido para poder predecir mediante este tipo de prueba.

2. Pruebas físicas

Las pruebas físicas detectan el agua, el combustible en el aceite y determinan cuándo su concentración excede los límites establecidos.

3. Análisis del estado del aceite

El Análisis del estado del aceite determina y mide la cantidad de contaminantes como hollín y azufre, y productos de oxidación y nitración. Aunque también puede detectar agua y anticongelante en el aceite, para poder hacer un diagnóstico preciso el análisis esta acompañado siempre por el análisis de desgaste y las pruebas químicas y físicas. También se puede utilizar el análisis para reducir, mantener o prolongar los intervalos de cambio de aceite según las condiciones y aplicaciones en particular.

6.2.1 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRA DE ACEITE

Los procedimientos que se deben seguir para la toma de las muestras de aceite, de acuerdo con los instrumentos con que se cuente, para que estas sean representativas, son los siguientes:

1. Sin Instrumento

1. Tome un envase hermético, limpio y seco con tapa.
2. Limpie la zona alrededor del tapón de vaciado.
3. Coloque un recipiente de desecho debajo del tapón de vaciado en el sumidero, con la finalidad de no derramar el aceite en el suelo.
4. Desmonte el tapón de vaciado y deje correr el chorro inicial de aceite. Deseche adecuadamente el aceite usado.

5. Llene el envase de muestra hasta aproximadamente tres cuartos - no lo llene hasta su parte superior.
6. Tape el envase con una tapa con rosca.
7. Vuelva a colocar el tapón de vaciado.
8. Etiquete el envase, con el tipo de equipo y código del mismo, la fecha de muestreo, la procedencia del aceite y tipo de aceite.

Nota: *El aceite deberá ser muestreado, inmediatamente después que la máquina se haya detenido, o (si es seguro) mientras la misma se encuentra en funcionamiento.*

2. Sonda para Válvula de Aceite

1. Ajuste el motor en la velocidad baja en vacío y quite la tapa protectora contra el polvo de la válvula del compartimiento que usted esté muestreando.
2. Limpie bien el área de la toma de muestra.
3. Inserte la sonda dentro de la válvula y transfiera aproximadamente 100 ml (4 onzas fluidas) del aceite dentro de un recipiente de desecho. Deseche apropiadamente el aceite usado.
4. Inserte otra vez la sonda dentro de la válvula y llene botella de muestra hasta aproximadamente tres cuartos no la llene hasta su parte superior.
5. Extraiga la sonda y asegure la tapa en la botella. Pegue la etiqueta debidamente llenada en la botella.

Nota: *La sonda para válvulas de aceite solamente debe utilizarse en compartimientos presurizados.*

3. Bomba de Extracción de Vació.

1. Mida y corte la manguera nueva de longitud igual a la varilla medidora de aceite. Si el compartimiento que está muestreando no tiene varilla medidora, corte el tubo de modo que alcance hasta aproximadamente la mitad dentro de la profundidad del aceite.
2. Inserte la manguera a través del cabezal de la bomba de vació y apriete la tuerca de retención. La manguera debe extenderse aproximadamente 4 cm (1 pulgada) más allá de la base del cabezal de la bomba de vacío.
3. Instale una botella de muestreo nueva encima del cabezal de la bomba de vacío.
4. Encienda el equipo y opérelo hasta que todos los componentes alcancen su temperatura normal de funcionamiento.
5. Apague el equipo, limpie el área de la toma de muestra e inserte el extremo de la manguera dentro del aceite; no deje que la manguera toque el fondo del compartimiento.
6. Bombee la manivela de la bomba de vacío para crear un vacío. Llene la botella hasta aproximadamente unos tres cuartos; no la llene hasta su parte superior.
7. Extraiga la manguera, quite la botella de la bomba de vacío y asegure la tapa en dicha botella. Pegue la etiqueta completamente llenada en la botella.

Nota: *Si la bomba de vacío se ensucia con aceite o otro material, límpiela cuidadosamente antes de tomar la siguiente muestra para evitar errores en los análisis. No tome la muestra a través del tapón de drenaje del carter. Las muestras de aceite deben tomarse siempre desde las mismas condiciones que las anteriores.*

6.3. ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO DE INSPECCIÓN

Los pasos que se siguieron para la organización del servicio de inspección son los siguientes:

1. La formulación del programa y el método de inspección se realizó de acuerdo con las especificaciones de los equipos, a través de un calendario anual de Mantenimiento predictivo que es el mismo que el del mantenimiento preventivo.
2. Se obtuvo por medio del fabricante de los equipos, los límites de aceptabilidad de las características y variables que queremos medir con la inspección (temperatura, presión, condición de los aceites, etc.). Sin embargo los valores límites del estado de los aceites serán redefinidos a través del muestreo periódico de los aceites. Obteniendo las concentraciones normales para cada tipo de equipo.
3. Se establecieron las frecuencias de inspección.

6.4. MATRIZ DE VARIABLES

Las matrices de variables que se presentan a continuación para cada uno de los equipos pesados que conforman la flota de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro, fue realizada con la finalidad de analizar las técnicas de verificación de condiciones con el propósito de determinar para cada uno de los equipos críticos y los valores límites de aceptabilidad de las características o variables que se quiera medir.

Las matrices de variables elaboradas para este estudio contienen las siguientes características: La parte a inspeccionar, el punto a inspeccionar y las variables que se van a examinar. (Ver tablas 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 y 6,5 respectivamente).

MATRIZ DE VARIABLES	Gerencia: P.M.H
	Área: Taller de Equipos Pesados
Pág.: 1/2	Equipos: Cargador Frontal 928-988-992

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Níquel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacío
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacío
	Panel de Control	Temperatura del Agua
MANDOS FINALES	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
HIDRÁULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Válvula de Alivio Principal	Presión del Aceite
	Panel de Control	Temperatura del Aceite
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba

MATRIZ DE VARIABLES	Gerencia: P.M.H
	Área: Taller de Equipos Pesados
Pág.: 2/2	Equipos: Cargador Frontal 928-988-992

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite

Tabla 6.1. Matriz de Variables de los Cargadores Frontales 928, 988 y 992

MATRIZ DE VARIABLES	Gerencia: P.M.H
	Área: Taller de Equipos Pesados
Pág.: 1/2	Equipo: Camión Roquero 769 y 773

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Níquel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vació
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vació
	Panel de Control	Temperatura del Agua
MANDOS FINALES	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
HIDRÁULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Panel de Control	Temperatura del Aceite
	Válvula de Alivio	Presión máxima del sistema

MATRIZ DE VARIABLES	Gerencia: P.M.H
	Área: Taller de Equipos Pesados
Pág.: 2/2	Equipo: Camión Roquero 769 y 773

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba Con Carga
	Bomba de Transmisión	Presión de Bomba Sin Carga
	Lockup Clutch	Presión de Lockup Clutch
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite

Tabla 6.2. Matriz de Variables de los Camiones Roqueros 769 y 773 D

MATRIZ DE VARIABLES	Gerencia: P.M.H Área: Taller de Equipos Pesados Equipo: Tractor con Oruga D9L y D8N
Pág.: 1/2	

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Níquel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja en Vació
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta en Vació
	Damper	Velocidad del Motor en Baja Vació
	Damper	Velocidad del Motor en Alta Vació
	Panel de Control	Temperatura del Agua
MANDOS FINALES	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
HIDRÁULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Panel de Control	Temperatura del Aceite
	Válvula de Alivio	Presión del Aceite, Usando el Circuito de Inclinación de la Pala
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor

MATRIZ DE VARIABLES	Gerencia: P.M.H Área: Taller de Equipos Pesados
Pág.: 2/2	Equipo: Tractor con Oruga D9L y D8N

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite

Tabla 6.3. Matriz de Variables de los Tractores con Orugas D9L y D8N

MATRIZ DE VARIABLES	Gerencia:	P.M.H
	Área:	Taller de Equipos Pesados
Pág.: 1/2	Equipo:	Motoniveladora 14 G

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Níquel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vació
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vació
	Panel de Control	Temperatura del Agua
HIDRÁULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Panel de Control	Temperatura del Aceite
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba

MATRIZ DE VARIABLES Pág.: 2/2	Gerencia: P.M.H Área: Taller de Equipos Pesados Equipo: Motoniveladora 14 G

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite

Tabla 6.4. Matriz de Variables de la Motoniveladora 14 G

MATRIZ DE VARIABLES Pág.: 1/1	Gerencia: P.M.H Área: Taller de Equipos Pesados Equipo: Bob Cat 753 B

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Níquel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite
	Panel de Control	Temperatura del Agua
	Panel de Control	Presión de Aceite
HIDRÁULICA	Panel de Control	Temperatura del Aceite

Tabla 6.5. Matriz de Variables de los Minicargadores Bob Cat 753 B

Las tablas anteriores identifican cada una de las variables que deben ser controladas desde el punto de vista de operación y mantenimiento de los equipos, esta información será esencial para establecer aspectos

fundamentales para la creación del estándar de inspección; tales como: disposición de instrumentos y técnicas capaces de comprobar el parámetro a ser medido, variables de condición que indiquen el estado de la máquina y el avance de una falla, los períodos de medición que permitan la detección de la falla y definan los puntos de medición para obtener valores de control confiables que permitan una detección de los defectos de la máquina.

6.5. ESTÁNDAR DE INSPECCIÓN

El estándar de inspección diseñado para cada uno de los equipos pesados de la Gerencia de PMH es un documento que indica cada una de las inspecciones que deben efectuarse a los equipos, además define la unidad de medida de la variable a inspeccionar, el instrumento que se necesita, el rango normal de la variable, la frecuencia de inspección, el estado de funcionamiento que debe tener el equipo y la especialidad de la persona que se requiere para realizar la revisión. (Ver tablas 6.6, 6.7, 6.8, 6.9 y 6,10 respectivamente).

Las inspecciones de acuerdo al estado y tiempo de operación de los equipos se clasifican en inspecciones rutinarias e inspecciones especiales, una inspección rutinaria se caracteriza por efectuarse cada 250 horas de funcionamiento y con el equipo en operación, mientras que una inspección especial se caracteriza por efectuarse con el equipo fuera de operación cada 500 horas de funcionamiento, generando guías de inspección rutinarias y guías de inspección especial.

Las inspecciones para un equipo se desglosan como se muestra en la figura 6.1 que se presenta a continuación.

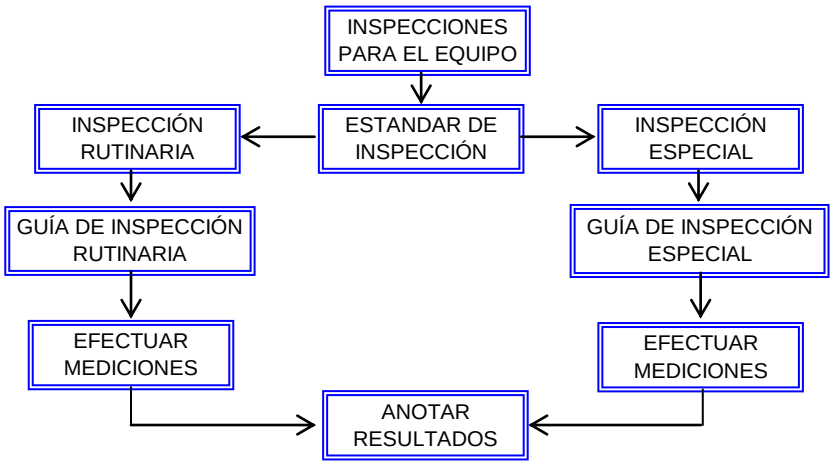


Figura 6.1. Diagrama de Programa de Inspección

CAPÍTULO 7

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El Programa de inspección de mantenimiento predictivo elaborado para los Equipos Pesados se realizó en correlación con el programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de disminuir los tiempos de mantenimiento y facilitar su ejecución y programación.

Los registros de los datos obtenidos en las planillas de inspección de mantenimiento predictivo, serán vaciados y almacenados en un software (Excel), para posteriormente ser graficados, para de esta manera observar mejor el comportamiento de las variables medidas.

El programa de Inspección de mantenimiento predictivo creado para los Equipos Pesados de la Gerencia de PMH es el siguiente:

FERROMINERA

ESTANDAR DE INSPECCIÓN

Pág.: 1/2

Gerencia: P.M.H.
Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Cargador Frontal 928 F y G

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	75 -110	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	5 - 10	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	15 -20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	10 - 20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	30 - 40	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	11 - 15	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	20 - 30	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	250	12,5 - 16,3	Servicio	Quimico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	40 + - 5	Servicio	Mecánico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	60 + - 10	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	250	900	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio. **Equipos 928 F**	RPM	Chequear	Tacometro	250	2325	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio. **Equipos 928 G**	RPM	Chequear	Tacometro	250	2445	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Sender	250	75 - 93	Servicio	Mecánico
MANDOS FINALES	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	25 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 45	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 9	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 200	F. Servicio	Quimico
HIDRÁULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 8	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 6	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Valvula de Alivio Principal	Presión del Aceite	Psi	Medir	Manometro	250	3600+-100	F. Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperaura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	250	60 - 80	Servicio	Mecánico

FERROMINERA	ESTANDAR DE INSPECCIÓN	Gerencia:	P.M.H.
Pág.: 2/2		Area:	Taller de Equipos Pesados
		Equipo:	Cargador Frontal 928 F y G

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	30 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 50	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. Servicio	Quimico
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Termocupla	250	<130	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	250	130+-10	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	250	60 - 80	Servicio	Mecánico
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba	Psi	Medir	Manometro	250	400	Servicio	Mecánico
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	50 - 600	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 65	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 -100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 250	F. Servicio	Quimico

Tabla 7.1. Estándar de Inspección para los Cargadores Frontales 928 F/G

FERROMINERA

Pág.: 1/2

ESTANDAR DE INSPECCIÓN

Gerencia: P.M.H.
Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Cargador Frontal 988 F

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	75 -110	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	5 - 10	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	15 -20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	10 - 20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	30 - 40	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	11 - 15	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	20 - 30	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	250	12,5 - 16,3	Servicio	Quimico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	40 + - 5	Servicio	Mecánico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	60 + - 10	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	250	850	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	250	2170	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Sender	250	75 - 93	Servicio	Mecánico
MANDOS FINALES	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	25 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 45	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 9	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 200	F. Servicio	Quimico
HIDRÁULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 8	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 6	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Valvula de Alivio Principal	Presión del Aceite	Psi	Medir	Manometro	250	3250+50-0	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperatura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	250	60 - 80	Servicio	Mecánico

FERROMINERA	ESTANDAR DE INSPECCIÓN	Gerencia:	P.M.H.
Pág.: 2/2		Area:	Taller de Equipos Pesados
		Equipo:	Cargador Frontal 988 F

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	30 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 50	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. Servicio	Quimico
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Termocupla	250	<130	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	250	130	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	250	60 - 80	Servicio	Mecánico
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba	Psi	Medir	Manometro	250	370	Servicio	Mecánico
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	50 - 600	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 65	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 -100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 250	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	F. Servicio	Quimico

Tabla 7.2. Estándar de Inspección para los Cargadores Frontales 998 F

FERROMINERA

Pág.: 1/2

ESTANDAR DE INSPECCIÓN

Gerencia: P.M.H.
Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Cargador Frontal 992 C y D

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	75 -110	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	5 - 10	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	15 -20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	10 - 20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	30 - 40	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	11 - 15	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	20 - 30	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	250	12,5 - 16,3	Servicio	Quimico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	40 + - 5	Servicio	Mecánico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	60 + - 10	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velc. del Motor en Baja Vació. **992C**	RPM	Chequear	Tacometro	250	980	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velc. del Motor en Alta Vació. **992C**	RPM	Chequear	Tacometro	250	2370	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velc. del Motor en Baja Vació. **992D**	RPM	Chequear	Tacometro	250	1015	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velc. del Motor en Alta Vació. **992D**	RPM	Chequear	Tacometro	250	2410	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Termocupla	250	75 - 93	Servicio	Mecánico
MANDOS FINALES	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	25 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 45	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 9	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 200	F. Servicio	Quimico
HIDRÁULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 8	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 6	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Valvula de Alivio Principal	Presión del Aceite	Psi	Medir	Manometro	250	3250 + 50-25	F. Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperaura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	250	60 - 80	Servicio	Mecánico

FERROMINERA	ESTANDAR DE INSPECCIÓN	Gerencia:	P.M.H.
		Area:	Taller de Equipos Pesados
Pág.: 1/2		Equipo:	Cargador Frontal 992 C y D

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	30 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 50	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. Servicio	Quimico
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Termocupla	250	<130	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	250	130	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	250	60 - 80	Servicio	Mecánico
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba	Psi	Medir	Manometro	250	370	Servicio	Mecánico
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	50 - 600	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 65	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 -100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 250	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. Servicio	Quimico

Tabla 7.3. Estándar de Inspección para los Cargadores Frontales 992 C y D

FERROMINERA

Pág.: 1/2

ESTANDAR DE INSPECCIÓN

Gerencia: P.M.H.
Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Camión Roquero 769 y 773 D

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	75 -110	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	5 - 10	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	15 -20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	10 - 20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	30 - 40	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	11 - 15	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	20 - 30	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	250	12,5 - 16,3	Servicio	Quimico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	40 + - 5	Servicio	Mecánico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	60 + - 10	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	250	650	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	250	2285	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Sender	250	75 - 93	Servicio	Mecánico
MANDOS FINALES	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	50 - 400	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 60	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 9	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 200	F. Servicio	Quimico
HIDRÁULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 8	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 6	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 15	F. Servicio	Quimico
	Panel de Control	Temperaura del Aceite	ºC	Observar	Sender	250	60 - 80	F. Servicio	Mecánico
	Valvula de Alivio	Presión maxima del sistema	Psi	Chequear	Manometro	250	2750+-25	Servicio	Mecánico

FERROMINERA

ESTANDAR DE INSPECCIÓN

Pág.: 2/2

Gerencia: P.M.H.
Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Camión Roquero 769 y 773 D

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	30 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 50	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. Servicio	Quimico
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba Con Carga	Psi	Chequear	Manometro	250	465	Servicio	Mecánico
	Bomba de Transmisión	Presión de Bomba Sin Carga	Psi	Chequear	Manometro	250	390	Servicio	Mecánico
	Lockup Clutch	Presión de Lockup Clutch	Psi	Chequear	Manometro	250	250+-10	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	250	135+-5	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	250	60+-10	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Sender	250	<130	Servicio	Mecánico
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	50 - 600	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 65	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 -100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 250	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. Servicio	Quimico

Tabla 7.4. Estándar de Inspección para los Camiones Roqueros 769 y 773 D

FERROMINERA

Pág.: 1/1

ESTANDAR DE INSPECCIÓN

Gerencia: P.M.H.
Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Bob Cat 753

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	75 -110	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	5 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	15 -20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	10 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	30 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	11 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	20 - 30	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	250	12,5 - 16,3	F. Servicio	Quimico
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Termocupla	250	100 - 140	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Presión de Aceite	Psi	Chequear	Manometro	250	60 - 65	Servicio	Mecánico
HIDRAULICA	Panel de Control	Temperatura del Aceite	ºC	Chequear	Termocupla	250	50-60	Servicio	Mecánico

Tabla 7.5. Estándar de Inspección para Minicargadores Bob Cat 753 B

FERROMINERA

Pág.: 1/2

ESTANDAR DE INSPECCIÓN

Gerencia: P.M.H.
Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Cat 14 G

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	75 -110	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	5 - 10	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	15 -20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	10 - 20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	30 - 40	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	11 - 15	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	20 - 30	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	250	12,5 - 16,3	Servicio	Quimico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	40 + - 5	Servicio	Mecánico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	60 + - 10	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	250	900	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	250	2125	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Termocupla	250	75 - 93	Servicio	Mecánico
MANDOS FINALES	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	25 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 45	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 9	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 200	F. Servicio	Quimico
HIDRÁULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 8	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 6	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Panel de Control	Temperatura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	250	40 - 65	Servicio	Mecánico

FERROMINERA	ESTANDAR DE INSPECCIÓN	Gerencia:	P.M.H.
Pág.: 2/2		Area:	Taller de Equipos Pesados
		Equipo:	Cat 14 G

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	30 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 50	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. Servicio	Quimico
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba	Psi	Medir	Manometro	250	10	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Termocupla	250	<130	Servicio	Mecánico
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	50 - 600	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 65	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 -100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 250	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. Servicio	Quimico

Tabla 7.6. Estándar de Inspección de la Motoniveladora Cat 14 G

FERROMINERA

Pág.: 1/2

ESTANDAR DE INSPECCIÓN

Gerencia: P.M.H.
Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Tractor con Orugas D9L y D8N

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	75 -110	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	5 - 10	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	15 -20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	10 - 20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	30 - 40	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	11 - 15	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	20 - 30	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 C° del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	250	12,5 - 16,3	Servicio	Quimico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Vel. (Vació)	Psi	Chequear	Manometro	250	40 + - 5	Servicio	Mecánico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	60 + - 10	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Baja Vacio. **D8N**	RPM	Chequear	Tacometro	250	750	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Alta Vacio. **D8N**	RPM	Chequear	Tacometro	250	2285	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Baja Vacio. **D9L**	RPM	Chequear	Tacometro	250	800	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Alta Vacio. **D9L**	RPM	Chequear	Tacometro	250	2160	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Indicador	250	75 - 93	Servicio	Mecánico
MANDOS FINALES	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	25 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 45	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 9	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 200	F. Servicio	Quimico
HIDRÁULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 8	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 6	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 50	F. Servicio	Quimico
	Valvula de Alivio	Presión del Aceite, Usando el Circuito de Inclinación de la Pala	Psi	Chequear	Manometro	250	2500+-50	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperaura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	250	60 - 80	Servicio	Mecánico

FERROMINERA	ESTANDAR DE INSPECCIÓN	Gerencia:	P.M.H.
		Area:	Taller de Equipos Pesados
Pág.: 2/2		Equipo:	Tractor con Orugas D9L y D8N

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	100 - 200	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	30 - 90	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 30	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 30	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 200	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. Servicio	Quimico
	Converdidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Sender	250	<130	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	250	130	Servicio	Mecánico
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	250	60 - 80	Servicio	Mecánico
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	50 - 600	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 65	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 40	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 -100	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	2 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	15 - 250	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	500	0	F. Servicio	Quimico

Tabla 7.7. Estándar de Inspección para los tractores con orugas D9L y D8N

FERROMINERA

Pág.: 1/1

GUÍA DE INSPECCIÓN DE 250 HORAS

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Cargador Frontal 928 F y G
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 250 HORAS			
							1	2	3	4
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	75 -110				
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 -20				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	11 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	20 - 30				
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	12,5 - 16,3				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	40 + - 5				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	60 + - 10				
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	900				
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio **Equipos 928 G**	RPM	Chequear	Tacometro	2445				
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio **Equipos 928 F**	RPM	Chequear	Tacometro	2325				
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Sender	75 - 93				
HIDRÁULICO	Valvula de Alivio Principal	Presión del Aceite	Psi	Medir	Manometro	3600+-100				
	Panel de Control	Temperaura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	60 - 80				
TRANSMISIÓN	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Termocupla	<130				
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	130+-10				
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	60 - 80				
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba	Psi	Medir	Manometro	400				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre: **Fecha:**	**Nombre:** **Fecha:**
Nombre: **Fecha:**	**Nombre:** **Fecha:**
Nombre: **Fecha:**	**Nombre:** **Fecha:**
Nombre: **Fecha:**	**Nombre:** **Fecha:**

Tabla 7.8. Guía de Inspección 250 Hrs. de los Carg. 928 F y G

FERROMINERA

Pág.: 1/2

GUÍA DE INSPCCIÓN DE 500 HORAS

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Cargador Frontal 928 F y G
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
MANDO FINAL RUED DELANTERA DERECHA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUED DELANTERA IZQUIERDA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUED TRASERA DERECHA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUED TRASERA IZQUIERDA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
DIFERENCIA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	50 - 600				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 65				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 -100				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 250				
HIDRÁULIC	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 8				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 6				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				

FERROMINERA	GUIA DE INSPCCIÓN DE 500 HORAS	**Area:**	Taller de Equipos Pesados
Pág.: 1/2		**Equipo:**	Cargador Frontal 928 F y G
		Nº de Equipo:	

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 50				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 100				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**

Tabla 7.9. Guía de Inspección 500 Hrs. de los Carg. 928 F y G

FERROMINERA

Pág.: 1/1

GUIA DE INSPECCIÓN DE 250 HORAS

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Cargador Frontal 988 F
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 250 HORAS			
							1	2	3	4
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	75 -110				
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 -20				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	11 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	20 - 30				
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	12,5 - 16,3				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	40 + - 5				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	60 + - 10				
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	850				
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	2170				
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Sender	75 - 93				
HIDRÁULICO	Valvula de Alivio Principal	Presión del Aceite	Psi	Medir	Manometro	3250+50-0				
	Panel de Control	Temperaura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	60 - 80				
TRANSMISIÓN	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Termocupla	<130				
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	60 - 80				
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	130				
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba	Psi	Medir	Manometro	370				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

Tabla 7.10. Guía de Inspección 250 Hrs. de los Carg. 988 F

FERROMINERA

GUÍA DE INSPCCIÓN DE 500 HORAS

Pág.: 1/2

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Cargador Frontal 988 F
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
MANDO FINAL RUEDA DELANTERA DERECHA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUEDA DELANTERA IZQUIERDA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUEDA TRASERA DERECHA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUEDA TRASERA IZQUIERDA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	50 - 600				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 65				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 -100				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 250				
HIDRAULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 8				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 6				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				

FERROMINERA	**GUÍA DE INSPCCIÓN DE 500 HORAS**	**Area:** Taller de Equipos Pesados
Pág.: 1/2		**Equipo:** Cargador Frontal 998 F
		Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 50				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 100				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**

Tabla 7.11. Guía de Inspección 500 Hrs. de los Carg. 988 F

FERROMINERA

Pág.: 1/1

GUÍA DE INSPECCIÓN DE 250 HORAS

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Cargador Frontal 992 C y D
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 250 HORAS			
							1	2	3	4
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	75 -110				
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 -20				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	11 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	20 - 30				
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	12,5 - 16,3				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	40 + - 5				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	60 + - 10				
	Panel de Control	Velc. del Motor en Baja Vació. **992C**	RPM	Chequear	Tacometro	980				
	Panel de Control	Velc. del Motor en Alta Vació. **992C**	RPM	Chequear	Tacometro	2370				
	Panel de Control	Velc. del Motor en Baja Vació. **992D**	RPM	Chequear	Tacometro	1015				
	Panel de Control	Velc. del Motor en Alta Vació. **992D**	RPM	Chequear	Tacometro	2410				
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Sender	75 - 93				
HIDRÁULICO	Valvula de Alivio Principal	Presión del Aceite	Psi	Medir	Manometro	3250 + 50-25				
	Panel de Control	Temperaura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	60 - 80				
TRANSMISIÓN	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Termocupla	<130				
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	60 - 80				
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	130				
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba	Psi	Medir	Manometro	370				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**

Tabla 7.12. Guía de Inspección 250 Hrs. de los Carg. 992 C y D

FERROMINERA

Pág.: 1/2

GUÍA DE INSPCCIÓN DE 500 HORAS

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Cargador Frontal 992 C y D
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
MANDO FINAL RUEDA DELANTERA DERECHA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUEDA DELANTERA IZQUIERDA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUEDA TRASERA DERECHA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUEDA TRASERA IZQUIERDA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	50 - 600				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 65				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 -100				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 250				
HIDRAULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 8				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 6				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				

FERROMINERA	**GUÍA DE INSPCCIÓN DE 500 HORAS**	**Area:** Taller de Equipos Pesados
Pág.: 1/2		**Equipo:** Cargador Frontal 992 C y D
		Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 50				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 100				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**

Tabla 7.13. Guía de Inspección 500 Hrs. de los Carg. 992 C y D

FERROMINERA

Pág.: 1/1

GUÍA DE INSPECCIÓN DE 250 HORAS

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Camión Roquero 769 y 773D
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 250 HORAS			
							1	2	3	4
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	75 -110				
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 -20				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	11 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	20 - 30				
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	12,5 - 16,3				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	40 + - 5				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	60 + - 10				
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	650				
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	2285				
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Sender	75 - 93				
HIDRÁULICO	Panel de Control	Temperaura del Aceite	ºC	Observar	Sender	60 - 80				
	Valvula de Alivio	Presión maxima del sistema	Psi	Chequear	Manometro	2750 +-25				
TRANSMISIÓN	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba Con Carga	Psi	Chequear	Manometro	465				
	Bomba de Transmisión	Presión de Bomba Sin Carga	Psi	Chequear	Manometro	390				
	Lockup Clutch	Presión de Lockup Clutch	Psi	Chequear	Manometro	250+-10				
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	60+-10				
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	135+-5				
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Sender	<130				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

Tabla 7.14. Guía de Inspección 250 Hrs. de los Camiones 769 y 773 D

FERROMINERA

Pág.: 1/2

GUÍA DE INSPECCIÓN DE 500 HORAS

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Camión Roquero 769 y 773 D
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
MANDO FINAL RUEDA DELANTERA DERECHA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	50 - 400				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 60				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUEDA DELANTERA IZQUIERDA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	50 - 400				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 60				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUEDA TRASERA DERECHA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	50 - 400				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 60				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL RUEDA TRASERA IZQUIERDA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	50 - 400				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 60				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	50 - 600				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 65				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 -100				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 250				
HIDRAULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 8				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 6				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 15				

FERROMINERA	GUÍA DE INSPCCIÓN DE 500 HORAS	**Area:**	Taller de Equipos Pesados
Pág.: 1/2		**Equipo:**	Camión Roquero 769 Y 773 D
		Nº de Equipo:	

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 50				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 100				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**

Tabla 7.15. Guía de Inspección 500 Hrs. de los Camiones 769 y 773 D

FERROMINERA

Pág.: 1/1

GUÍA DE INSPECCIÓN DE 250

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Bob Cat 753 B
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 250 HORAS			
							1	2	3	4
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	75 -110				
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 -20				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	11 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	20 - 30				
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	12,5 - 16,3				
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Termocupla	100 - 140				
	Panel de Control	Presión de Aceite	Psi	Chequear	Manometro	60 - 65				
HIDRÁULICA	Panel de Control	Temperatura del Aceite	ºC	Chequear	Termocupla	50-60				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

Tabla 7.16. Guía de Inspección 250 Hrs. de los Bob Cat 753 B

FERROMINERA Pág.: 1/1	**GUÍA DE INSPECCIÓN DE 250 HORAS**	**Area:** Taller de Equipos Pesados **Equipo:** Motoniveladora 14 G **Nº de Equipo:**

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 250 HORAS			
							1	2	3	4
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	75 -110				
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 -20				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	11 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	20 - 30				
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	12,5 - 16,3				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Vacio	Psi	Chequear	Manometro	40 + - 5				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Vacio	Psi	Chequear	Manometro	60 + - 10				
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vació	RPM	Chequear	Tacometro	900				
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vació	RPM	Chequear	Tacometro	2125				
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Termocupla	75 - 93				
HIDRÁULICA	Panel de Control	Temperatura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	60 - 80				
TRANSMISIÓN	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Termocupla	<130				
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba	Psi	Medir	Manometro	10				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre: **Fecha:**	**Nombre:** **Fecha:**
Nombre: **Fecha:**	**Nombre:** **Fecha:**
Nombre: **Fecha:**	**Nombre:** **Fecha:**
Nombre: **Fecha:**	**Nombre:** **Fecha:**

Tabla 7.17. Guía de Inspección 250 Hrs. para la Motoniveladora Cat 14 G

FERROMINERA

Pág.: 1/1

GUÍA DE INSPECCIÓN DE 500 HORAS

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Motoniveladora 14 G
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
HIDRAULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 8				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 6				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 50				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 100				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**

Tabla 7.18. Guía de Inspección 500 Hrs. para la Motoniveladora Cat 14 G

FERROMINERA

Pág.: 1/1

GUÍA DE INSPECCIÓN DE 250 HORAS

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Tractor con Orugas D9L y D8N
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 250 HORAS			
							1	2	3	4
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	75 -110				
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 -20				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	11 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	20 - 30				
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	12,5 - 16,3				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Vació	Psi	Chequear	Manometro	40 + - 5				
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Vació	Psi	Chequear	Manometro	60 + - 10				
	Damper	Velc. del Motor en Baja Vació. **D8N**	RPM	Chequear	Tacometro	750				
	Damper	Velc. del Motor en Alta Vació. **D8N**	RPM	Chequear	Tacometro	2285				
	Damper	Velc. del Motor en Baja Vació. **D9L**	RPM	Chequear	Tacometro	800				
	Damper	Velc. del Motor en Alta Vació. **D9L**	RPM	Chequear	Tacometro	2160				
	Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Indicador	75 - 93				
HIDRAULICO	Panel de Control	Temperatura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	60 - 80				
	Valvula de Alivio	Presión del Aceite, Usando el Circuito de Inclinación de la Pala	Psi	Chequear	Manometro	2500+-50				
TRASMISIÓN	Converdidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	ºC	Chequear	Sender	<130				
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	60 - 80				
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	130				

ELABORADO POR:	APROBADO POR:
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**

Tabla 7.19. Guía de Inspección 250 Hrs. para los Tractores D9L y D8N

GUÍA DE INSPECCIÓN DE 500 HORAS

Pág.: 1/1

Area: Taller de Equipos Pesados
Equipo: Tractor con Orugas D9L y D8N
Nº de Equipo:

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
MANDO FINAL DERECHO	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
MANDO FINAL IZQUIERDO	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	25 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 45				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 9				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 200				
HIDRAULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 8				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 6				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 50				
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	100 - 200				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 90				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 30				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 30				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 200				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				
DIFERENCIAL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	50 - 600				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 65				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 -100				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 250				

ELABORADO POR:		APROBADO POR:	
Nombre:	**Nombre:**	**Nombre:**	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**	**Fecha:**	**Fecha:**
Nombre:	**Nombre:**	**Nombre:**	**Nombre:**
Fecha:	**Fecha:**	**Fecha:**	**Fecha:**

Tabla 7.20. Guía de Inspección 500 Hrs. para los Tractores D9L y D8N

CONCLUSIONES

Del desarrollo y análisis del estudio efectuado, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. La implementación del programa de mantenimiento predictivo enfocado hacia el análisis de aceite, será una herramienta imprescindible que permitirá conocer el estado técnico de los sistemas hidráulicos, tren de potencia y motor diesel, controlando la proporción de desgaste de un componente determinado, identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste.
2. La fuerza laboral con que cuenta el Taller de Equipos Pesados posee la capacidad y capacitación para realizar las distintas actividades de mantenimiento que requieren los equipos pesados de la Gerencia de P.M.H., debido a que estos cuentan con muchos años de experiencia trabajando con estos equipos, además de que han recibido cursos de instrucción.
3. La conformación actual de la fuerza laboral del taller está más enfocada hacia la corrección de fallas que a la prevención, debido a que ésta no cuenta con personal encargado de la manutención e inspección de las condiciones básicas de los equipos antes de su funcionamiento.
4. Las flotas de equipos pesados con que cuenta la Gerencia de P.M.H., no logra en la mayoría de los meses de estudio la disponibilidad requerida por la Gerencia (85% de disponibilidad), a causa de que alguno de los equipos que la conforman presentan fallas que requieren de mucho tiempo para ser corregidas.
5. La causa que origina mayores demoras en la ejecución del mantenimiento de los equipos, es la falta de repuestos y equipos en el taller y almacén de la empresa.

6. Las fallas que más impactaron considerablemente la confiabilidad de los Cargadores Frontales son del tipo mecánicas e hidráulicas; y entre las más resaltantes se encuentran copas y pernos rotos o flojos, fugas de aceite hidráulico por mangueras y sellos rotos.

7. En los Camiones Roqueros, las fallas que más impactaron significativamente la confiabilidad del equipo son del tipo eléctrica y mecánica, y las causas mas comunes fueron producto de fallas en el sistema de velocidad e inyección.

8. Las fallas que impactaron significativamente en la confiabilidad de los Tractores con Oruga son del tipo mecánica y estructural, y sus causas más comunes fueron producto de fallas en los segmentos de las ruedas motrices y daños en la cadena de la oruga.

9. En los Minicargadores Frontales, las fallas que más impactaron la confiabilidad de los equipos, son del tipo mecánica y eléctrica, producto de fallas en el sistema de filtros y problemas de batería, entre las más comunes.

10. El resultado del análisis de cada muestra de aceite representa indirectamente la condición del motor, mandos finales, hidráulico y transmisión de los equipos pesados al momento de la toma de la muestra y que llevado a un control estadístico de tendencias de las características físico-químicas y de la concentración de metales del aceite lubricante, permite la detección temprana de niveles de contaminación; determinando el período de reemplazo de las partes asociadas al problema.

11. Los niveles de variación de las características físico-químicas, de concentración de metales y de contaminantes, concentración de silicio, sirven para establecer el diagnóstico del estado técnico de los sistemas estudiados y permiten efectuar un mantenimiento programado planificando el presupuesto de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

En función del análisis y conclusiones que se obtuvieron con este estudio se recomienda las acciones siguientes:

1. El personal del Taller de Equipos Pesados posee una avanzada edad promedio (48 años), y muchos años de experiencia trabajando con equipos pesados por lo que se recomienda contratar personal joven de relevo para su entrenamiento.
2. Disponer de un personal que se encargue de la inspección y manutención de los equipos pesados diariamente.
3. Solicitarle a la Jefatura de Área de Planificación de Mantenimiento que asigne un inspector planificador al Taller de Equipos Pesados, debido a que en la actualidad no se cuenta con uno, lo cual produce incumplimiento de los procedimientos de mantenimiento del taller.
4. Implementar un sistema de control de inventario en el Taller de Equipos Pesados, como por ejemplo el SAP, con el fin de llevar un control riguroso del inventario de los filtros, partes y componentes de los Equipos Pesados más solicitados e importantes para la corrección de las fallas y mantenimiento preventivo, lo cual permitirá disminuir las demoras en la ejecución del mantenimiento a los equipos, al contar con los repuestos necesarios en el momento requerido.
5. Solicitarle a la Superintendencia de Talleres de Servicios la reparación o reemplazo de la grúa puente con que cuenta el taller, debido a que lleva varios años dañada, y ella es esencial para el traslado, desarme y armado de partes y componentes pesados de los equipos, por lo que se originan demoras en la reparación de algunas fallas al solicitar una grúa móvil prestada.

6. Instruir a los encargados del mantenimiento de los equipos pesados sobre los procedimientos correctos de muestreo de aceite.
7. Dotar a todo el personal del taller encargado del mantenimiento de los equipos de una caja de herramientas básicas para el desarme y armado de partes y componentes, haciendo responsable a cada persona del extravío y perdida de éstas.
8. Realizar los muestreos de aceite con la herramienta especial recomendada por el fabricante de los equipos (caterpillar) para la toma de muestras de aceite (bomba de extracción de vacío y sondas para válvulas) dado que esta ayuda a que el muestreo sea más representativo.
9. Ampliar el Plan de Mantenimiento Predictivo de los Equipo Pesados a través del análisis periódico de las vibraciones de los motores diesel. Con la finalidad de obtener un control mas detallado sobre el funcionamiento interno de los equipos.
10. Capacitar mayormente a todo el personal del Taller de Equipos Pesados, a través de diversos cursos de motivación, lubricación, armado y desarmado de motores, tren de potencia, etc.

BIBLIOGRAFÍA

CATERPILLAR. SIS (Service Information System)

Desarrollo del mantenimiento predictivo. [Documento en Línea]. Disponible en: http://www.MantenimientoMundial.com.

FRANCÉS, A. (2001). **Estrategia para la Empresa en América Latina.** Caracas-Venezuela: Ediciones IESA.

Información equipos Caterpillar. [Documento en Línea]. Disponible en: http://www.cat.com/cda/layout?m=378408x=7.

Información equipos Caterpillar. [Documento en Línea]. Disponible en: http://venequip.com/equipos-y-productos/maquinas/maquinas.htm.

La tribología como herramienta de dirección en el mantenimiento. [Documento en Línea]. Disponible en: http://www.ceroaveria.com.

Límites de desgaste y contaminación del aceite. [Documento en Línea]. Disponible en: http://www.widman.com.

MATALOBOS, A. (1992). **Confiabilidad en Mantenimiento**. Caracas. Editorial IESA.

MORROW, L.C. (1986) **Manual de Mantenimiento Industrial; "Tomo 1". Mexico: McGraw-Hill.** Decimacuarta impresión. "Maintenance Engineering Handbook"; traducido por Jorge Casas y Otros.

MOSQUERA, G. (1987). **Apoyo logístico para la administración del mantenimiento industrial.** Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Primera Edición 1987.

NAVA, J. (1992). **Teoría de mantenimiento. Definiciones y organización.** Merida. Universidad de los Andes. Consejo de Publicaciones Venezuela.

NEWBROUGH, E. (1997). **Administración de mantenimiento industrial.** Organización, motivación y control en el mantenimiento industrial. Mexico: editorial Diana.

NIEBEL, B. (1990). **Ingeniería Industrial, Métodos, Tiempos y Movimientos.** Tercera Edición. México: Alfaomega, S.A. de C.V.

ROJAS, R. (1997). **Orientaciones Prácticas para la Elaboración de Informes de Investigación.** Puerto Ordaz. Ediciones UNEXPO. 2da Edición.

WEIERS, R. (1989). **Investigación de Mercados.** Segunda edición, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México.

ANEXO Nº 1

Cargador Frontal sobre Ruedas

ANEXO Nº 2

Tractor con Orugas

ANEXO Nº 3

Motoniveladora

ANEXO Nº 4

Camión Roquero de Acarreo

ANEXO Nº 5

Minicargador Frontal Bobcat 753

ANEXO Nº 6

SIGNIFICADOS Y CAUSAS DE LAS PARTÍCULAS Y CONTAMINANTES ENCONTRADOS EN LOS ACEITE.

Las muestras de aceites de motores, transmisiones, sistemas hidráulicos, mandos finales y diferenciales que muestren lecturas anormales de los elementos básicos de desgaste pueden indicar problemas de componentes, tal como se indican en las tablas siguientes:

COMBINACIONES CLÁSICAS DE LOS ELEMENTOS DE DESGASTE

ELEMENTO PRIMARIO	ELEMENTO SECUNDARIO	DESGASTE POTENCIAL	POSIBLE PROBLEMA-ÁREA/CAUSAS
MOTORES - EXTREMO SUPERIOR			
Sílice (tierra)	Hierro, cromo, aluminio	Camisas, aros, pistores	Sistema de admisión de aire/filtros Contaminación de tierra.
Hierro	Cromo, aluminio	Camisas, aros, pistones	Temperaturas anormales de operación, descomposición del aceite. Contaminación del combustible y/o refrigerante, aros pegados/rotos.
Cromo	Molibdeno, aluminio	Aros, pistones	Paso de gases al cárter, consumo de aceite, descomposición del aceite.
Hierro		Camisas, engranajes, tren de válvulas, cigüeñal	Temperaturas anormales de operación, falta de lubricación, contaminación, almacenamiento (corrosión).
MOTORES- EXTREMO INFERIOR			
Sílice (tierra)	Plomo, aluminio	Cojinetes	Contaminación con tierra
Plomo	Aluminio	Cojinetes	Falta de lubricación, contaminación del refrigerante, contaminación del combusstible.
SISTEMA HIDRÁULICO			
Sílice (tierra)	Hierro, cromo	cilindros, varillas	Contaminación de tierra.
Cobre	Hierro	Bomba hidráulica	Descomposición, contaminación del aceite.
TRANSMISIÓN			
Aluminio	Hierro, cobre	Convertidor de par	Descomposición, contaminación del aceite.
Cobre	Hierro	Conjunto de embragues (bronce sinterizado)	Descomposición, contaminación del aceite.
MANDOS FINALES			
Sílice (tierra)	Hierro, aluminio	Engranajes	Contaminación de tierra, Contaminación (suelos arcillosos).
Hierro	Sodio, cromo	Engranajes, cojinetes	Entrada de agua, pérdida de precarga.

NOTAS:

La descomposición del aceite puede deberse a cualquiera de las siguientes causas: intervalos de cambio prolongados, temperaturas anormales de operación, contaminación de combustible/refrigerante/agua. El estado (descomposición) del aceite

La comparación de los resultados de las pruebas infrarrojas y de desgaste de metales ayudan a determinar la causa más probable de elevadas combinaciones de metales de desgaste.

La contaminación de tierra en el aceite se detecta fácilmente cuando se hace la prueba de metales de desgaste. La sílice es el elemento más común que indica la entrada de tierra en el sistema. Algunos suelos arcillosos pueden también dar lecturas aumentad

FUENTE DE LOS ELEMENTOS DE DESGASTE

	MOTOR	TRANSMISIÓN	SISTEMA HIDRÁULICO	MANDO FINAL	DIFERENCIAL
COBRE (Cu)	Aditivos del aceite (*) Lixiviación en los núcleos de enfriadores (*) Bujes/cojinetes. Turboalimentador. Regulador. Bomba de aceite. Pasador de biela. Balancín. Eje de rodillo de leva. Compresor de aire. Bomba de Inyección de combustible. Engranajes de sincronización/engranaje intermedio. Bomba de agua. Mando de bomba de aceite. Engranaje impulsor del medidor de servicio. Cojinete de empuje.	Aditivos del aceite (*) Lixiviación en el núcleo del enfriador (*) Buje del convertidor de par. Discos de embrague de dirección/velocidad. Disco de embrague de traba (Solo el bronce sinterizado). Discos de frenos/dirección (El sistema común utiliza discos de bronce sinterizado).	Aditivos del aceite (*) Lixiviación hacia el núcleo del enfriador. Bujes de la bomba. Placa de presión (Bomba de engranajes). Caras deslizantes y placa de lumbrera (bombas de pistones). Placas acodadas de bronce (bomba de paletas).	Aditivos del aceite (*). Arandelas de empaje. (Maquinas de ruedas). Cojinetes de manguito de bronce (Algunas maquinas de rueda).	Aditivos del aceite (*). Arandelas de empuje. Cojinetes de maguitos de bronce (Algunas maquinas de ruedas).
HIERRO (Fe)	Camisas de cilindro. Engranajes. Manivela o árbol de levas. Pasadores de biela. Bomba de aceite. Tren de válvulas. Compresor de aire. Seguidor de levas.	Engranajes Platos de embrague. Cojinetes. Caja de bomba. Eje estriado. Ejes. Caja de transmisión. Dirección/frenos (sistema común).	Cilindros. Bombas.	Engranajes. Cojinetes. Eje estriado. Ejes. Conductores. Cajas. Botones de empuje.	Engranajes. Cojinetes. Eje estriado. Ejes. Cajas.
CROMO (Cr	Cojinetes de rodillos/bolas (un poco). Compresor de aire. Anillos de pistón. Válvulas de escape. Cigüeñal (salvataje de campo).	Cojinetes de rodillo/bolas (un poco).	Cojinetes de rodillos/bolas (un poco). Varilla de cilindro acodada. Desgaste de los aros de la bomba.	Cojinetes de rodillo y de bolas (un poco).	Cojinetes de rodillo y de bolas (un poco).
ALUMINIO (Al)	Cojinete de bancada. Cojinete de biela. Cojinete de árbol de levas Cojinete de balancín. Cojinete de empuje del cigüeñal. Soporte de balancín Cojinete de bomba de aceite. Cojinete de engranaje de sincronización. Pistones de compresor de aire. Levantador de válvula de inyector de bomba de combustible. Entrada de polvo (suelo arcilloso).	Impelente del convertidor de par. Bujes de bomba. Entrada de polvo (suelo arcilloso).	Buje de la varilla del cilindro. Cuerpo de la bomba. Entrada de tierra (suelo arcilloso).	Reten de Sello Duo Cone. Cojinetes de manguito de aleación de bronce/aluminio (Algunas maquinas de ruedas). Entrada de polvo (suelo arcilloso).	Arandelas de empuje de aleación de bronce/aluminio (Algunas maquinas de ruedas). Entrada de polvo (suelo arcilloso).

FUENTE DE LOS ELEMENTOS DE DESGASTE

	MOTOR	TRANSMISIÓN	SISTEMA HIDRÁULICO	MANDO FINAL	DIFERENCIAL
PLOMO (Pb)	Revestimiento de cojinetes de bancada y de biela. Revestimiento de cojinetes de árbol de levas. Cojinetes del turboalimentador.	Aglomerante en los discos del embrague.			
SÍLICE (Si)	Entrada de tierra. Grasa con contenido de sílice. Aditivo antiespumante.	Entrada de tierra. Grasa con contenido de sílice. Aditivo antiespumante.	Entrada de tierra. Grasa con contenido de sílice. Aditivo antiespumante.	Entrada de tierra. Grasa con contenido de sílice. Aditivo antiespumante.	Entrada de tierra. Grasa con contenido de sílice. Aditivo antiespumante.
SODIO (Na)	Escape del enfriador. Entrada de agua. Condensación. Aditivo de aceite (*).	Escape del enfriador Entrada de agua. Condensación. Aditivo de aceite (*).	Escape del enfriador. Entrada de agua. Condensación. Aditivo de aceite (*).	Escape del enfriador. Entrada de agua. Condensación. Aditivo de aceite (*).	Escape del enfriador. Entrada de agua. Condensación. Aditivo de aceite (*).

NOTAS (*) No es Falla

MOTORES

Algunos de los componentes mencionados no están presentes en todos los motores.

Los cojinetes de empuje del cigüeñal, los cojinetes de la bomba de aceite y los cojinetes del compresor pueden estar fabricados de aluminio o de bronce (cobre).

TRANSMISIONES

Algunas transmisiones utilizan discos de bronce (cobre) sinterizado en varios embragues. Algunos son de elastómero fluorado, grafíticos y de fibras de celulosa, los cuales no se pueden identificar en los instrumentos espectrofotometritos del AA, ICP o DCP

En algunas maquinas, el aceite del embrague de traba y del convertidor de par se obtiene de diferentes sumideros.

SISTEMA HIDRÁULICO

Todas las bombas tienen componentes de bronce/latón/cobre que producen partículas de desgaste de cobre. Trazando la tendencia del cobre y de otros elementos se pueden identificar problemas de la bomba.

MANDOS FINALES/DIFERENCIALES

Las placas/arandelas de empuje de bronce se usan en los diferenciales de algunas maquinas

Algunas maquinas de ruedas utilizan cojinetes de manguito de bronce con alto contenido de aluminio en los mandos finales y diferenciales.

GENERAL

El plomo se atribuye algunas veces a algunos tipos de “tratamientos” de aceite. También puede ser causado por una formulo de aceite de engranajes de presión extrema (E.P.).

El cobre y el aluminio pueden resultar de los compuestos antiagarrotantes usados durante la reparación o los tratamientos de aceite.

La transferencia de aceite entre los compartimientos puede ocurrir en ciertas maquinas debido a daño o falla de los sellos (e.g., de los frenos al mando final, del motor a la transmisión, etc.).

Tenga presente que algunos compartimientos pueden tener un sumidero común en algunas maquinas (e.g., transmisión/convertidor de par/frenos)

Agua: El agua causa herrumbre y aumenta el potencial corrosivo de los ácidos. También reacciona con ciertos aditivos para formar productos agresivos. El agua también actúa como catalizador para promover oxidación en la presencia de metales como hierro, cobre y plomo. Cuando hay agua libre en el cárter, pueden crearse micro-organismos que se comen el aceite, formando ácidos que causan oxidación y obstruyen el filtro.

El agua reduce la película lubricante e interfiere con la lubricación dejando las piezas susceptibles al desgaste abrasivo, adhesivo y fatiga. En áreas de presión las gotas de agua colapsan causando cavitación. Esta cavitación se ve como corrosión o picado de la superficie donde hay diferencias de presiones. Las burbujas de agua (o aire en caso de espuma por exceso de aceite en el cárter) llegan al punto de presión e implosión, causando grietas pequeñas o puntos microscópicos en la superficie.

El agua ingresa por los respiraderos, retenes y el sistema de enfriamiento. También se acumula mediante la condensación (humedad en el motor cuando se enfría).

Combustible Diesel: La contaminación con combustible disminuye las propiedades lubricantes del aceite. La película de aceite pierde la firmeza necesaria para impedir el contacto de metal contra metal y puede llevar al deterioro de los cojinetes y el agarrotamiento del pistón.

Viscosidad: La viscosidad del aceite de motor se mide a 100°C y debería mantenerse dentro de los rangos establecidos por el API para el grado utilizado. Un SAE 40 o un SAE 15W-40 debería mantenerse entre 12.5 cSt y 16.3 cSt a 100°C, el cual es el aceite utilizado en los equipos. Variaciones dentro de este rango no son significativas. La pérdida de viscosidad causará mayor desgaste de cojinetes (plomo, estaño, bronce) por falta de lubricación

hidrodinámica. El aumento de viscosidad puede causar mayor desgaste de anillos y alta presión de aceite que puede abrir la válvula de alivio de presión del filtro de aceite y pasar aceite sucio al motor. Cuando evaluamos la viscosidad en el reporte, observar:

Si bajó la viscosidad, las causas más probables pueden ser:

- Dilución con aceite más delgado (puede ser aceite hidráulico, de transmisión, u otro, o un SAE 5W-30 aumentado al SAE 15W-40 por error del operario).
- Contaminación por combustible (problemas de inyectores, falta de termostato, viajes cortos, marcha en vacío, etc.).
- Rotura o ruptura de polímeros (utilizados para fabricar el aceite multigrado) por cizallamiento (polímeros baratos, altas temperaturas o presiones, molienda entre los engranajes o anillos).
- Cizallamiento o rotura de aceite base.

***Si aumentó la viscosidad, las causas más probables pueden ser*:**

- Oxidación del aceite (alta temperatura, altas revoluciones o baja calidad de aceite básico).
- Cocción del aceite (alta temperatura o baja calidad del aceite base).
- Contaminación por agua o glicol (falla de empaquetadura de culata, perforación de camisas o bloque).
- Contaminación por alta acumulación de hollín (combustible de baja calidad, mala combustión, ausencia o falla de termostato, problemas de bomba inyectora o inyectores).
- Contaminación por tierra (falla del filtro de aire, perforaciones en el sistema de entrada de aire).
- Mezcla con un aceite más viscoso.