

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



“APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM) A LA FLOTA DE CAMIONES 797F EN UNA EMPRESA MINERA PARA MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO, AREQUIPA 2019”

Tesis Presentada por el bachiller:

Morgan Calizaya Fran Elio

Para Optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Asesor:

Dr. Valencia Becerra Rolardi Mario

Arequipa - Perú

2022

DICTAMEN APROBATORIO

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA INDUSTRIAL TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 10 de abril del 2021

Dictamen: 001170-C-EP11-2021

Visto el borrador del expediente 001170, presentado por:

2008222281 - MORGAN CALIZAYA FRAN ELIO

Titulado:

“APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM) A LA FLOTA DE CAMIONES 797F EN UNA EMPRESA MINERA PARA MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO, AREQUIPA 2019”

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1780 - VALENCIA BECERRA
ROLARDI MARIO
DICTAMINADOR



1986 - MURILLO QUISPE
EFRAIN RAFAEL
DICTAMINADOR



2350 - URDAY LUNA
FERLY ELMER
DICTAMINADOR



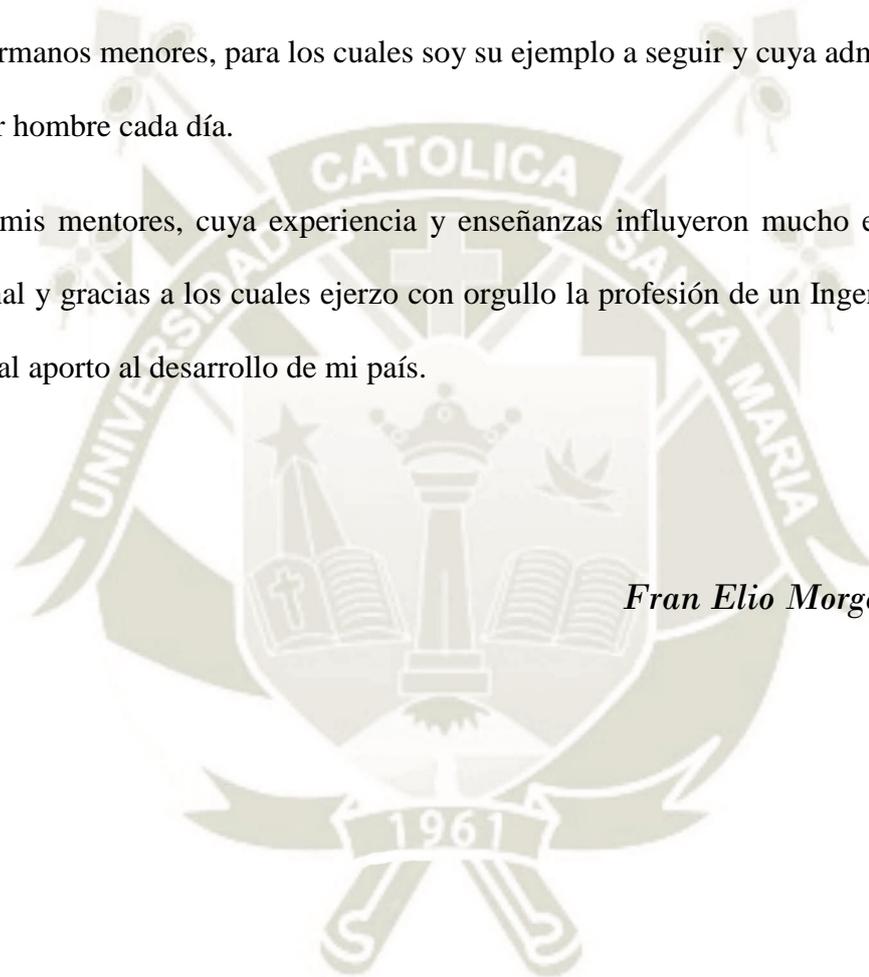
DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi querida madre y a mi esposa por ser las mujeres que me dan las fuerzas necesarias para seguir adelante y la alegría para afrontar con la mejor cara cada desafío por el que paso.

A mis hermanos menores, para los cuales soy su ejemplo a seguir y cuya admiración hace que sea mejor hombre cada día.

A todos mis mentores, cuya experiencia y enseñanzas influyeron mucho en mi vida como profesional y gracias a los cuales ejerzo con orgullo la profesión de un Ingeniero Industrial y con la cual apporto al desarrollo de mi país.

Fran Elio Morgan Calizaya



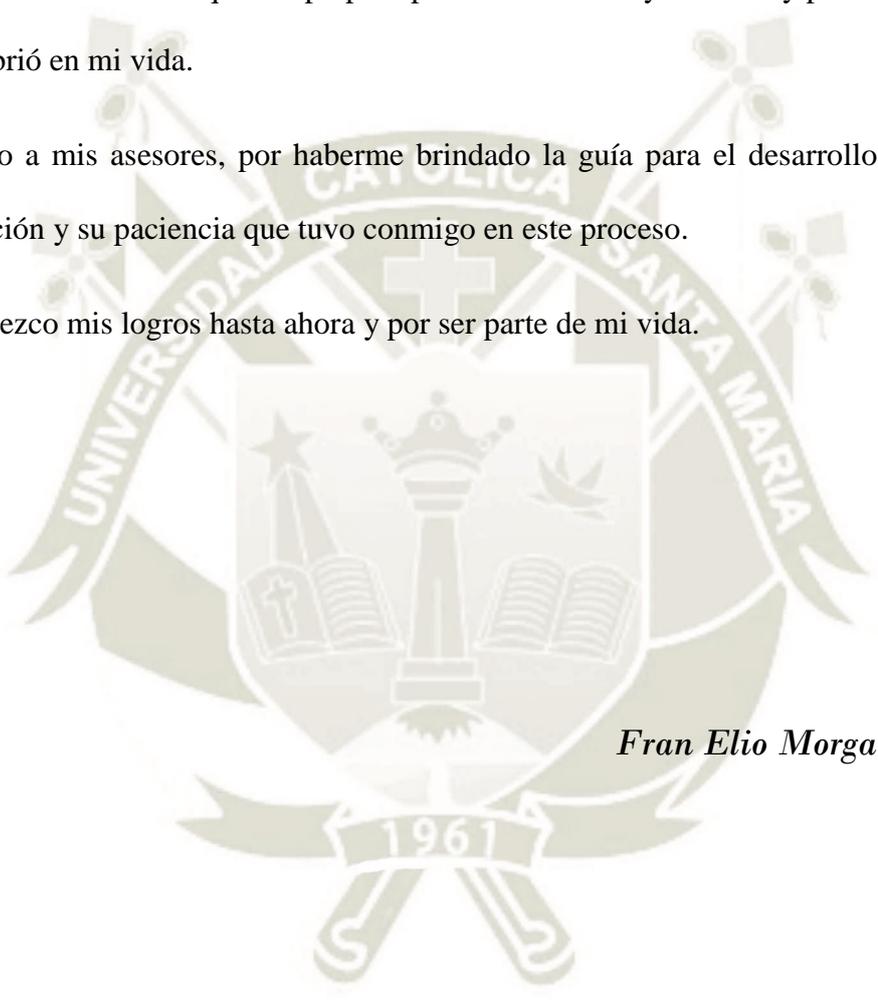
AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme llegar a este momento de mi vida, por permitirme vivir en compañía de mis seres queridos.

Gracias a mi universidad que me preparo para el mundo tal y como es y por las oportunidades que me abrió en mi vida.

Agradezco a mis asesores, por haberme brindado la guía para el desarrollo correcto de mi investigación y su paciencia que tuvo conmigo en este proceso.

Les agradezco mis logros hasta ahora y por ser parte de mi vida.



Fran Elio Morgan Calizaya

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	xxii
INDICE DE ANEXOS	xxiv
RESUMEN	xxvi
ABSTRACT	xxvii
INTRODUCCIÓN.....	xxviii
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....	1
1.1. Identificación del problema	1
1.2. Descripción del problema	1
1.3. Planteamiento del problema.....	1
1.3.1. Tipo de problema.....	1
1.3.2. Campo.....	2
1.3.3. Área	2
1.3.4. Línea	2
1.4. Formulación de problema	2
1.5. Sistematización del problema	2
1.6. Objetivos de la investigación.....	3
1.6.1. Objetivo general	3
1.6.2. Objetivos específicos	3
1.7. Justificación	3
1.8. Hipótesis	4
1.8.1. Hipótesis General	4
1.8.2. Hipótesis secundarias	4
1.9. Variables de investigación	4
1.9.1. Variable independiente	4

1.9.2.	Variable dependiente	4
1.9.3.	Operacionalización de variables	5
1.10.	Diseño metodológico	5
1.10.1.	Tipo de investigación	5
1.10.2.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	6
1.10.3.	Campo de Verificación	7
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO		8
2.1.	Antecedentes	8
2.2.	Mantenimiento Preventivo	10
2.3.	Mantenimiento Predictivo	10
2.4.	Mantenimiento Basado en RCM	11
2.5.	La Evolución del Mantenimiento	11
2.5.1.	La Primera Generación	11
2.5.2.	La Segunda Generación	12
2.5.3.	La Tercera Generación	12
2.6.	Cambio de Paradigmas	13
2.7.	Historia de RCM	14
2.7.1.	La Experiencia de las Aerolíneas	14
2.7.2.	La Evolución de RCM	17
2.7.3.	Otras versiones de RCM y de la Norma SAE	18
2.8.	Componentes del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad	19
2.8.1.	Mantenimiento Reactivo	19
2.8.2.	Mantenimiento Proactivo:	19
2.8.3.	Mantenimiento Preventivo:	20
2.8.4.	Mantenimiento Predictivo:	20
2.9.	RCM: Las siete preguntas básicas	21
2.9.1.	Primera pregunta: Funciones y niveles de desempeño	21
2.9.1.1.	Funciones	21
2.9.1.2.	Niveles de Desempeño	22
2.9.2.	Segunda pregunta: Fallas funcionales	23

2.9.3. Tercera pregunta: Análisis de efectos y tipos de fallas (FMEA)	23
2.9.3.1. Modo de Falla	23
2.9.3.2. Categorías de modos de fallas.....	23
2.9.4. Cuarta pregunta: Efectos de las fallas	24
2.9.5. Quinta pregunta: Consecuencias de las fallas	25
2.9.6. Sexta pregunta: Acciones para prevenir fallas.....	25
2.9.6.1. Mantenimiento proactivo	25
2.9.7. Séptima pregunta: Acciones de falla o de búsqueda de fallas	25
2.10. Distribución de Weibull.....	26
2.10.1. Modelo Weibull	26
2.10.2. La curva de Davies y la función tasa de fallos.....	27
2.11. Análisis Modal de Falla y Efecto.....	29
2.11.1. Tipos de AMFE.....	29
2.11.1.1. AMFE de diseño	29
2.11.1.2. AMFE de proceso	29
2.11.2. Índices de Confiabilidad para AMFE	29
2.11.3. Indicadores de Gestión.....	33
2.11.3.1. Tiempo promedio entre fallas (MTBF).....	33
2.11.3.2. Tiempo promedio para reparar (MTTR).....	33
2.12. Marco Conceptual.....	33
CAPITULO III. ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA	39
3.1. Descripción de la empresa	39
3.2. Antecedentes de la empresa.....	39
3.3. Estrategias de la empresa.....	39
3.3.1. Misión de la compañía.....	40
3.3.2. Visión de la compañía	40
3.3.3. Principios de la compañía.....	40
3.4. Descripción de los Productos y/o Servicios.....	41
3.5. Unidad de Producción Mina	41
3.6. Proceso Productivo	42
3.6.1. Mina.....	42
3.6.1.1. Perforación y Disparo	42
3.6.1.2. Carguío y Acarreo.....	42

3.6.1.3.	Chancado o Trituración.....	42
3.6.1.4.	Molienda	43
3.6.1.5.	Flotación	43
3.6.1.6.	Filtrado y Secado	43
3.6.1.7.	Carguío y Acarreo a Fundición.....	43
3.6.2.	Fundición	43
3.6.2.1.	Descarga de Concentrado y Formación de Camas	43
3.6.2.2.	Fundición y Convertidores.....	44
3.6.2.3.	Transporte a Refinería.....	44
3.6.3.	Refinería.....	44
3.6.3.1.	Planta electrolítica.....	44
3.6.3.2.	Embarque	45
3.7.	Flota de Camiones	46
3.8.	Tipo de Contrato	49
3.9.	Instalaciones de Mantenimiento	49
3.10.	Diagnostico período 2017.....	51
	Para realizar el diagnóstico de la gestión de mantenimiento de la flota 797F por parte de la empresa contratista es necesario analizar lo siguiente:	51
•	las estrategias de mantenimiento de la empresa contratista.....	51
•	Los indicadores de mantenimiento de la flota 797f.....	51
•	Organización del personal de empresa contratista hasta el periodo 2017	51
3.10.1.	Estrategias de Mantenimiento 2017.....	51
3.10.2.	Indicadores de Mantenimiento 2017.....	63
3.1.1.	Organización del personal en la empresa contratista 2017.....	75
 CAPITULO IV. APLICACIÓN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)		
		87
4.1.	ANÁLISIS DE LA UNIDAD DE PROCESO	87
4.1.1.	Lista de equipos	87
4.1.2.	Codificación de equipos	88
4.1.3.	Modelo de mantenimiento actual	90
4.1.4.	Especificaciones técnicas del camión minero 797F	91
4.1.4.1.	Características Generales.....	91

4.1.4.2. Motor	93
4.1.4.3. Pesos Aproximados	94
4.1.4.4. Especificaciones de Operación.....	95
4.1.4.5. Mando Finales	96
4.1.4.6. Transmisión	96
4.1.4.7. Suspensión.....	98
4.1.4.8. Dispositivo de Levantamiento de Cajas	98
4.1.4.9. Frenos	99
4.1.4.10. ROPS	100
4.1.4.11. Sonido.....	100
4.1.4.12. Capacidades de Llenado de Servicio	101
4.2. METODOLOGÍA RCM	102
4.2.1. Aplicación De herramientas RCM	102
4.2.2. Planes de acción basado en RCM.....	141
CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS	199
5.1. INDICADORES DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL CON MEJORES PROPUESTAS	199
5.1.1. Disponibilidad	199
5.1.2. Confiabilidad	201
5.1.2.1. MTFS AFTER PM ANUAL	203
5.1.2.2. MTFS AFTER PM TRIMESTRAL	204
5.1.2.3. MTFS AFTER PM POR EQUIPO 2017-2019	204
5.2. COMPARATIVO ECONÓMICO.....	209
5.2.1. Ahorro por implementación de estrategia - aumento	209
5.2.2. Ahorro por implementación de estrategia - aumento en el intervalo de ejecución de Mantenimientos preventivos.....	211
5.2.3. Ahorro por implementación de estrategia - aumento de PCR de componentes de media vida	212

5.2.4. Costo de paradas mecánicas y eléctricas	213
5.2.5. Inversión	214
5.2.5.1. Capacitación RCM	214
5.2.5.2. Dializadores de aceite:.....	215
5.2.6. EVALUACIÓN ECONOMICA.....	216
5.2.6.1. VAN – TIR.....	216
CONCLUSIONES.....	217
RECOMENDACIONES.	218
BIBLIOGRAFÍA.....	219



ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	5
TABLA 2. EFECTOS DEL FALLO	24
TABLA 3. CLASIFICACIÓN DE LA GRAVEDAD DE MODO DE FALLO SEGÚN EL IMPACTO EN EL USUARIO	30
TABLA 4. CLASIFICACIÓN DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE MODO DE FALLO	31
TABLA 5. CLASIFICACIÓN DE LA FACILIDAD DE DETECCIÓN DEL MODO DE FALLO	32
TABLA 6. CAMIONES DE ACARREO.	47
TABLA 7. PALAS ELÉCTRICAS.....	47
TABLA 8. PERFORADORA ELÉCTRICA.	48
TABLA 9. EQUIPO AUXILIAR.....	48
TABLA 10. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - 2017.....	52
TABLA 11. CAMBIO DE ACEITES POR PM -2017	52
TABLA 12. LISTADO DE REPUESTOS POR PM -2017.....	53
TABLA 13. TASK RECORD POR PM 2017-PARTE 1	54
TABLA 14. TASK RECORD POR PM 2017-PARTE 2	55
TABLA 15. CANTIDAD DE PMS EJECUTADOS EN EL PERIODO 2017	56
TABLA 16. COSTO DE ACEITES EN PMS EJECUTADOS 2017	56
TABLA 17. COSTO DE REPUESTOS EN PMS EJECUTADOS 2017.....	57
TABLA 18. REMPLAZO PLANEADO DE COMPONENTES (PCR) DE COMPONENTES MAYORES 797F.....	58
TABLA 19. CAMBIO DE COMPONENTES MAYORES PERIODO 2017 - MOTORES.....	58
TABLA 20. CAMBIO DE COMPONENTES MAYORES PERIODO 2017 – TREN DE POTENCIA .	59
TABLA 21. CAMBIO DE COMPONENTES MAYORES PERIODO 2017 – CILINDROS HIDRÁULICOS.....	60

TABLA 22. CAMBIO DE COMPONENTES MAYORES PERIODO 2017 – RUEDAS.....	61
TABLA 23. TIPO DE OCURRENCIA DE CAMBIO DE COMPONENTES –PERIODO 2017.....	61
TABLA 24. COSTO DE INSTALACIÓN DE COMPONENTES PERIODO 2017.....	62
TABLA 25. COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO PERIODO 2017	63
TABLA 26. DISPONIBILIDADES DE LA FLOTA 797F POR MES – PERIODO 2017.....	65
TABLA 27. DATOS PARA CÁLCULO DE MTBF FÍSICO POR EQUIPO EN EL PERIODO 2017 – NÚMERO DE PARADAS NO PROGRAMADAS.	68
TABLA 28. DATOS PARA CÁLCULO DE MTBF FÍSICO POR EQUIPO EN EL PERIODO 2017 – TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS).....	69
TABLA 29. MTBF FÍSICO POR EQUIPO – PERIODO 2017	70
TABLA 30. PARADAS NO PROGRAMADAS FÍSICAS Y LAS CONTRACTUALES	71
TABLA 31. PERSONAL CONTRATO MARC 797F.	76
TABLA 32. TEXTO EXPLICATIVO - MANTENIMIENTO PREVENTIVO (CORTO PLAZO) PARTE 1.....	78
TABLA 33. TEXTO EXPLICATIVO - MANTENIMIENTO PREVENTIVO (CORTO PLAZO) PARTE 2.....	79
TABLA 34. TEXTO EXPLICATIVO - MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	81
TABLA 35. TEXTO EXPLICATIVO -MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	84
TABLA 36. TEXTO EXPLICATIVO CIERRE ORDENES DE TRABAJO.....	86
TABLA 37. LISTADO DE EQUIPOS	88
TABLA 38. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	89
TABLA 39. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	91
TABLA 40. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOTOR	93
TABLA 41. PESOS APROXIMADOS.....	94
TABLA 42. ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN.....	95

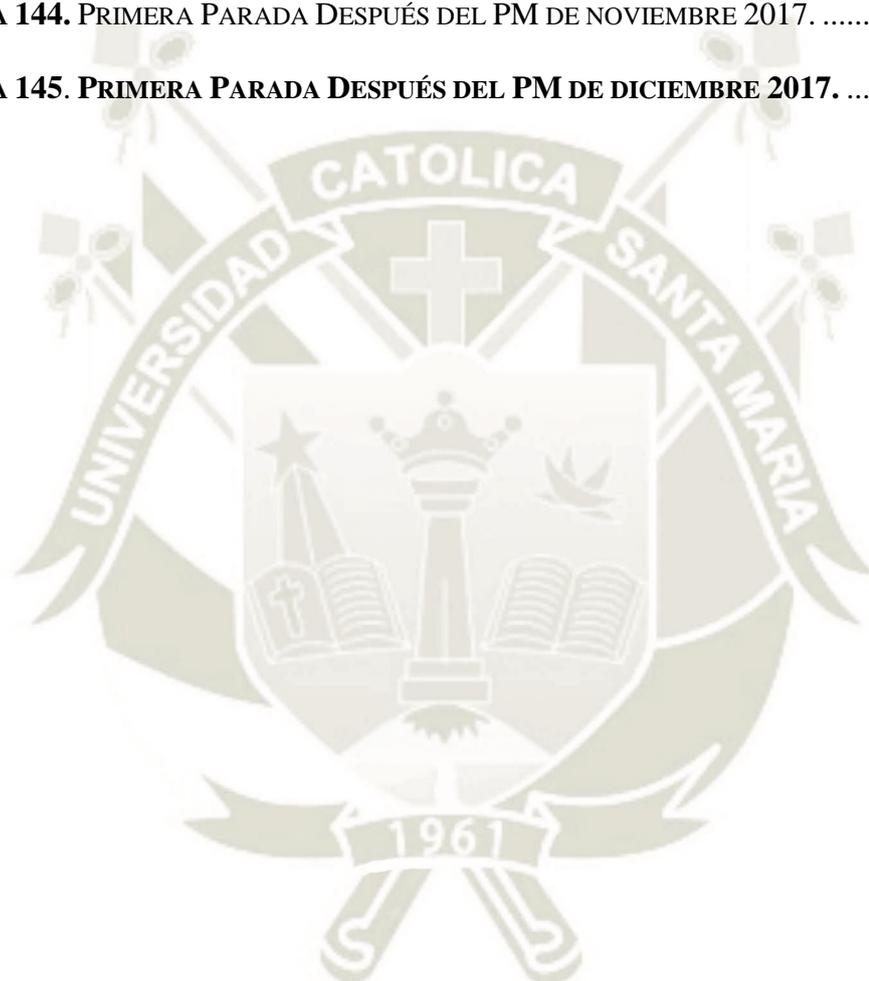
TABLA 43. MANDO FINALES	96
TABLA 44. TRANSMISIÓN	96
TABLA 45. SUSPENSIÓN.	98
TABLA 46. DISPOSITIVO DE LEVANTAMIENTO DE CAJA	98
TABLA 47. FRENOS.....	99
TABLA 48. CAPACIDADES DE LLENADO DE SERVICIO	101
TABLA 49. VALORACIÓN DEL NIVEL DE GRAVEDAD.....	107
TABLA 50. FRECUENCIA DE FALLA.....	108
TABLA 51. MATRIZ GRAVEDAD - FRECUENCIA.....	108
TABLA 52. RANGO DE CRITICIDAD	109
TABLA 53. AMFE – SISTEMA DEL MOTOR (PARTE 1)	110
TABLA 54. AMFE – SISTEMA DEL MOTOR (PARTE 2)	111
TABLA 55. AMFE – SISTEMA DEL MOTOR (PARTE 3)	112
TABLA 56. AMFE – TRANSMISIÓN DE POTENCIA	113
TABLA 57. AMFE – TREN DE MOTRIZ (PARTE 1)	114
TABLA 58. AMFE – TREN DE MOTRIZ (PARTE 2).....	115
TABLA 59. AMFE – IMPLEMENTOS DE CONTROL	116
TABLA 60. AMFE - IMPLEMENTOS	117
TABLA 61. AMFE – MÁQUINA (PARTE 1)	117
TABLA 62. AMFE – MÁQUINA (PARTE 2)	118
TABLA 63. AMFE - FRAME	119
TABLA 64. AMFE - SISTEMA DE LUBRICACIÓN AUTOMÁTICA.....	119
TABLA 65. TABLA AMFE FALLAS DE ALTA Y MEDIANA CRITICIDAD	120
TABLA 66. TIEMPO DE PARADAS EN SUBSISTEMAS	121
TABLA 67. DATOS JACKKNIFE.....	125

TABLA 68. CURVAS DE INDISPONIBILIDAD	126
TABLA 69. LÍMITES O EJES DEL JACK KNIFE	126
TABLA 70. CLASIFICACIÓN DE FALLAS SEGÚN JACK KNIFE	128
TABLA 71. CLASIFICACIÓN POR INDISPONIBILIDAD DE FALLAS	129
TABLA 72. PCR DE COMPONENTES MAYORES 797F	130
TABLA 73. DATOS DE VIDA - MOTORES	131
TABLA 74. DATOS DE VIDA CONVERTIDORES	133
TABLA 75. DATOS DE VIDA TRANSMISIONES.....	134
TABLA 76. DATOS DE VIDA DIFERENCIALES	136
TABLA 77. DATOS DE VIDA MANDOS FINALES	137
TABLA 78. DATOS DE VIDA DE RUEDAS DELANTERAS.....	139
TABLA 79. LISTADO DE EQUIPOS NUEVOS EN EL PERIODO 2018	143
TABLA 80. RESUMEN DE PERSONAL CONTRATO MARC DEL PERIODO 2018-2019.....	143
TABLA 81. RESUMEN DE ORGANIGRAMA DEL PERIODO 2018-2019	144
TABLA 82. FUNCIONES DEL JEFE DE PLANEAMIENTO	145
TABLA 83. FUNCIONES DEL PLANIFICADOR	146
TABLA 84. FUNCIONES DEL ESPECIALISTA DE FLOTA.....	147
TABLA 85. FUNCIONES DEL ASISTENTE DE PLANEAMIENTO.....	148
TABLA 86. FUNCIONES DEL PROGRAMADOR.....	149
TABLA 87. FUNCIONES DEL ANALISTA DE MONITOREO.....	150
TABLA 88. EVOLUCIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO.....	157
TABLA 89. ACEITE DE MOTOR 15W40	158
TABLA 90. ACEITE HIDRÁULICO 10W	158
TABLA 91. ACEITE DE TRANSMISIÓN Y CONVERTIDOR SAE30.....	159
TABLA 92. ACEITE DE MANDOS FINALES Y DIFERENCIAL SAE60.....	159

TABLA 93. FRECUENCIAS DE CAMBIO DE ACEITE PERIODO 2017-2019	160
TABLA 94. ESTRATEGIA DE PM 2018-2019	162
TABLA 95. LISTADO DE REPUESTOS POR PM -2018-2019	163
TABLA 96. CAMBIO DE ACEITES POR PM -2018-2019	164
TABLA 97. LISTADO DE REPUESTOS ADICIONALES POR PM -2018-2019	164
TABLA 98. BASE PARA DIAGRAMA DE GANTT PM1 2018-2019	166
TABLA 99. BASE PARA DIAGRAMA DE GANTT PM2 2018-2019	167
TABLA 100. BASE PARA DIAGRAMA DE GANTT PM3 2018-2019	168
TABLA 101. BASE PARA DIAGRAMA DE GANTT PM4 2018-2019	169
TABLA 102. BASE PARA DIAGRAMA DE GANTT PM5 2018-2019	170
TABLA 103. BASE PARA DIAGRAMA DE GANTT PM6 2018-2019	171
TABLA 104. COSTO DE MANTENIMIENTO POR CAMIÓN 797F – ESTRATEGIA ANTIGUA VS NUEVA	172
TABLA 105. COSTOS DE REPARACIÓN A TARIFA FIJA EN US \$ 2018-2019	175
TABLA 106. EXTENSIÓN DE LA VIDA DE LOS COMPONENTES PARA LA FLOTA DE CAMIONES 797F	176
TABLA 107. COMPROMISOS Y RESPONSABILIDADES	177
TABLA 108. SIMULACIÓN DE COSTOS DE COMPONENTES EN EL CICLO DE VIDA DE 120,000 HORAS DE LA FLOTA DE 797F (31 CAMIONES)	178
TABLA 109. MODOS DE FALLA DE COMPONENTES DE MEDIA VIDA.	180
TABLA 110. CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE CAMBIO DE COMPONENTES MEDIA VIDA.....	181
TABLA 111. AHORRO POR EXTENSIÓN DE PCR DE COMPONENTES MENORES ML	181
TABLA 112. AHORRO TOTAL MEDIA VIDA MOTOR	182
TABLA 113. MEJORA DE CONFIABILIDAD DE REPARACIONES DE COMPONENTES	182
TABLA 114. BENEFICIOS CAMBIO SELLOS DUOCONO	197

TABLA 115. DISPONIBILIDAD Y UTILIZACIÓN 2017 - 2019	200
TABLA 116. DISPONIBILIDAD MENSUAL 2017 - 2019	200
TABLA 117. DISPONIBILIDAD MENSUAL 2017	201
TABLA 118. DISPONIBILIDAD MENSUAL 2018	202
TABLA 119. DISPONIBILIDAD MENSUAL 2019	202
TABLA 120. NÚMERO DE COMPONENTES AHORRADAS	209
TABLA 121. AHORRO EN CAMBIO DE COMPONENTES	210
TABLA 122. AHORRO AUMENTO PMS.....	211
TABLA 123. AHORRO AUMENTO DE PCR.....	212
TABLA 124. COSTO TOTAL FLOTA 797F	213
TABLA 125. COSTO POR EQUIPO	213
TABLA 126. TEMARIO CAPACITACIÓN RCM.....	214
TABLA 127. COSTO DE CAPACITACIONES.....	215
TABLA 128. INDICADORES ECONÓMICOS	216
TABLA 129. ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DE SERVICIO A LA EMPRESA MINERA	223
TABLA 130. RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DE SERVICIO A LA EMPRESA MINERA.....	224
TABLA 131. PROGRAMA DE INTERVALOS DE MANTENIMIENTO SEGÚN FABRICANTE.	225
TABLA 132. DATOS DE EVALUACIÓN DE MOTOR SALIENTE	226
TABLA 133. DATOS DE EVALUACIÓN DE MOTOR SALIENTE	226
TABLA 134. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE ENERO 2017.....	228
TABLA 135. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE FEBRERO 2017.....	229
TABLA 136. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE MARZO 2017.....	230
TABLA 137. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE ABRIL 2017.....	231
TABLA 138. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE MAYO 2017	232

TABLA 139. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE JUNIO 2017	233
TABLA 140. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE JULIO 2017	234
TABLA 141. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE AGOSTO 2017	235
TABLA 142. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE SETIEMBRE 2017	236
TABLA 143. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE OCTUBRE 2017	237
TABLA 144. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE NOVIEMBRE 2017.	238
TABLA 145. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM DE DICIEMBRE 2017.	239



INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. EVOLUCIÓN DE LAS EXPECTATIVAS DEL MANTENIMIENTO.	13
FIGURA 2. COMPONENTES DE UN PROGRAMA RCM	19
FIGURA 3. MARGEN DE DETERIORO.	22
FIGURA 4. MODELO WEIBULL	26
FIGURA 5. PROMEDIO DE VIDA DE COMPONENTES MAYORES AL PERIODO 2017.....	62
FIGURA 6. DISPONIBILIDADES PERIODO 2017	66
FIGURA 7. DISPONIBILIDAD ANUAL FLOTA 797F AÑO 2017 POR EQUIPO.....	66
FIGURA 8. MTBF FÍSICA POR EQUIPO	71
FIGURA 9. MTBF FÍSICO Y CONTRACTUAL DE LA FLOTA 797F POR MES – PERIODO 201772	
FIGURA 10. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM PERIODOS 2015-2017.	73
FIGURA 11. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM POR MES – PERIODO 2017.....	73
FIGURA 12. PRIMERA PARADA DESPUÉS DEL PM POR EQUIPO – PERIODO 2017.....	74
FIGURA 13. MTFS MENSUAL EN EL PERIODO 2017	74
FIGURA 14. ORGANIGRAMA 2017.	75
FIGURA 15. MANTENIMIENTO PREVENTIVO (CORTO PLAZO).....	77
FIGURA 16. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.	80
FIGURA 17. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	83
FIGURA 18. EQUIPO DE TRABAJO DEL MANTENIMIENTO	90
FIGURA 19. DIMENSIONES DEL VOLQUETE 797F	92
FIGURA 20. COMPONENTES DEL CONVERTIDOR DE TORQUE	94
FIGURA 21. COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	95
FIGURA 22. COMPONENTES DE LA TRANSMISIÓN.....	97
FIGURA 23. COMPONENTES DEL POWER TRAIN	97
FIGURA 24. COMPONENTES DEL SISTEMA DE LEVANTE	99

FIGURA 25. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACTUACIÓN DE FRENO	100
FIGURA 26. DIAGRAMA ISHIKAWA	105
FIGURA 27. DIAGRAMA PARETO	122
FIGURA 28. INTERPRETACIÓN DE CUADRANTES DEL JACKKNIFE	124
FIGURA 29. DIAGRAMA JACK KNIFE – PERIODO 2017	127
FIGURA 30. GRAFICA DE PROBABILIDAD- WEIBULL – MOTORES	132
FIGURA 31. CÁLCULOS CON MINITAB - MOTORES	132
FIGURA 32. GRAFICA DE PROBABILIDAD- WEIBULL – TRANSMISIONES.....	135
FIGURA 33. CÁLCULOS CON MINITAB- TRANSMISIONES.	135
FIGURA 34. GRAFICA DE PROBABILIDAD- WEIBULL – MANDOS FINALES.....	138
FIGURA 35. GRAFICA DE PROBABILIDAD- WEIBULL – RUEDAS.....	140
FIGURA 36. CÁLCULOS CON MINITAB - RUEDAS	140
FIGURA 37. ORGANIGRAMA PROPUESTO 2018-2019.....	142
FIGURA 38. ORGANIGRAMA MATRICIAL DE PLANEAMIENTO 2018-2019	151
FIGURA 39. FLUJOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO	152
FIGURA 40. FLUJOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO – GENERACIÓN DE BACKLOGS POR CONDICIÓN DE EQUIPO	153
FIGURA 41. FLUJOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	154
FIGURA 42. CIERRE DE ÓRDENES DE TRABAJO	155
FIGURA 43. NIVELES EN LA CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO	156
FIGURA 44. PORCENTAJE DE COSTOS DE REPARACIÓN DE COMPONENTES	175
FIGURA 45. EXTENSIÓN DE PCR DE COMPONENTES MENORES DE MOTOR.....	179
FIGURA 46. LOS PRINCIPALES PUNTOS A EVALUAR EN UN RECORRIDO.....	185
FIGURA 47. BULBOS - CONFIGURACIÓN LÁMPARAS.....	188

FIGURA 48. HARNES IZQUIERDO DE MOTOR	189
FIGURA 49. BRACKET DE SUJECIÓN	190
FIGURA 50. HARNES BOMBA DE COMBUSTIBLE	191
FIGURA 51. HARNES INYECTOR	192
FIGURA 52. UBICACIÓN DE ECM	193
FIGURA 53. VISTA TRANSVERSAL DEL INYECTOR	193
FIGURA 54. PARADAS POR INYECTOR - 2017.....	194
FIGURA 55. IMPACTO MTBF PARADA DE INYECTORES	194
FIGURA 56. PROBABILIDAD WEIBULL.....	195
FIGURA 57. HISTOGRAMA DE FALLAS	195
FIGURA 58. DISPONIBILIDAD FÍSICA - CONTRACTUAL	199
FIGURA 59. DISPONIBILIDAD FÍSICA - CONTRACTUAL 2017 - 2019.....	201
FIGURA 60. MTBF 2017 - 2019	203
FIGURA 61. MTFS ANUAL.....	203
FIGURA 62. MTFS TRIMESTRAL	204
FIGURA 63. MTFS POR EQUIPO	205
FIGURA 64. PARADAS 2017.....	206
FIGURA 65. HORAS DE PARADAS ATENDIDAS 2017	206
FIGURA 66. PARADAS ATENDIDAS 218.....	207
FIGURA 67. HORAS PARADAS ATENDIDAS 2018	207
FIGURA 68. PARADAS ATENDIDAS 2019.....	208
FIGURA 69. PARADAS 2019.....	208

INDICE DE FOTOS

FOTO 1. INSTALACIONES DE OPERACIONES MINA (PLANTA).....	45
FOTO 2. INSTALACIONES DE OPERACIONES MINA (EQUIPOS DE MINA).	45
FOTO 3. INSTALACIONES DE OPERACIONES MINA (FAJA TRANSPORTADORA).	46
FOTO 4. INSTALACIONES DE MANTENIMIENTO EXTERNA.....	49
FOTO 5. BAHIAS DE MANTENIMIENTO.	50
FOTO 6. INSTALACIONES INTERNAS DE MANTENIMIENTO.....	50
FOTO 7. CAMIÓN MINERO 797F	91
FOTO 8. FOTO DE MOTOR	93
FOTO 9. MAPEO DE RUTA.....	184
FOTO 10. MAPEO DE RUTA.....	184
FOTO 11. PUNTOS A EVALUAR, LA CARGA.	185
FOTO 12. PROTECTOR DE HARNESS Y SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	187
FOTO 13. FUGA POR ROTURA DE SELLOS DUOCONE	196
FOTO 14. DESGASTE POR ROZAMIENTO	197
FOTO 15. PROTECCIÓN DE MANGUERAS	198
FOTO 16. COTIZACIÓN DE DIALIZADORES DE ACEITE	227

ÍNDICE DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez, R. (2018). “Propuesta de plan de mantenimiento preventivo y mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) como estrategia de optimización del desempeño en una empresa metalmeccánica.....	219
Aquino, M. (2012). Modernización del sistema de monitoreo y control de faja transportadora en mina Marcona.	219
Benavides, A. (06 de diciembre de 2017). https://www.slideshare.net/ninuzka/perforacion-diamantina-61351126	219
Bestratén, M. (2001). NTP 679 Análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE.....	219
Carpio, M. (2016). Implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad del taller de maestranza comercial Tornocentro A.....	219
Casar, A. (04 de 2008). http://www.emb.cl/ . Obtenido de http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=919	219
Da Costa, M. (2010). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción.....	219
Djeddi, A., Hafaifa, A. y Salam A. (2015) Operational reliability analysis applied to a gas turbine based on three parameter Weibull distribution..	219
Euskalit. (2016). http://www.euskalit.net/ . Recuperado el 28 de NOVIEMBRE de 2016, de http://www.euskalit.net/pdf/folleto5.pdf	219
Falcón, O. (2016). Los métodos cuantitativos en la mejora de los procesos del catering. Cuba:.....	219
Flores, C. (2013). Sistema de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de separadores magnéticos en la empresa minera Shougang Hierro Perú S.A.A. ú.	220
García, S. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos.	220
Groover, M. (1997). Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas.....	220
Hoyos, O. (2011). LRCM y el intervalo de búsqueda de fallas. Living Reliability.....	220
Instituto Arequipa – Perú (2020). Programa de Capacitación Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.	220
Martínez, P. (21 de noviembre de 2017). http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema2.MateriasPrimasFabricacionAcero.pdf	220

MIL-HDBK-338 (1988). Electronic reliability design handbook. US Department of defense.....	220
Ministerio de minas y energía. (22 de noviembre de 2017). Glosario técnico minero. 6	220
Moubray J. (2004). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II.....	220
Moubray, J. (1997). Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)..	220
MP. (06 de diciembre de 2017). Marcona Protesta. /	220
Núñez, J. (2017). AMFE: Análisis modal de fallos y efectos.	220
Parra, F. (2005). Gestión de stocks. Madrid: ESIC Editorial.	220
Pascual, R. J. (2002). Gestion Moderna del Mantenimiento.....	220
Pinto, H. (2011). Shougang Hierro Perú S.A.A.: problema laboral 1993-2010.....	221
Rivera, M. (2015). Implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) a la empresa fabricaciones generales mantenimiento y servicios S.A.C.....	221
S.A.C.	221
Sainz, J. (2003). El plan estratégico en la práctica.....	221
Salazar, L. (2019). Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser.....	221
Empresa Minera. (2018). Sitio Oficial de Empresa Minera.....	221
Empresa Minera. (2018). Portal web Empresa Minera Perú.....	221
Serrano, C. (2013). Sistema de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de separadores magnéticos en la empresa minera Shoungang Hierro Perú S.A.A.	221
Sexto L. (2014). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM. 2da Edición.	221
Shoungang. (06 de diciembre de 2017). Sitio Shoungang.	221
Slimstock. (21 de noviembre de 2017).....	221
SMV. (2018). Portal de la SMV [Estados Financieros entre 2012 y 2016. Lima: Superintendencia del Mercado de Valores.	221
Empresa Minera. (2017). Formulario 10-K de 2016: Reporte anual de acuerdo con lo estipulado en la sección 13 o 15(d) de la ley de bolsas de valores de 1934. Lima: Autor.	221
Empresa Minera. (2011). EIA Ampliación de la Concentradora y Recrecimiento del Embalse de Relaves de Quebrada Honda. Moquegua: Walsh Perú S.A.	222
Empresa Minera. (2018). Información complementaria referida a la Empresa Minera, sucursal del Perú, por el período 2016. Lima: Autor.....	222

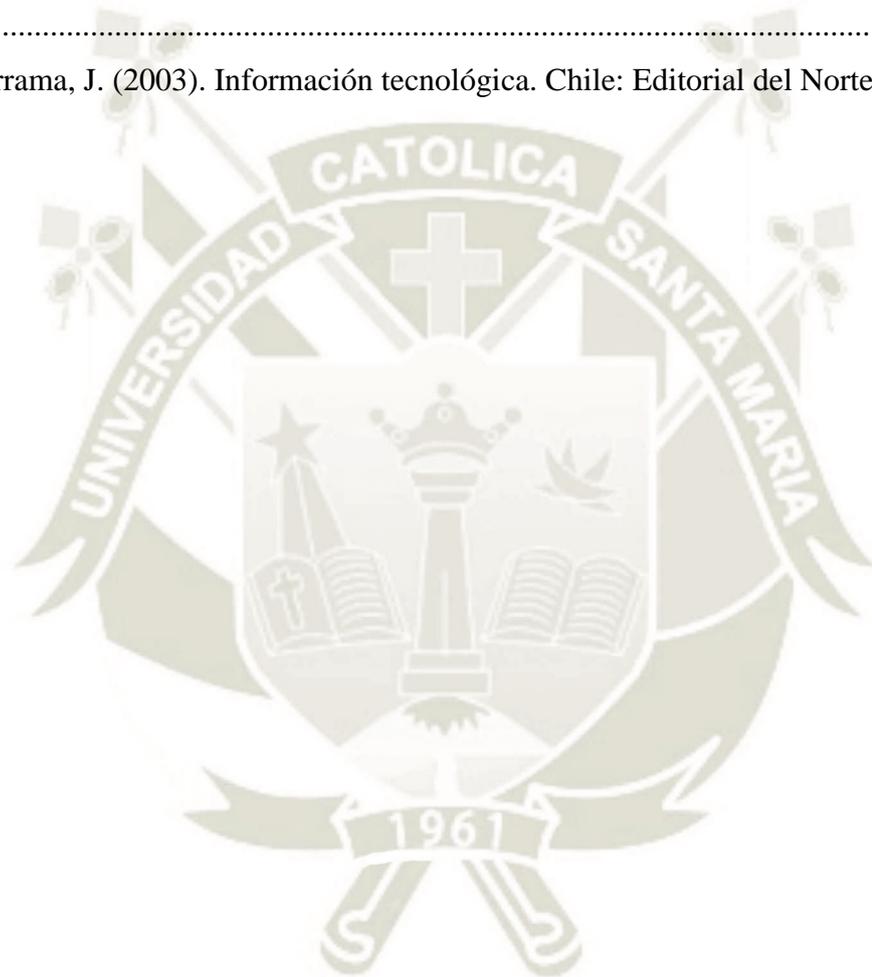
Tavares, L. A. (2009). Administración Moderna Del Mantenimiento. Novo Polo Publicaciones - Brasil. 222

Teruel, S. (11 de Setiembre de 2014). Obtenido de <http://www.captio.net/blog/5-herramientas-para-la-mejora-de-procesos> 222

Teruel, S. (11 de Setiembre de 2014). Obtenido de <http://www.captio.net/blog/5-herramientas-para-la-mejora-de-procesos> 222

UFV. (2016). Definiciones de mantenimiento. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 222

Valderrama, J. (2003). Información tecnológica. Chile: Editorial del Norte. 222



INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuestas de satisfacción del servicio según el cliente (empresa minera) ..	223
Anexo 2. Frecuencias para cambios de aceite según CAT.....	225
Anexo 3. Informes de cambio de componentes con nuevo PCR.....	226
Anexo 4. Cotización Dializador de Aceite	227
Anexo 5. Primera Parada Después del PM de Enero a diciembre 2017.....	228



RESUMEN

El presente estudio se realiza en una unidad minera ubicada al sur del país y se desarrolla en los periodos comprendidos del 2017 al 2019, no se considera el periodo 2020 ya que por la coyuntura surgida a raíz del covid 19, las empresas mineras no trabajan con normalidad, esto incluye la reducción de la producción a una mínima capacidad y muchas otras limitaciones en los procesos mineros.

La investigación realizada es de tipo Descriptiva, ya que trabaja sobre realidades de hechos y presenta una interpretación correcta de la situación en la que se encuentra el nivel de servicio de la flota 797, también es de tipo explicativa, ya que busca encontrar las causas que ocasiona el bajo nivel del servicio de la empresa contratista encargada del mantenimiento de la flota en estudio y las condiciones en que se dan estos problemas, por ultimo también es una investigación cuantitativa, ya que su propósito es hallar las causas que expliquen la naturaleza de su objeto de estudio a partir de la observación, la comprobación y la experiencia. debido a que las flotas de camiones en estudio deben mantenerse operativos de manera continua ya que son una pieza fundamental en la producción minera.

Para realizar el estudio se recopiló información como reportes, registros de paradas, registro de fallas, reportes del sistema de producción de equipos, con los que se pudo realizar un diagnóstico inicial, encontrando que el nivel de servicio no era el más óptimo, encontrando una baja confiabilidad, por lo que se plantean diversas estrategias basadas en el RCM; aplicaremos todas las herramientas que nos ofrece esta metodología para la propuesta y ejecución de mejoras en nuestras estrategias de mantenimiento que permitan mejorar el nivel de servicio de la empresa contratista en la flota 797F.

Palabras clave: Mantenimiento, Confiabilidad, Disponibilidad.

ABSTRACT

This study is carried out in a mining unit located in the south of the country and is carried out in the periods from 2017 to 2019, the 2020 period is not considered since due to the situation arising from covid 19, mining companies do not work with normality, this includes reducing production to minimum capacity and many other limitations in mining processes.

The research carried out is Descriptive, since it works on factual realities and presents a correct interpretation of the situation in which the level of service of the 797 fleet is found, it is also explanatory, since it seeks to find the causes that causes the low level of service of the contractor company in charge of the maintenance of the fleet under study and the conditions in which these problems occur, finally it is also a quantitative investigation, since its purpose is to find the causes that explain the nature of its object of study from observation, verification and experience. Due to the fact that the fleet of trucks under study must be kept in continuous operation as they are a fundamental part of mining production.

To carry out the study, information such as reports, stop records, failure records, reports of the equipment production system was collected, with which an initial diagnosis could be made, finding that the service level was not the most optimal, finding a low reliability, which is why various strategies based on RCM are proposed; We will apply all the tools that this methodology offers us to propose and carry out improvements in our maintenance strategies that allow us to improve the level of service of the contractor company in the 797F fleet.

Keywords: Maintenance, Reliability, Availability.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la extracción minera involucra diversas áreas en los procesos de obtención de mineral, el presente estudio se enfoca principalmente en el área de mantenimiento desde el punto de vista de la Ingeniería Industrial.

El mantenimiento de equipos es sumamente importante, pues involucra aspectos como la disponibilidad y la confiabilidad de máquina.

La presente investigación tiene como objeto de estudio a los camiones de acarreo de mineral 797F, mismos que se encuentran bajo responsabilidad de la empresa contratista en estudio.

En el capítulo 1, se presenta el planteamiento teórico, donde se expone el problema, así como los objetivos y variables de investigación. El capítulo también presenta el diseño metodológico a seguir.

En el capítulo 2, se presenta el marco teórico en el que se fortalece toda la base teórica respecto a lo que es el mantenimiento y la descripción de la metodología a seguir en la investigación.

En el capítulo 3, se realiza el análisis situacional de la empresa, donde se describe la dirección de la empresa, la descripción de los procesos, instalaciones entre otros. Finalmente, en este capítulo se realiza el diagnóstico o situación actual de la empresa.

En el capítulo 4, se presenta la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, dividiéndose en el análisis de la unidad de proceso y la metodología RCM propiamente dicha.

En el capítulo 5, se presenta el análisis de resultados, presentando los indicadores de confiabilidad y un análisis de los indicadores económicos resultantes.

CAPITULO I.

PLANTEAMIENTO TEÓRICO.

1.1. Identificación del problema

¿Cómo implementar el mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) para mejorar el nivel de servicio de una flota de camiones 797F en una empresa minera, Arequipa 2019?

1.2. Descripción del problema

En la extracción minera, las áreas involucradas en el proceso de producción de cobre son múltiples, en la presente tesis es objeto de estudio un área en particular, el área de mina que involucra el mantenimiento de los equipos que intervienen en el proceso de acarreo del material: camiones (797F) los cuales están a cargo de la empresa contratista S.A. y su contrato MARC 797F. Hasta el año 2017 el tipo de mantenimiento de los equipos es percibido como deficiente por el cliente minero, debido a que los equipos no superan la disponibilidad física impuesta por el cliente (superior a 90%), de igual manera los procesos que se dan en la empresa contratista al estar basados en una organización no muy eficiente, existe una deficiente designación de funciones en los cargos del personal y por ende una mala planificación del mantenimiento, debido a estas razones la disponibilidad física está por debajo de lo esperado por el cliente.

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Tipo de problema

Es de tipo teórico – correlacional debido a que tiene como propósito obtener información que permitirá explicar, comprender y proponer soluciones a problemas de mantenimiento.

1.3.2. Campo

Ciencias e ingenierías físicas y formales: Ingeniería Industrial

1.3.3. Área

Operaciones industriales

1.3.4. Línea

Mantenimiento

1.4. Formulación de problema

¿En cuánto mejoraría el nivel de servicio en el contrato MARC 797F de la empresa contratista, mediante la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM?

1.5. Sistematización del problema

- ¿Cuál fue la situación de servicio del año 2017 que ofrecía la empresa contratista respecto a su contrato MARC 797F?
- ¿Cuáles son las bases teóricas que fundamentan el desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM?
- ¿Cuál es el procedimiento y las etapas que ha de seguirse para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM?
- ¿Cuáles son las fallas, causas y consecuencias y cómo mejorar la confiabilidad de la flota de camiones 797F?

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Realizar la propuesta de mejora y aplicación del mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) en una empresa minera, Arequipa 2019.

1.6.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de las condiciones del servicio que se ofrece en el contrato MARC 797F en el año 2017.
- Desarrollar la metodología de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.
- Aplicar la metodología del mantenimiento basado en la confiabilidad RCM a la flota de camiones 797F de la empresa minera.

1.7. Justificación

La importancia de un camión CAT 797F en una minera es de gran impacto por su función de acarreo de material y capacidad de producción, teniendo una capacidad de carga de hasta 400 toneladas de mineral, es por estos motivos la importancia de maximizar su disponibilidad y confiabilidad.

La presente investigación se realiza con el fin de minimizar las principales causas de baja confiabilidad y disponibilidad de los equipos que evitan el logro de los objetivos impuestos por el cliente y proponer el RCM (Mantenimiento basado en la confiabilidad).

Adicionalmente se debe resaltar que en base del presente estudio se puede aplicar metodologías de excelencia para la mejora de procesos de mantenimiento, siendo una de las bases en la productividad de las empresas, adicionalmente con otras herramientas de la ingeniería industrial, las cuales no podrían funcionar de manera óptima sin el análisis desarrollado.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis General

Es probable que, la implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad RCM permitan elevar el nivel de servicio en el contrato MARC 797F en una empresa minera de Arequipa, en el año 2019.

1.8.2. Hipótesis secundarias

- Es probable realizar el análisis de la situación en el periodo 2017, que permitirá conocer las deficiencias en los procesos que se dan para el soporte de la flota 797F.
- Es probable desarrollar la metodología de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.
- Es probable identificar las causas, efectos y las consecuencias de las fallas de la maquinaria e implementar en base a estos resultados, las estrategias del mantenimiento basado en la confiabilidad RCM, a la flota de camiones 797F.

1.9. Variables de investigación

1.9.1. Variable independiente

Gestión de mantenimiento RCM

1.9.2. Variable dependiente

Asegurar y aumentar la confiabilidad, disponibilidad de la flota de camiones 797F.

1.9.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Variable	Dimensiones	Indicador	Formula	Unidad de medida
Independiente (RCM)	Gestión de mantenimiento RCM	Reportes de Sistema de Producción de Equipos		
Dependiente	KPI's de Disponibilidad y confiabilidad	Disponibilidad física mensual y anual	$\frac{\text{Horas totales} - \text{horas de manto}}{\text{Horas totales}}$	%
		MTBF: Tiempo medio entre fallas.	$\frac{\text{Horas operativas}}{\text{Numero de paradas no programadas de manto}}$	Horas
		Primera parada después del Mantto preventivo	Promedio de Horas después de PM	Horas

Fuente: Elaboración propia.

Comentario: En la tabla 1 se indica que la gestión de mantenimiento o variable Independiente depende la disponibilidad física, el tiempo medio entre fallas y la primera parada después del PM, las mejoras de los indicadores mencionados resultaran en el éxito de nuestra gestión de manto.

1.10. Diseño metodológico

1.10.1. Tipo de investigación

Descriptiva, ya que trabaja sobre realidades de hechos y presenta una interpretación correcta de la situación en la que se encuentra el área en estudio.

Explicativa, ya que busca encontrar las causas que ocasiona el bajo nivel del servicio del área en estudio y las condiciones en que se dan estos problemas, la investigación está orientada a la comprobación de la hipótesis, esto es identificación y análisis de las causales.

Cuantitativa, Ya que su propósito es hallar leyes generales que expliquen la naturaleza de su objeto de estudio a partir de la observación, la comprobación y la experiencia. Esto es, a partir del análisis de resultados experimentales que arrojan representaciones numéricas o estadísticas verificables.

1.10.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

1.10.2.1. Técnicas

Los medios a través del cual se efectuará el método son:

- **Observación Directa:**

Por medio de este ítem se identificará el problema, se observará y se analizará las principales fuentes de información (sistema, formatos, empleados) Las observaciones iniciales consistirán en describir los procesos actuales y analizar la información que se tiene en el área de planeamiento de mantenimiento ya que son percibidos por el cliente interno como ineficientes, propios del área para un servicio más eficiente, así como la falta de organización y manual de funciones.

- **Muestra:**

Los procesos del área serán obtenidos con antecedentes de 12 meses. La información escrita incluirá los procesos que se dan en el área que pueden ser sujetos a una mejora. La muestra de la información permitirá cuantificar las variables o indicadores que forman parte de la Identificación del Problema.

- **Encuesta:**

Aplicada a los trabajadores de la empresa minera o cliente, tanto empleados como técnicos de las áreas de planeamiento y mantenimiento con el fin de percibir el nivel de servicio de parte de la empresa contratista.

1.10.2.2. Instrumentos

Con los objetivos establecidos se identificará los datos que se desea analizar y que fuentes son las más apropiadas para proporcionarlos, y de acuerdo a ello los instrumentos que conviene utilizar son:

- **Diario de Campo:** para la observación de los procesos que se dan en el área.
- **Recolección de Datos:** Se utilizará la información obtenida a través de la investigación de bases históricas y actuales del área en estudio, en especial importancia de los procesos de generación al cierre de Órdenes de Trabajo.

1.10.3. Campo de Verificación

1.10.3.1. Ámbito

El área de aplicación se ubica al Sur de Perú, en una unidad minera.

1.10.3.2. Temporalidad

El estudio se realizará dentro del año 2017 – 2019.

1.10.3.3. Unidad de Estudio

Constituido por la empresa contratista y el contrato MARC 797F en una unidad minera ubicada al sur del país.

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

El elemento que sustenta el camino a seguir dentro del presente estudio es el marco teórico, ya que en base a éste se iniciará, continuará y extraerá la teoría pertinente para su respaldo. Este capítulo implica analizar y exponer las teorías, enfoques, investigaciones y antecedentes considerados válidos para el correcto encuadre del estudio.

2.1. Antecedentes

“Implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) a la empresa fabricaciones generales mantenimiento y servicios S.A.C.” El presente trabajo desarrolla la implementación de una propuesta metodológica del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) aplicado a los activos de la empresa Fabricaciones Generales Mantenimiento y Servicios S.A.C., en el que se desarrollan cinco capítulos de los cuales los dos últimos abarcan la metodología RCM y la implementación de éste a la empresa, desarrollados paso a paso en los que se realizan las codificaciones de los equipos, descripción de sus funciones, identificación de fallas y sus consecuencias (Rivera, 2015).

“Implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad del taller de maestría comercial Tornocentro Arequipa SRLda” Este trabajo de maestría desarrollado en la empresa Tornocentro, el proceso de implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad se realizó específicamente en la rectificadora de cilindros en la que se consideró tres etapas en que el primer lugar se analiza el trabajo que realiza la máquina, en segundo lugar se hace una investigación y trabajo de campo y en tercer lugar se realiza la implementación de las estrategias RCM (Carpio, 2016).

“Sistema de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de separadores magnéticos en la empresa minera Shoungang Hierro Perú S.A.A.” El estudio tiene por objeto lograr incrementar la disponibilidad de los separadores magnéticos de la planta magnética, equipos que son parte esencial en el proceso de producción de mineral de hierro. El tipo de mantenimiento especificado en el estudio es de tipo correctivo. Se utilizó el análisis de criticidad y el pensamiento sistémico para alcanzar los objetivos establecidos (Serrano, 2013).

“Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción” El estudio se basa en el uso de la metodología MMC o RCM y contempla no solo el estudio del equipo como tal sino también de los subsistemas que lo conforman y la interacción con el entorno físico que lo rodea. El estudio inicia con la identificación de los problemas que dificultan el máximo aprovechamiento del motor a gas por medio del análisis de modo, fallas, causas y efectos (AMEF), para luego establecer la criticidad de cada elemento y su impacto en las metas de producción, mantenimiento, salud y medio ambiente. El propósito del trabajo es incrementar la vida útil de los equipos y sus componentes y la disponibilidad de los mismos al presentarse menos fallas (Da Costa, 2010).

“Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser S.A.C.” El estudio está enfocado a la elaboración de un plan de mantenimiento para poder mejorar el proceso de producción de hielo, evitando paradas de planta. La investigación considera dentro de su desarrollo la realización de un análisis de modos y efecto de fallas (AMEF), logrando identificar los indicadores de disponibilidad de los equipos. Como conclusión se tuvo que existe una mejora, pues la disponibilidad de ve incrementada de un 48.63% a 77%. (Salazar, 2019)

“Propuesta de plan de mantenimiento preventivo y mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) como estrategia de optimización del desempeño en una empresa metalmecánica, Arequipa, 2016”. El estudio tiene como objetivo plantear un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM en la empresa Metalsur, utilizando el análisis documental a través de una lista de cotejo o check – List. La investigación tuvo como resultado la evidencia de que la empresa solo realiza mantenimientos correctivos, teniendo niveles de criticidad altos, luego de la propuesta, se denota un ahorro de hasta un 22.6% comparando gastos anteriores. (Alvarez, 2018).

2.2. Mantenimiento Preventivo

La función del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir los problemas antes de que estos provoquen fallas en el equipo, el mantenimiento preventivo permite garantizar un correcto funcionamiento de los equipos, pues está basado en las revisiones anticipadas y reparaciones oportunas. Es decir, su principal misión es mitigar posibles fallas.

Hoy en día, se trata de ir más allá, para evitar que las averías ocurran, ajustando los costos de producción y programando reparaciones durante las paradas de planta programadas. (Casar, 2008).

2.3. Mantenimiento Predictivo

Se basa en una estrategia que apoya la idea que una parte solo debe ser cambiada si muestra deterioro que pueda afectar su performance. Hay 3 variables cuya medición es estándar: vibración y ruido, temperatura, análisis de aceite.

Por su lado la mantención predictiva se realiza cuando el costo de remplazo es superior y se disponen de técnicas no destructivas capaces de establecer la condición del equipo. Ejemplos: análisis de vibraciones, de aceite, temperatura, corriente, etc. (Pascual, 2002).

2.4. Mantenimiento Basado en RCM

De acuerdo al autor (García, 2003) en su libro Organización y gestión integral de mantenimiento se indica que: la metodología basada en RCM, Reliability Centered Maintenance, Mantenimiento basado en la Fiabilidad, se trata de una técnica que representa mayores ventajas a la hora de elaborar un plan de mantenimiento.

El análisis según la metodología RCM aporta una serie de resultados:

- Mejora en el entendimiento de las funciones de los equipos.
- Análisis de las probabilidades de fallo de un equipo y la propuesta de procedimientos para poder evitarlos.
- Elaboración de planes que permiten garantizar la operación de los equipos dentro de los parámetros marcados (planes de mantenimiento, procedimientos operativos, modificaciones o mejoras posibles y determinación del stock de repuestos deseables).

Un buen plan de mantenimiento, indica el autor, por sí solo no tiene la capacidad de reducir a cero las averías. Sino un buen mantenimiento inicia en el diseño del equipo, un equipo mal diseñado así esté muy bien atendida, siempre tendrá más posibilidad de sufrir daños en comparación a un equipo con un diseño robusto.

2.5. La Evolución del Mantenimiento

2.5.1. La Primera Generación

Corresponde el período hasta la II guerra mundial, tiempo en el que la industria se caracterizó por no ser muy mecanizada (maquinarias sencillas o construidas para un propósito en específico) por lo que los tiempos por paradas no significaron mucho por la facilidad en reparar, por ende, no se requirieron sistemas de mantenimientos complejos ni personal especializado.

2.5.2. La Segunda Generación

A causa de la II guerra mundial, las necesidades de propias cambiaron de forma drástica mientras la mano de obra industrial disminuyó, incrementándose la necesidad de un aumento de mecanización. Para el año de 1950 se construyeron todo tipo de equipos más tecnificados y complejos, creándose una dependencia entre las empresas y éstos, dependencia que hizo más evidente el tiempo improductivo de una máquina. Dando como resultado la idea de que las fallas podían prevenirse, se realizaban entonces las revisiones completas a las maquinarias en intervalos fijos.

Los costos por mantenimiento se fueron elevando, colocándose sistemas de control y planeamiento del mantenimiento.

2.5.3. La Tercera Generación

Para mediados del año 1970, la tecnificación en las empresas se dio de forma acelerada, los cambios pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Nuevas expectativas: Dada la mayor mecanización, mayor significancia tuvieron los periodos improductivos respecto a la producción y costos.
- Nueva investigación: Se trata de la evolución de las creencias que se tenían acerca del mantenimiento. Hoy en día se hace más evidente la poca relación entre el tiempo en operación de los equipos y sus posibilidades de falla.

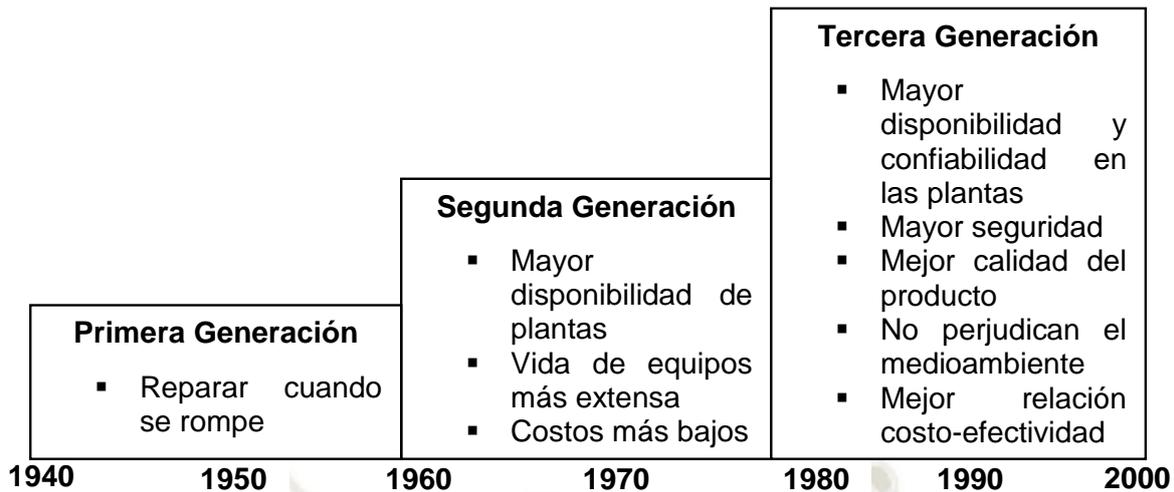


Figura 1. Evolución de las expectativas del mantenimiento.

Fuente: (Moubray, 1997).

Comentario: En la figura se describe las tres generaciones de mantenimiento según Moubray, actualmente nos encontramos en la tercera generación.

2.6. Cambio de Paradigmas

Al presente, la aviación comercial tiene un alto nivel de aceptación como una forma segura de viajar. Hoy en día, las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por millón de despegues en comparación de los 50 en el que se registraba aproximadamente 60 accidentes por millón de despegues, se vio la necesidad de crear planes, mecanismos, procedimientos y otros, que redujeran estas tasas, se crearon equipos más seguros, reparaciones periódicas. Poco a poco fue dándose la transformación del mantenimiento en la aviación llegando a un proceso analítico y sistemático.

El RCM es una metodología desarrollada durante los años de 1960 y 1970, aplicada en diferentes tipos de industria con la finalidad de mejorar las políticas en el manejo de activos, así como la consecuencia de sus fallas. El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro “Reliability Centered Maintenance” / “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”, el libro que dio nombre al proceso.

2.7. Historia de RCM

2.7.1. La Experiencia de las Aerolíneas

En el año 1974 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos encarga a United Airlines preparar un informe exhaustivo a cerca de los procesos utilizados, por la industria de aviación civil, en la preparación de programas de mantenimiento para aeronaves. El informe titularía Reliability Centered Maintenance, traducido al español Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

El enfoque tradicional a los planes de mantenimiento programado estuvo basado en la metodología que cada vez que alguna pieza tenga una “edad adecuada” en la que necesitara un reacondicionamiento completo se hiciera para asegurar la confiabilidad y seguridad operativa. Al pasar de los años, sin embargo, se descubrió que varios tipos de fallas no podían ser prevenidos o reducidos de forma eficaz por esos planes de mantenimiento. En respuesta a este problema, los fabricantes de aviones empezaron a crear piezas capaces de sufrir menores fallas “piezas tolerantes a las fallas”, usando motores múltiples, estructuras protegidas contra daños, debilitando notablemente la relación entre seguridad y confiabilidad. A finales de 1950, el tamaño de la flota de la aerolínea comercial había crecido al punto en que los costos de las actividades de mantenimiento llegaron a puntos demasiado elevados con el afán de garantizar la investigación de los resultados actuales de prácticas existentes. Al mismo tiempo, la Agencia de Aviación Federal, responsable del control y regulación de las prácticas de mantenimiento de la aerolínea, comenzaba a mostrar su frustración al no ver la posibilidad de controlar el nivel de fallas en componentes de las aeronaves, especialmente en los motores. Resultado de ello para el año de 1960 se formó una fuerza de tarea encargada de investigar las capacidades del mantenimiento preventivo.

Programa de Confiabilidad.

“El desarrollo de este programa tiene por objetivo el control de la confiabilidad a través de un análisis de los factores que la afectan, y proveer un sistema de acciones para mejorar los niveles bajos de confiabilidad cuando existan. En el pasado, se puso muchísimo énfasis en el control de los periodos de reacondicionamiento para proveer un nivel de confiabilidad satisfactorio. Luego de cuidadosos estudios el comité está convencido de que la confiabilidad y los controles de reacondicionamiento no son necesariamente temas directamente relacionados...” (Moubray, 1997).

Este nuevo enfoque fue un desafío al concepto tradicional que en ese momento se manejaba en el que se asumía: “que la cantidad de tiempo entre los reacondicionamientos sucesivos de un bien, era un factor importante en controlar el grado de falla”. El grupo de trabajo que venía trabajando desarrolló un programa de propulsión de confiabilidad y cada aerolínea inmersa en este grupo fue autorizada a desarrollar e implementar programas de confiabilidad en sus respectivas áreas de mantenimiento. Mientras duró el proceso dos descubrimientos fueron trascendentales (Moubray, 1997):

- El reacondicionamiento programado tiene un efecto mínimo en la confiabilidad general de un ítem complejo, a menos que el ítem tenga un modo de falla dominante.
- Hay muchos ítems para los que no hay forma efectiva de mantenimiento programado

- **La Historia del Análisis de RCM**

El siguiente paso fue un intento por organizar lo aprendido de los múltiples programas de confiabilidad y desarrollar el método de aplicación lógica y general al diseño de programas de mantenimiento preventivo. Para el año 1967 se presentó un informe de su uso en el AIAA Encuentro de Diseño y Operaciones de Aeronaves Comerciales.

Posteriormente se elaboró un manual de evaluación y desarrollo de programas, que incluían los cambios y refinamiento de esta técnica, el documento conocido como MSG-1, fue usado por grupos especiales de industrias para desarrollar el primer sistema de mantenimiento programado basado en los principios del mantenimiento centrado en la confiabilidad, siendo este programa exitoso. Más adelante se presentó un segundo documento MSG-2: documento de planificación de programas de mantenimiento de fabricantes de aeronaves, incorporándose la técnica de diagrama de decisiones, que trajo consigo mayores mejoras. Posteriormente, el MSG-2 también fue aplicado a naves de táctica militar.

El objetivo de la técnica subrayada en MSG-1 y MSG-2, fue desarrollar un programa de mantenimiento que garantizara la mayor seguridad y confiabilidad para el bien proveyendo a la vez el menor costo posible: (a) Menores costos por mano de obra, (b) Menores costos por materiales y (c) Reducciones en inventarios de repuestos de motores requeridos para cubrir el taller de mantenimiento, considerándose, además que este tipo de motores tenían costos mayores al millón de dólares. Otro ejemplo, bajo el programa MSG-1, para las aeronaves, fue la reducción de horas hombre en inspecciones estructurales, bajo las políticas tradicionales de mantenimiento esta tarea había significado gastos mayores a cuatro millones de horas hombre para llegar al mismo intervalo de inspección estructural.

Pese a que, a los grandes aportes de ambos documentos, éstos se limitaban a aplicarse a otros tipos de equipos, dado a su enfoque breve y especializado.

2.7.2. La Evolución de RCM

Para principios del año de 1980, se inició el trabajo de aplicación de RCM en los sectores mineros y de manufactura. Para este periodo el “medioambiente” se volvió un tema, los facilitadores tenían órdenes de tratar los riesgos medioambientales con la misma seriedad que los temas relacionados a la seguridad, en este proceso, muchos problemas medioambientales que no representaban una amenaza directa fueron pasados por alto. Para el año de 1988, se iniciaron trabajos en organizaciones multinacionales para desarrollar mejor el enfoque considerando las amenazas al medioambiente. Esto terminó en agregar la pregunta E, al diagrama de decisión que más adelante se desarrollará, dándosele la misma importancia al tema medioambiental y al tema de seguridad. La suma de esta pregunta cambió el diagrama de decisiones y el nombre a RCM2.

➤ Otros Cambios Incorporados al RCM 2:

Para setiembre de 1990, se lanzó RCM 2, que incluía una serie de cambios dentro del proceso de decisión (Moubray, 1997):

- Los términos “técnicamente viable” y “conveniente y beneficioso” se sustituyeron por “aplicable” y “efectivo”, respectivamente.
- Los casos en los que la búsqueda de fallas era imposible llevó al agregado de un criterio de selección formal para esta tarea.
- Respecto al diagrama de decisión; la pregunta H fue enmendada para evitar un número de ambigüedades, la pregunta S se modificó para evitar ambigüedades ocasionadas por la palabra “seguridad”, el término “restauración programada” se sustituyó por “reconstrucción programada” en las preguntas H2/S2/O2/N2.

➤ **¿Cuándo se aplicó RCM?**

RCM se aplicó en más de 1000 plantas en más de 40 países. Los proyectos iban desde capacitación dentro de la empresa (in Company), destinado a gerentes de operaciones y mantenimiento, hasta la aplicación completa de RCM en todos los niveles y equipos de las plantas. Se incluyeron minas, fábricas, petroquímicas, servicios (agua, electricidad y gas), transporte (trenes), construcciones y servicios y plantas militares (fuerzas aéreas, armas y marina).

2.7.3. Otras versiones de RCM y de la Norma SAE

A principios de 1980, el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI), realizó dos pilotos de RCM en la industria de energía eléctrica, priorizando disminuir sus costos por mantenimiento. Al mismo tiempo, especialistas se interesaron en aplicar RCM en diferentes industrias, entre ellos John Moubray y sus socios, expandiendo su ámbito de aplicación a casi todos los sectores industriales en más de cuarenta países.

➤ **La Necesidad de una Norma: Década de 90**

Para el año 1996, la SAE (Sociedad de Ingenieros de la industria automovilística) comenzó a trabajar en una norma relacionada a RCM. Su título es “Criterio de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (SAEJA1011)”. Esta norma presenta un criterio contra el cual se puede comparar un proceso. Si el proceso cumple con ese criterio, puede ser considerado un “Proceso de RCM” con confianza. (Esto no necesariamente indica que los procesos que no estén bajo los lineamientos estipulados en la norma SAE RCM no sean válidos en el desarrollo de estrategias de mantenimiento, sin embargo, no deberían aplicar el término RCM). (Moubray, 1997).

2.8. Componentes del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad

Los componentes del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad según Córdova, son:



Figura 2. Componentes de un Programa RCM

Fuente: Adaptado de Córdova 2003

Comentario: Según Córdova el RCM se da con la sinergia del mantenimiento reactivo, proactivo, preventivo y predictivo.

2.8.1. Mantenimiento Reactivo

Este tipo de mantenimiento se da tras la falla para corregir la avería dada, corrigiendo el equipo y dejándolo operativo. Este tipo de mantenimiento recibe también el nombre de Correctivo.

El mantenimiento reactivo, tiene inconvenientes como las paradas de producción intempestivas, altos costos de compra y transporte de repuestos, incremento de riesgos laborales, etc.

2.8.2. Mantenimiento Proactivo:

Se trata de identificar y corregir aquellas causas que generen falla en los activos de producción.

2.8.3. Mantenimiento Preventivo:

El mantenimiento preventivo busca conservar un nivel óptimo de servicio de los equipos y su principal característica es que se ejecuta de manera sistemática, interviniendo equipos sin necesidad de que presente algún problema.

2.8.4. Mantenimiento Predictivo:

El mantenimiento predictivo es el tipo que requiere más conocimientos matemáticos y físicos, pues estudia variables como la temperatura, el consumo de energía, las vibraciones, cuya variación desencadena problemas en cada equipo.

Este tipo de mantenimiento busca estar al tanto del estado de las máquinas y su estado de operatividad.

También es importante citar algunas de las características del mantenimiento centrado en la confiabilidad:

Características Generales del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad:

- Es una herramienta adaptable que permite aplicar diversas estrategias de mantenimiento.
- Presenta una metodología capaz de generar planes de mantenimiento óptimos y sustentables en el tiempo, basados en la confiabilidad.
- Esta metodología implica un cambio de cultura basado en la prevención y disciplina.
- La metodología RCM tiene mayores resultados en aquellos sistemas más complejos en los que se presentan varios modos de falla.
- La implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad posee un periodo de maduración de mediano a largo plazo.

2.9. RCM: Las siete preguntas básicas

Diversos autores, entre ellos Moubray, (2004) y Sexto L. F., (2014), afirman que la metodología RCM es un proceso en el que inicialmente se formulan siete preguntas acerca del sistema y todo su entorno operacional. Las siguientes preguntas son la base de la implantación de la metodología RCM:

- ¿Cuáles son las funciones y los rendimientos estándares asociados al recurso en su actual contexto operativo?
- ¿De qué manera falla para completar sus funciones?
- ¿Qué causa cada falla funcional?
- ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla?
- ¿De qué manera ocurre cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si una tarea proactiva conveniente no puede hacerse?

Según Moubray (2004), para contestar las preguntas mencionadas, se necesita saber:

2.9.1. Primera pregunta: Funciones y niveles de desempeño

2.9.1.1. Funciones

El primer paso para iniciar el proceso RCM es identificar las funciones de cada recurso de la empresa, conjuntamente con las normas de rendimiento requeridas. Fundamentalmente, las funciones se agrupan en:

➤ **Funciones Primarias**

Según Moubray (2004), las funciones primarias con la razón principal por la que el equipo existe como activo en la empresa. Este tipo de función es fácil de precisar.

➤ Funciones Secundarias

Moubray (2004), precisa que, en gran medida, estos activos, además de realizar la función principal, también realizan funciones secundarias, que pueden ir de una a más.

La mayoría de las funciones secundarias requieren de más atención y sus fallas de mayor gravedad, pero a la vez altamente identificables.

2.9.1.2. Niveles de Desempeño

Moubray (2004), también señala que el mantenimiento se enfoca en asegurarse que los activos sigan su normal funcionamiento, de manera que no existan paradas de producción. El estándar mínimo de funcionamiento de los activos, se define como aquella función que los clientes quieren que el activo realice. Cada activo físico debe ser capaz de rendir más que el mínimo mencionado, con el objetivo de que se cubra el deterioro de sus componentes debido al cumplimiento de sus funciones.



Figura 3. Margen de deterioro.

Fuente: Moubray (2004)

Comentario: La grafica nos indica que cada activo debe ser capaz de rendir más que el mínimo mencionado, con el fin de que se cubra el deterioro de sus componentes debido al cumplimiento de sus funciones.

2.9.2. Segunda pregunta: Fallas funcionales

Moubray (2004) define las fallas como la incapacidad de realizar las funciones de un activo. Para poder tener un panorama amplio de la falla y poder tomar acciones correctivas, se requiere saber el estado de falla, así como los eventos que causan dicho estado de falla. Adicional a ellos, se sabe que cada activo, realiza varias funciones y que cada una de ellas, tiene un estándar mínimo de funcionamiento deseado. El autor, también explica que las fallas funcionales deben ser exploradas desde los siguientes aspectos:

- Falla total y parcial
- Límites superiores e inferiores
- Instrumentos de medición
- Indicadores y El contexto operacional

2.9.3. Tercera pregunta: Análisis de efectos y tipos de fallas (FMEA)

2.9.3.1. Modo de Falla

Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional.

Moubray (2004) explica que, en el caso del mantenimiento proactivo de los activos, lo primero que se debe conocer, son los eventos de falla que podrían ocurrir, es decir, los modos de falla; además se debe analizarlos para evaluar sus consecuencias y decidir acciones como prever, corregir, rediseñar, etc.

2.9.3.2. Categorías de modos de fallas

- Falla total
- Falla Parcial
- Falla Intermitente
- Falla Gradual
- Sobre funcionamiento

2.9.4. Cuarta pregunta: Efectos de las fallas

Sexto (2014), afirma que al describir los efectos de una falla debe constarse lo sucedido cuando ocurre un modo de falla.

Tabla 2. Efectos del fallo

EFFECTOS DEL FALLO
Describen lo que sucede cuando ocurre un modo de fallo.
Incluyen toda la información necesaria para la posterior evaluación de las consecuencias: <ul style="list-style-type: none"> • Evidencia del fallo. • Riesgos para el medio ambiente y la seguridad • Afectaciones a la producción y/o la operación. • Daños físicos ocasionados. • Acciones correctivas.

Fuente: Adaptado de Sexto (2004)

Comentario: En la tabla se describe cinco consecuencias de un modo de falla que se dan en las empresas, como cada falla resulta en un costo para la empresa, es necesario en primer lugar evidenciar la falla, luego medir cuales son los riesgos para el medio ambiente y a la producción, finalmente corregir la falla.

Los efectos de la falla son los que describen lo que sucede en la ocurrencia de modos de fallas, incluye información útil para la evaluación de las consecuencias de dichas fallas. Un efecto de falla es diferente a la consecuencia de falla. Un efecto de falla es aquel que responde a la pregunta ¿Qué ocurre?, consecuencia de falla responde a ¿Qué importancia tiene? (Moubray, 2004).

2.9.5. Quinta pregunta: Consecuencias de las fallas

En el caso de que una consecuencia de falla se considere seria, se realizarán esfuerzos para poder evitarlos y minimizarlos o eliminarlos, principalmente cuando la falla se considere grave y pueda herir o matar a una persona. De igual modo se aplica para fallas que afecten la producción, las operaciones, o si sus daños se consideren significativos. (Moubray, 2004)

Sexto (2014), menciona que las consecuencias del fallo pueden dividirse de la siguiente manera:

- ✓ Consecuencias de los fallos ocultos.
- ✓ Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente
- ✓ Consecuencias operacionales
- ✓ Consecuencias no operacionales

2.9.6. Sexta pregunta: Acciones para prevenir fallas

2.9.6.1. Mantenimiento proactivo

Este tipo de mantenimiento se enfoca en la identificación y corrección de los causales de falla en los equipos de producción de una planta. Es decir, se basa en las causas y no en los efectos. El mantenimiento proactivo incrementa el tiempo de vida de las máquinas, a la vez que disminuye el tiempo invertido en tareas de mantenimiento.

2.9.7. Séptima pregunta: Acciones de falla o de búsqueda de fallas

El intervalo con el que se realiza la búsqueda de fallas, recibe el nombre de FFI (Failure Finding Interval), y está directamente relacionado con la disponibilidad del equipo. Utiliza herramientas matemáticas, de manera que se logre una disponibilidad objetivo. (Hoyos, 2011)

2.10. Distribución de Weibull

Según Djeddi, la distribución de Weibull, nos ayuda a calcular la confiabilidad de un sistema y esta expresada por la siguiente ecuación: $R(t) = e^{-((t-\gamma)/\eta)^\beta}$

A continuación, se describe la fórmula:

β es el parámetro de forma (adimensional)

η es el parámetro de escala (unidades de tiempo)

γ es el parámetro de localización o de origen (unidades de tiempo)

2.10.1. Modelo Weibull

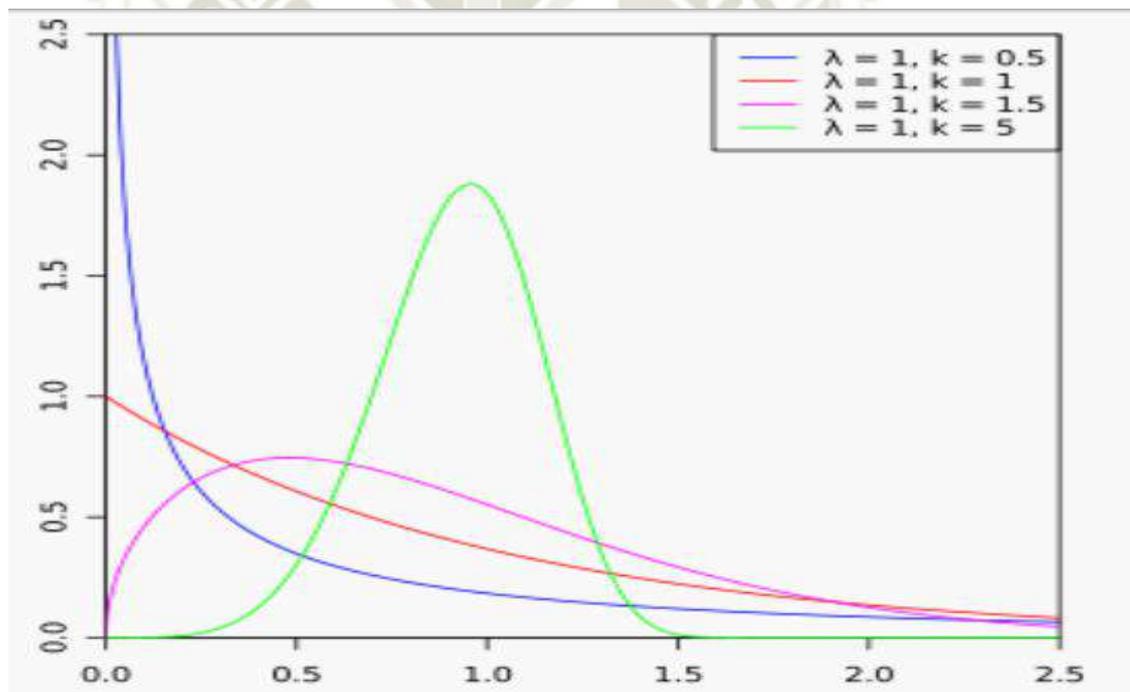


Figura 4. Modelo Weibull

Fuente. Djeddi

Comentario: La distribución Weibull es la más utilizada en la gestión del mantenimiento, nos indica que la probabilidad de éxito de vida de un componente, así como la probabilidad de falla de estos, usaremos la distribución para saber si el tiempo de vida asignado a los componentes es el óptimo o si no lo es.

2.10.2. La curva de Davies y la función tasa de fallos

Este modelo probabilístico posee como principal característica a su flexibilidad, pues se ajusta a tres parámetros con los que puede llegar a ajustar todo tipo de resultados, tanto experimentales como operacionales.

El modelo de Weibull, cubre los casos de ocurrencia de fallos y permite ajustarlos a los periodos de juventud y envejecimiento, en otras palabras, se le puede aplicar en todas las etapas de su vida.

La curva de la bañera (conocida como curva de Davies), para su utilización requiere de datos como el tiempo entre fallos. De esta manera se puede estimar la función de repartición $F(t)$ que corresponde a cada instante de t .

Por otra parte, el conocimiento del parámetro de forma β es un útil de diagnóstico del tipo de fallo cuando el equipo en estudio es una caja negra.

➤ Densidad de probabilidad $f(t)$ o PDF

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t - \gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \cdot e^{-\left[\frac{t - \gamma}{\eta} \right]^{\beta}}$$

Siendo $t \geq \gamma$

Donde:

β : Es el parámetro de forma $\beta > 0$ (identifica el ciclo de vida de la máquina)

η : Parámetro de escala $\eta > 0$, es una constante, es el periodo de operación durante al menos el 63.2% de los equipos se espera que falle

γ : Es el parámetro de ubicación: Determina a partir de que tiempo se produjo la primera falla.

➤ **Función de repartición (Probabilidad acumulada CDF)**

$$F(t) = 1 - e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]^\beta}$$

➤ **Función de confiabilidad $R(t) = 1-F(f)$**

$$R(t) = e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]^\beta}$$

Tasa de fallo $\lambda = \frac{f(t)}{1-F(t)}$ $\lambda = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]^{\beta-1}$

Si $\beta < 1$, entonces la tasa de fallos disminuirá con la edad, pero sin llegar a ser cero, es decir, en el caso de encontrarse en la juventud, tendrá un margen de seguridad relativamente bajo, pudiendo llegar a fallos por tensión de rotura.

Si $\beta = 1$, la tasa de fallos es constante, indicaría una característica de fallos aleatoria o pseudo – aleatoria. En este caso la distribución de Weibull será igual a la exponencial.

Si $\beta > 1$, la tasa de fallo incrementa con la edad de forma continua lo que indica que los desgastes empiezan en el momento en que el mecanismo se pone en servicio.

$1,5 < \beta < 2,5$ fenómeno de fatiga.

$3 < \beta < 4$ fenómeno de desgaste, de corrosión (iniciado en el tiempo $t = \gamma$), de sobrepasar un umbral (campo de deformación plástica).

$\beta = 3,44$ $f(t)$ es simétrica, la distribución es “normal”

2.11. Análisis Modal de Falla y Efecto

El análisis modal de falla y efecto, más conocido como AMFE o por sus siglas en inglés FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), se trata de una herramienta que ayuda a identificar, evaluar y prevenir los fallos y efectos que podrían aparecer en el bien o servicio, apuntando a aumentar el nivel de satisfacción del cliente. Constituye una herramienta fundamental en la metodología RCM.

2.11.1. Tipos de AMFE

Existen dos tipos de AMFE, según el entorno donde se aplique.

2.11.1.1. AMFE de diseño

El análisis modal de falla y efecto de diseño, se refiere al diseño de productos nuevos, por ejemplo, en el sector automovilístico, se enfocaría al diseño de un automóvil y de sus partes.

2.11.1.2. AMFE de proceso

El análisis modal de falla y efecto de proceso, se enfocaría a la manufactura en sí, es decir, al proceso de fabricación.

2.11.2. Índices de Confiabilidad para AMFE

Bestratén (2001), indica que los índices de confiabilidad para AMFE, son una cuantificación del análisis a realizar y son los siguientes:

2.11.2.1. Índice de Gravedad

El índice de gravedad principalmente se encuentra relacionado con los efectos del modo de fallo. Está relacionado también al nivel de satisfacción del cliente, es decir que, a mayor satisfacción del cliente, menor será el índice de gravedad y menores los costos de reparación.

Por lo general el índice se presenta en números enteros que se presentan en una escala de puntuación del 1 al 10 o escalas menores que van de 1 hasta el 5; en ambos casos la escala representa desde una pequeña insatisfacción hasta el caso más grave con una total degradación funcional en el uso.

Tabla 3. Clasificación de la gravedad de Modo de Fallo según el impacto en el usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja	Aunque este tipo de fallo es de pequeña importancia, no se debe esperar a que desencadene un efecto sobre el rendimiento del sistema.	1
Baja	Es de rápida subsanación y este tipo de fallo generaría un ligero inconveniente, pues se evidenciará una pequeña disminución en el rendimiento del sistema.	2 – 3
Moderada	El tipo de fallo desencadena insatisfacción en el cliente. Pues el deterioro en el rendimiento del sistema se puede observar a simple vista.	4 – 6
Alta	El fallo puede ser crítico y el sistema puede quedar inutilizable. A la vez, produce un alto nivel de insatisfacción.	7 – 8
Muy Alta	Este tipo de fallo es altamente crítico, involucrando gravemente el incumplimiento de normas de seguridad del producto o proceso.	9 – 10

Fuente: Bestratén (2001)

Comentario: La tabla nos detalla los niveles de gravedad y sus valores, en nuestra investigación las fallas muy bajas y bajas no consideran la parada del equipo, de moderada hacia arriba es necesario parar el equipo para solucionar la falla.

2.11.2.2. Índice de Frecuencia

El índice de frecuencia mide la ocurrencia de un fallo, se puede decir también, que es la probabilidad de que exista un fallo.

Es una evaluación subjetiva donde lo recomendable es el uso de data histórica o data estadística. Sin embargo, la experiencia también es crucial. A continuación, se presenta una clasificación de la frecuencia del modo de fallo

Tabla 4. Clasificación de la frecuencia de ocurrencia de modo de fallo

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR	PROBABILIDAD
Muy Baja Improbable	No se ha presentado en el pasado.	1	1/10000
Baja	Es poco probable pero razonables su ocurrencia dentro de un sistema.	2 – 3	1/5000 – 1/2000
Moderada	Es una falla que ha aparecido ocasionalmente en procesos parecidos y es probable que más adelante vuelva a ocurrir.	4 – 5	1/1000 – 1/1200
Alta	El fallo ha tenido cierta frecuencia de aparición en procesos previos.	6 – 8	1/100 – 1/50
Muy Alta	Este tipo de fallo es casi inevitable y es seguro que se producirá más adelante con frecuencia.	9 – 10	1/20 – 1/10

Fuente: Bestratén (2001)

Comentario: La tabla nos detalla los niveles de frecuencia y sus valores, en nuestra investigación las fallas muy bajas y bajas no consideran una estrategia para la solución de esta ya que son fallas ocasionales, pero de moderada hacia arriba es necesario analizar las fallas para dar una solución y no paren continuamente.

2.11.2.3. Índice de Detectabilidad

El índice de detectabilidad indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo sea detectado con anticipación para poder evitar los daños, con ayuda del uso de los controles existentes.

En el caso de este índice, la capacidad de detección es inversamente proporcional a los índices de detectabilidad y el índice de riesgo.

Tabla 5. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR	PROBABILIDAD
Muy Alta	El fallo es notorio y tiene mucha probabilidad de ser detectado	1	1/10000
Alta	El fallo es fácilmente detectado, pudiendo llegar incluso a pasar un primer control.	2 – 3	1/5000 – 1/2000
Mediana	Es un defecto que probablemente se detecte en las últimas etapas del proceso.	4 – 5	1/1000 – 1/1200
Pequeña	Este defecto resulta muy difícil detectarlo con los procedimientos establecidos.	6 – 8	1/100 – 1/50
Improbable	Este defecto no puede ser detectado. Siendo muy probable que el cliente final lo reciba	9 – 10	1/20 – 1/10

Fuente: Bestratén (2001)

Comentario: La tabla nos detalla los niveles de detección y sus valores, las fallas más difíciles de detectar deben tener el valor más alto de gravedad ya que si no se aplica una buena reparación y se corrige la causa raíz, la falla ocasionará paradas continuas y por ende baja disponibilidad del equipo.

2.11.2.4. Índice de Prioridad de riesgo (IPR)

El índice de prioridad de riesgo (IPR), resulta del producto de los demás índices, es decir, índice de gravedad, frecuencia y detectabilidad.

Es utilizado como base para proponer posibles acciones correctivas.

También se le denomina NPR (número de prioridad de riesgo).

2.11.3. Indicadores de Gestión

2.11.3.1. Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

El tiempo promedio entre fallas es una medida de confiabilidad aplicada a artículos reparables. Se trata de un intervalo de medición de desempeño según límites especificados. (MIL-STD-721, 1991)

$$MTBF = \frac{\text{Horas en operación}}{\text{Número paradas no programadas de mantenimiento}}$$

2.11.3.2. Tiempo promedio para reparar (MTTR)

Se trata del tiempo que transcurre desde que el equipo de reparación llega a la avería, hasta que el equipo está nuevamente en funcionamiento. (MIL-STD-721, 1991)

$$MTTR = \frac{\text{Horas de mantenimiento}}{\text{Número de paradas por mantenimiento}}$$

2.12. Marco Conceptual

- **Criticidad**

Es un criterio que se utiliza en la gestión de mantenimiento para clasificar diferentes aspectos como fallas en equipos y sistemas. La criticidad de un equipo es un parámetro que permite clasificarlo en términos de las consecuencias de sus fallas sobre aspectos importantes de la organización, sus integrantes y su entorno (Valderrama, 2003).

- **Componente**

Se refiere a una parte esencial del funcionamiento de un sistema al desarrollar una actividad mecánica, eléctrica o de cualquier otra actividad. Tiene la propiedad de que en conjunto realizan un trabajo. (UFV, 2016)

- **Defecto**

Se refiere a las ocasiones en las que los equipos se ven afectados mínimamente en su funcionamiento, pero a corto o largo plazo puede ser afectados en su disponibilidad. (UFV, 2016).

- **Equipo**

Son un conjunto de componentes conectados entre sí, además se caracteriza por que requieren de una actividad de instalación para que inicie su funcionamiento. (UFV, 2016).

- **Falla**

Se trata de un cese en las funciones de un componente. (UFV, 2016).

- **Fallas potenciales**

Son las condiciones identificables que indican que la ocurrencia de una falla funcional. (UFV, 2016).

- **Falla funcional**

Estado de falla (Moubray, 1997).

- **Inspección**

Se trata de una revisión de baja periodicidad, de corta duración y que generalmente utiliza instrumentos como voltímetros, termómetros, etc. o simplemente los sentidos humanos, pero siempre evitando la indisponibilidad. (UFV, 2016).

- **Ítem**

Es un término que es utilizado para indicar un equipo, una instalación u obra. (UFV, 2016).

- **Mantenimiento**

Acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada (UFV, 2016).

- **Mantenimiento proactivo**

Antes de que las fallas ocurran o a menos tener decidido cómo se actuara de darse el caso (Moubray, 1997).

- **Mantenimiento reactivo**

Hacer el mantenimiento después de que la falla ocurra (Moubray, 1997).

- **Mina**

Se trata de una excavación en superficie, subterránea o a cielo abierto, en un yacimiento mineral y que tiene como propósito la explotación económica. (Ministerio de minas y energía, 2017).

- **Mineral**

Es una sustancia que se origina en la naturaleza y que posee una composición química, física y apariencia cristalina generalmente. (Ministerio de minas y energía, 2017).

- **Modo de falla**

Eventos que causan el estado de falla (UFV, 2016).

- **Mortalidad infantil**

Incidencia de alta falla (Moubray, 1997).

- **Nivel de servicio**

Se trata de la cantidad de pedidos que se sirven en un plazo oportuno. Puede ser calculado en base a líneas, unidades, valor. (Slimstock, 2017).

- **Parada general**

Se trata de las ocasiones en que se interrumpe por completo la producción por los mantenimientos generales de gran envergadura. (UFV, 2016).

- **Pieza**

Una pieza es parte de un conjunto o de un sistema de producción. (UFV, 2016).

- **Revisión de garantía**

Se trata de la revisión de cada uno de los componentes de un equipo, antes de la expiración de sus garantías, para verificar las condiciones en las que se encuentra y que se cumpla con las exigencias contractuales. (UFV, 2016).

- **Servicios de apoyo**

Se trata de los servicios realizados por el personal que labora en el área de mantenimiento, para poder mejorar las condiciones de trabajo, seguridad y atender a otros sectores, que no necesariamente estén ligados a la producción. (UFV, 2016).

- **Stock**

Es aquel que se constituye para hacer frente a las demandas normales del proceso productivo de la empresa o de los clientes (Parra, 2005).

La empresa contratista usa para el establecimiento de las variables, reglas y fórmulas de los indicadores de mantenimiento y confiabilidad es necesario conocer las siguientes definiciones:

- **Dispatch:** Es el archivo en formato Excel, CSV, DAT que comparte el cliente con la empresa contratista, el cual contiene todos los eventos que han ocurrido en un periodo de tiempo de cada equipo. El archivo dispatch contiene el nombre del Equipo, Hora de Inicio de Evento, Horas o minutos que duró el evento, comentario, día del evento, comentario y tipos de eventos

- **Parada Valida:** Una parada valida es todo evento de mantenimiento que se considera que afecta a la Disponibilidad Física. Puede ser Programado o no Programado
- **Demora:** Es un tipo de clasificación de paradas, donde el cliente clasifica la demora programada el evento.
- **Demora Operacional:** Es un tipo de clasificación de paradas, donde el cliente clasifica la demora no programada operacional, la cual es considerada como Horas Operativas, pero no Horas Efectivas.
- **Parada Programada:** Es una parada valida de mantenimiento que el cliente clasifica como parada Programada.
- **Parada No Programada:** Es una parada valida de mantenimiento que el cliente clasifica como parada No Programada.
- **Parada de Contrato:** Es una parada Física, es una parada de Contrato MARC.
- **Parada Mecánica:** Es una parada Física, que según la clasificación de una lista de palabras se considera como una parada Mecánica.
- **Tiempo de Horas Calendario:** Es la suma de todos los eventos en un periodo de tiempo. El cálculo fijo es Cantidad Equipos * Número de días del periodo * 24.
Por ejemplo: Si en operación se tiene 4 equipos 797F, se desea obtener el tiempo de horas calendario del mes de enero: $(4 \text{ equipos}) * (31 \text{ días}) * (24 \text{ horas})$
- **Tiempo de Horas de Mantenimiento Físicas:** Es la suma en horas de todas las paradas válidas y afectan a la disponibilidad Física. Debe cumplir las siguientes lógicas:
 - M. No Programado
 - M. Programado
 - ACCIDENTE

- **Tiempo de Horas de Mantenimiento Contrato:** Es la suma en horas de todas las paradas válidas Contrato y afectan a la disponibilidad Contractual (MARC)

La Disponibilidad Contractual se obtendrá con todos los eventos que son Paradas Físicas excluyendo los que contengan la palabra “NO MARC” en la columna CONCILIACION.
- **Tiempo de Horas de Mantenimiento Mecánicas:** Es la suma en horas de todas las paradas válidas Mecánicas y afectan a la disponibilidad Mecánica.
- **Paradas No Programadas (Fallas) FÍSICA:** La cantidad de Paradas no programadas es usada para el cálculo de MTBF y MTTR Física, todas las paradas que son Físicas deben ser contabilizadas para estos indicadores.
- **Paradas No Programadas (Fallas) MECANICO:** La cantidad de Paradas no programadas es usada para el cálculo de MTBF y MTTR Mecánico, todas las paradas que son Físicas no consecutivas no se consideran una falla o que implique un problema de la propia máquina.
- **Paradas No Programadas (Fallas) CONTRATO:** La cantidad de Paradas no programadas es usada para el cálculo de MTBF y MTTR Contrato, todas las paradas que son Físicas no consecutivas y que contengan en la columna CONCILIACION MARC.

CAPITULO III.

ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA

La presente investigación engloba dos empresas, una empresa Minera de cobre ubicada en el sur del país y una empresa contratista encargada del mantenimiento de la flota 797F; respecto a la descripción de la empresa se enfatizará en la empresa minera ya que es la dueña de la flota 797F en estudio, el cliente de la empresa contratista y la que calificara el nivel de servicio de la empresa contratista.

Respecto al tipo de contrato y el diagnostico en el periodo 2017 nos enfocaremos en la empresa contratista ya que es la que lleva la gestión de la flota 797F.

3.1. Descripción de la empresa

La Empresa Minera en estudio, es uno de los productores más grandes de cobre, molibdeno, zinc, plomo, carbón y plata. Posee operaciones de minado, fundición y refinación ubicados en los países de Perú y México, además de sus operaciones de exploración en ambos países.

3.2. Antecedentes de la empresa

La Empresa Minera fue fundada el año 1952 en el país de EE.UU. el año 1954 inició sus operaciones en el Perú, con el desarrollo y explotación de la unidad minera al sur del país. El año 1960 la unidad minera comenzó a operar. En 1991 junto al estado peruano incrementaron el capital con el fin de aumentar la producción y la mejora de las condiciones de sus operaciones; para el año 1994 adquirió la refinería de cobre en el Sur peruano. Durante el año 2002 se amplió la capacidad de la planta concentradora de 45000 Tn/día a 60000 Tn/día.

3.3. Estrategias de la empresa

Relacionado con la misión, visión y principios de la compañía.

3.3.1. Misión de la compañía

Aliviar la pobreza y extrema pobreza atendiendo las necesidades de las localidades y regiones donde opera la empresa para lograr el desarrollo sostenible de su población, promoviendo una cultura de responsabilidad social, empresarial, y minera en el Perú (Empresa Minera, 2017).

3.3.2. Visión de la compañía

Ser una asociación líder en la promoción del desarrollo sostenible mediante la articulación de redes sociales locales y el desarrollo de estrategias participativas; y reconocida por la valoración, cuidado, y promoción de la cultura local, el medioambiente, y el desarrollo productivo (Empresa Minera, 2017).

3.3.3. Principios de la compañía

Los principios sobre los cuales se basa la compañía son los siguientes (Empresa Minera, 2017):

- **Cultura de resultados:** Orientada a obtener alta rentabilidad como garantía de crecimiento, desarrollo, y competitividad empresarial.
- **Cultura de calidad:** Orientada a perfeccionar los procesos a través de la mejora continua para lograr eficacia, eficiencia, y productividad
- **Cuidado del medioambiente:** Orientada a mantener las buenas prácticas de preservación y mejora del medioambiente
- **Responsabilidad social con la comunidad:** Orientada a la integración permanente de las actividades de la empresa con el entorno social; participar en actividades y eventos comunitarios, e impulsar el desarrollo sustentable de la sociedad.

3.4. Descripción de los Productos y/o Servicios

De acuerdo al portal de SMV (2018), el principal producto de la compañía es el cobre, el cual representa el 87% del total de sus ventas:

- Cátodo de cobre electrolítico
- Cátodo de cobre electrowon
- Concentrados de cobre
- Ánodos de cobre
- Blíster y otros.

El cobre es sometido a distintos procesos mediante los cuales se obtienen diferentes productos como concentrados de cobre, cobre anódico y cobre blíster, cátodos de cobre refinado y alambrón de cobre. Respecto al molibdeno, la compañía solo procesa concentrado de molibdeno. Además, producen otros metales como zinc, plata y oro. Finalmente ofrece en cantidades menores trióxido de arsénico, concentrados de pomo, cal, cadmio, selenio, sulfato de níquel, ácido sulfúrico y coque (Empresa Minera, 2018).

3.5. Unidad de Producción Mina

En un yacimiento minero ubicado en el sur del Perú. Se encuentra a una altura de 3100 msnm. Hasta los 3600 msnm. en su parte más alta.

De acuerdo a la Empresa Minera (2018), la unidad minera está compuesta en su mayoría por la concesión denominada Acumulación, con un área externa de 18,889.08 Ha, con una capacidad de molienda de 60,000 Tn/día. La unidad de producción consta de un área disponible de 15,024.08 Ha.

3.6. Proceso Productivo

De acuerdo a la Empresa Minera (2018), el proceso productivo está dividido en cuatro etapas:

3.6.1. Mina

3.6.1.1. Perforación y Disparo

Actividad realizada para alcanzar el mineral, para ello se remueve la roca en el yacimiento, perforando el terreno y se coloca carga explosiva. Una vez fracturada la roca se procede a la selección del material para determinar si debe ser empleado en la concentradora, lixiviación o en programas de vegetación.

3.6.1.2. Carguío y Acarreo

Las minas a cielo abierto tienen forma cónica, por lo cual, para alcanzar el mineral se debe construir niveles a manera de escalones gigantes de 15 metros de altura, los que se encuentran comunicados por rampas o caminos a desnivel. El mineral extraído con una ley mayor al 0.3% es cargado en palas y depositado en los camiones de acarreo, que trasladan y depositan el material en vagones de ferrocarril para ser transportado a la planta concentradora.

Concentradora

3.6.1.3. Chancado o Trituración

El primer paso en la planta concentradora es el chancado del mineral hasta alcanzar un tamaño cercano a media pulgada. Se inicia aquí el proceso de concentración, el cual consiste en la separación de los minerales.

3.6.1.4. Molienda

Posteriormente, el material triturado es trasladado a los molinos, donde son pulverizadas. En esta etapa del proceso se emplea agua, lo que permite liberar las partículas de cobre y molibdeno.

3.6.1.5. Flotación

Luego de la molienda se pasa a la etapa de flotación, donde se obtiene el concentrado, partículas del mineral de cobre o molibdeno.

3.6.1.6. Filtrado y Secado

El concentrado de cobre es deshidratado mediante filtros de alta presión o con el uso de calor. En esta actividad culmina la operación minera. El concentrado que se obtiene es trasladado a la fundición para su siguiente procesamiento.

3.6.1.7. Carguío y Acarreo a Fundición

Luego del filtrado y secado, el contenido metálico en el concentrado alcanza entre 26 y 28%. Tras la recuperación del agua empleada, esta se vuelve a usar.

Los siguientes procesos forman parte de la culminación de producción del mineral, se lleva a cabo en la refinería ubicada al Sur del Perú.

3.6.2. Fundición

3.6.2.1. Descarga de Concentrado y Formación de Camas

Una vez que el concentrado se encuentra dentro del área de fundición, éste es descargado en “camas” que servirán para alimentar a la fundición.

3.6.2.2. Fundición y Convertidores

El concentrado es sometido al proceso de fundición a temperaturas mayores a los 1100°C. convirtiéndose en cobre líquido, que contiene aproximadamente 65% de cobre, se envía a los convertidores donde se transforma en cobre ampolloso con contenido de cobre de 98 a 99% o cobre anódico con 99.7% de cobre.

Finalmente, el cobre líquido es vertido en moldes, donde una vez condensado se obtienen las barras de ánodos de cobre. Los ánodos pesan 435 Kg., y tienen una pureza de 99.7% de cobre.

3.6.2.3. Transporte a Refinería

Los ánodos, pasan un proceso de control de calidad. Agrupado en paquetes de diez unidades son trasladados por ferrocarril o camiones hacia la refinería. El material que no es enviado a refinería, es traslado hacia los puertos para su comercialización, ya que son utilizados como ánodos.

3.6.3. Refinería

3.6.3.1. Planta electrolítica

Ya en refinería, los ánodos son sometidos a un proceso de electro y refinación, que consiste en introducirlos en tanques de ácido sulfúrico y sulfato de cobre. Luego se les aplica una carga eléctrica de baja intensidad y, mediante una solución química el cobre de los ánodos migra hacia las placas de arranque dejando impurezas en la solución. En adelante, al cobre contenidos en las placas de arranque se les denominará cátodos, cuyo contenido de cobre es de 99.99%.

3.6.3.2. Embarque

Esta es la fase final del proceso minero metalúrgico, mediante la cual se despachan los productos concentrados, ánodos y cátodos y alambón, a través del ferrocarril por camiones hacia los puertos.

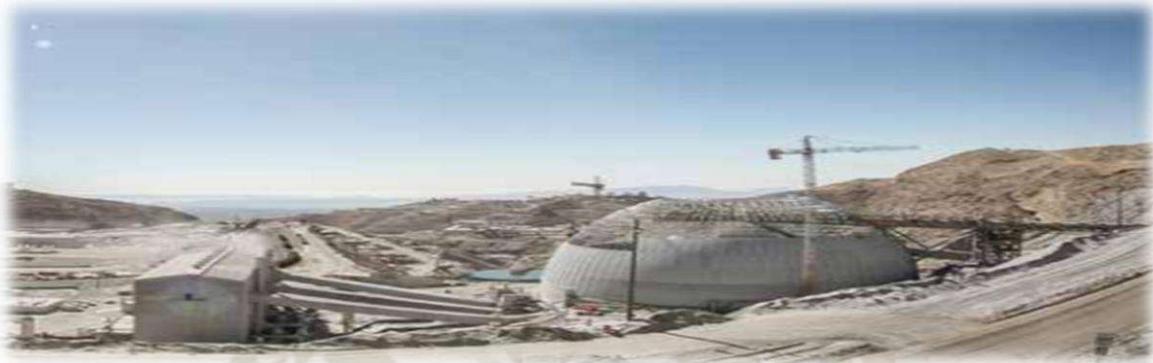


Foto 1. Instalaciones de operaciones mina (planta).

Fuente: Empresa Minera.

Comentario: La foto nos muestra la planta de procesamiento de mineral de la empresa minera, donde se puede observar el domo de almacenamiento de mineral chancado, con el fin de mitigar la contaminación por polvo.



Foto 2. Instalaciones de operaciones mina (Equipos de mina).

Fuente: Empresa Minera.

Comentario: La foto nos muestra los camiones de acarreo 797F, los cuales son parte de operaciones mina, estos camiones cargan hasta 400 tn y son los más grandes camiones mecánicos en Perú



Foto 3. Instalaciones de operaciones mina (faja transportadora).

Fuente: Empresa Minera.

Comentario: En la foto se observa una faja transportadora, estas fajas transportan el mineral chancado de la planta primaria a las secundarias, la faja funciona a base de un motor diésel y los polines donde se apoya esta.

3.7. Flota de Camiones

La maquinaria utilizada en minería posee ciertas características propias para la transferencia y movimiento del mineral. Dada su capacidad y estructura, plantean una serie de requerimientos operacionales y mecánicos. Los equipos que se utilizan para este tipo de minería pueden ser organizados de acuerdo a la función que desempeñan en la producción:

a. Equipos de minado cíclico

- Perforadoras rotativas
- Palas excavadoras
- Camiones
- Perforadoras eléctricas

b. Equipos auxiliares

- Tractor
- Retroexcavadoras
- Excavadoras de cucharas
- Cargadores frontales

c. Equipos continuos

- Fajas transportadoras

Los equipos con los que se cuenta son los que se detallan en las Tablas 2, 3, 4 y 5.

Tabla 6. Camiones de Acarreo.

Modelo	Cantidad
Camión 797f	31
Camión 794c	4
Camión 793d	13
Camión 793c	5
Tanques de agua	3

Fuente: Empresa Contratista Minera.

Comentario: En la tabla se detalla la cantidad de camiones que hay en mina, actualmente hay 31 camiones 797F Caterpillar, que vienen a ser la principal flota de camiones.

Tabla 7. Palas eléctricas.

Modelo	Cantidad
Pala de cables 495hr	4

Fuente: Empresa Contratista Minera.

Comentario: La empresa minera tiene en su poder 4 palas eléctricas o de cables 495hr proporcionadas por la empresa contratista con un soporte permanente todo el año, ya que son las principales unidades de producción.

Tabla 8.Perforadora eléctrica.

Modelo	Cantidad
Perforadora 49hr	7

Fuente: Empresa Contratista Minera.

Comentario: La empresa minera tiene en su poder 7 perforadoras proporcionadas por el dealer de Caterpillar en Perú con un soporte permanente todo el año estos equipos se encargan de perforar la tierra para posteriormente insertar dinamita y realizar las voladuras.

Tabla 9. Equipo auxiliar.

Modelo	Cantidad
Tractor de orugas	24
Motoniveladoras	8
Rodillos	4
Cargador frontal	9
Tractor de ruedas	8
Excavadoras	5
Retroexcavadoras	1

Fuente: Empresa Contratista Minera.

Comentario: En la tabla se detalla la cantidad de equipos auxiliares que la empresa minera tiene a su disposición en mina, estos equipos sirven en su mayoría para habilitar y mantener los caminos donde transitaran los equipos como camiones y las palas, estos equipos en mención son de la marca Caterpillar,

3.8. Tipo de Contrato

El tipo de contrato establecido de la empresa minera con la empresa contratista, es del tipo MARC (Maintenance and Repair Contract) contrato de mantenimiento y reparación de camiones 797F y equipos auxiliares D11R-T y 24H-M. En cuanto al personal en obra es de 166 trabajadores distribuidos en diferentes áreas de acuerdo a las Tablas 10 y 11.

3.9. Instalaciones de Mantenimiento

Consta de los talleres de mantenimiento tanto para los camiones como para los equipos auxiliares, las instalaciones son modernas dado que están diseñadas para reducir los tiempos de atención durante la ejecución de las tareas de mantenimiento.

Dos de las bahías de este taller son asignadas a la empresa contratista para el mantenimiento de la flota 797F, una bahía interna o dentro de taller y otra bahía externa o fuera de taller.



Foto 4. Instalaciones de mantenimiento externa.

Fuente: Empresa Contratista Minera.

Comentario: En la foto se observa se observa las instalaciones de mantenimiento de los camiones 797F, estos talleres tienen una altura de aproximada de 20 metros y un ancho aproximado de 40 metros, solo están conformados por un piso y 8 bahías internas, en cada bahía puede ingresar un camión 797F, toda la estructura es metálica incluido el techo, que tiene abertura para que pase la luz durante el día.



Foto 5. Bahías de mantenimiento.

Fuente: Empresa Contratista Minera.

Comentario: En la foto se observa se observa las instalaciones internas de mantenimiento de los camiones 797F, cada bahía tiene una altura de aproximada de 20 metros y unas dimensiones de 18 x 10 mts de largo y ancho,



Foto 6. Instalaciones internas de mantenimiento.

Fuente: Empresa Contratista Minera.

Comentario: En la foto se observa se observa las instalaciones internas de mantenimiento de los camiones 797F, cada bahía cajones de herramientas necesarias para el mantenimiento, tiene grifos con tomas de lubricantes y aceites, así como depósitos para aceites usados y su posterior reciclaje.

3.10. Diagnostico período 2017.

Para realizar el diagnóstico de la gestión de mantenimiento de la flota 797F por parte de la empresa contratista es necesario analizar lo siguiente:

- las estrategias de mantenimiento de la empresa contratista
- Los indicadores de mantenimiento de la flota 797f
- Organización del personal de empresa contratista hasta el periodo 2017

3.10.1. Estrategias de Mantenimiento 2017.

Las estrategias de mantenimiento de la flota de volquetes 797F de la empresa contratista, están comprendido por:

- Planeamiento, programación y Ejecución PM's
- Atención de fallas de equipos.
- Monitoreo de condiciones de los equipos.
- Planeamiento, programación y ejecución de cambio de componentes.

*Soldadura: El contrato Marc abarca reparaciones por soldadura de toda la maquina a excepción de reparación de Tolvas.

- Planeamiento, programación y cambio de aceites: El contrato Marc no comercia la venta de aceites, pero si se encarga de gestionar la utilización de estos por ende es responsable del adecuado consumo y control del costo de estos.

Enllantes: El contrato MARC No contempla enllantes, La empresa encargada es Neuma, la cual tiene la gestión total de este tipo de mantenimiento. (NO MARC)

Una vez determinadas las estrategias de mantenimiento que abarca el contrato MARC a continuación se detalla las estrategias utilizadas en el periodo 2017.

Tabla 10. Estrategia de mantenimiento preventivo - 2017

Estrategia de Mantenimientos programados							
PM1 - 250 HRS	PM2 - 500 HRS	PM3 - 750 HRS	PM4 - 2000 HRS	PM5 - 2250 HRS	PM6 - 2500 HRS	PM7 - 2750 HRS	PM8 - 3000 HRS

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla el nombre y frecuencia de la estrategia de 8 pasos de mantenimiento preventivo, en el periodo 2017 la estrategia de mantenimiento preventivo en la flota 797F se da en 8 pasos, cada uno en un rango de 250 horas.

Cada rutina de mantenimiento cuenta con una serie de pasos o tareas a ejecutar, así como el cambio de repuestos y aceites exclusivos en cada mantenimiento.

A continuación, se detalla los aceites necesarios en cada mantenimiento preventivo por rutina.

Tabla 11. Cambio de aceites por PM -2017

ACEITES						ESTRATEGIA DE PM (HRS)							
ITE M	RESPUESTO / MATERIAL	TIP O	CAN T.	UNID AD	COSTO x GAL	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
1	Aceite de Motor	15W 40	110	GAL	\$5.72	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Aceite de Transmisión y convertidor	SAE 30	166	GAL	\$6.28			X				X	
3	Aceite de Ruedas delanteras	SAE 60	32	GAL	\$8.02		X		X		X		X
4	Aceite de Mandos finales y Diferencial	SAE 60	408	GAL	\$8.02								X
5	Aceite de Sistema Dirección	SAE 30	95.1	GAL	\$6.28						X		
6	Aceite de Sistema Levante / Frenos	10W	489	GAL	\$5.94	X							

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla el listado de aceite necesario para cada PM, son 6 tipos de aceite que usa el camión 797F, de la lista los aceite que más se consumen y por ende los que causan un mayor costo son el aceite de motor y de mandos finales.

Tabla 12. Listado de repuestos por PM -2017

MANTENIMIENTO PREVENTIVO FLOTA 797F - 250 HRS														
ITEM	RESPUESTO / MATERIAL	SISTEMA	CAN T.	UN	COSTO	COSTO TOTAL	ESTRATEGIA DE PM (HRS)							
							250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
1	Filtros de Aire Primarios Nuevos	ADMISION	4	C/U	\$419.10	\$1,676.40		X		X		X		X
2	Filtros de Aire Secundarios	ADMISION	4	C/U	\$180.70	\$722.80		X		X		X		X
3	Filtros de Aceite de Motor	MOTOR D.	2	C/U	\$274.08	\$548.16	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Filtros de Combustible Primarios	MOTOR D.	3	C/U	\$59.86	\$179.58	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Filtros de Combustible Secundarios	MOTOR D.	4	C/U	\$91.39	\$365.56	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Respirador de Motor Diesel	MOTOR D.	4	C/U	\$169.79	\$679.16	X		X		X		X	
7	Filtro de Aceite de Convertidor	TREN DE FUERZA	1	C/U	\$243.46	\$243.46			X				X	
8	Filtro de Aceite de Transmisión	TREN DE FUERZA	2	C/U	\$82.46	\$164.92			X				X	
9	Respirador de Transmisión / Convertidor	TREN DE FUERZA	1	C/U	\$28.78	\$28.78	X		X		X		X	
10	Filtro de Aceite de Mando Final	TREN DE FUERZA	1	C/U	\$104.60	\$104.60		X		X		X		X
11	Filtro de Aceite de Diferencial	TREN DE FUERZA	1	C/U	\$104.60	\$104.60		X		X		X		X
12	Respirador de Diferencial	TREN DE FUERZA	1	C/U	\$28.78	\$28.78		X		X		X		X
13	Respirador de Rueda Delantera	TREN DE FUERZA	2	C/U	\$27.80	\$55.60		X		X		X		X
14	Filtro de Aceite de retorno Dirección	DIRECCION	1	C/U	\$319.71	\$319.71	X				X			
15	Filtro de Aceite de Carcasa de Bomba dirección	DIRECCION	2	C/U	\$80.90	\$161.80	X				X			
16	Respirador de Tanque Dirección	DIRECCION	1	C/U	\$28.78	\$28.78	X		X		X		X	
17	Filtro de Aceite de Enfriamiento de Frenos	FRENOS	2	C/U	\$355.04	\$710.08	X				X			
18	Filtro de Actuación de Frenos	FRENOS	1	C/U	\$172.63	\$172.63	X				X			
19	Respirador de Tanque Hidráulico	LEVANTE	1	C/U	\$28.78	\$28.78	X		X		X		X	
20	Respirador de Tanque de Combustible	CHASIS	1	C/U	\$91.39	\$91.39	X		X		X		X	
21	Secador de Aire	CHASIS	2	C/U	\$404.05	\$808.10				X				X
22	Filtro de cabina interior	CABINA	1	C/U	\$37.35	\$37.35		X		X		X		
23	Filtro de cabina exterior	CABINA	1	C/U	\$34.43	\$34.43		X		X		X		

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla el listado de repuestos necesarios por PM, como se observa un PM consta de cambio de aceites y filtros para no contaminar los aceites.

Tabla 13. Task record por PM 2017-parte 1

Orden	Tarea	Duración	Personas	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
1	Revisar el task record	10	5	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Generar el IPER y AST	10	1	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Recepcionar equipo en bahía de lavado.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Inspeccionar máquina antes de lavado (usar formato adjunto Nro. 1).	20	2	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Lavar máquina (usar formato de lavado Nro. 2).	60	1	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Preparación y traslado de herramientas y materiales para evaluación.	15	2	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Preparación y traslado de herramientas para PM.	15	2	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Preparación y traslado de consumibles para PM.	15	2	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Posicionamiento de máquina en zona de pruebas.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
10	Realizar prueba de sistema de dirección y ventilador (usar formato adjunto Nro. 6).	15	2	X		X		X		X	
11	Inspeccionar las 8 rótulas de dirección (tuercas, exceso o falta de grasa, juegos y rozamiento de líneas de grasa).	15	2		X		X		X		X
12	Inspeccionar las 4 barras de dirección lados izquierdo y derecho (sujeción y alineamiento de clamp, rozamiento de líneas de grasa y fugas de grasa).	15	2		X		X		X		X
13	Realizar prueba de eficiencia de frenos (usar formato adjunto Nro. 3).	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
14	Realizar prueba de actuación de frenos (usar formato adjunto Nro. 4).	20	2		X		X		X		X
15	Inspeccionar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).	3	2	X		X		X		X	
16	Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de frenos (usar formato adjunto Nro. 14).	20	2		X		X		X		X
17	Realizar medida de desgaste de frenos delanteros (usar formato adjunto Nro. 12).	20	2								X
18	Realizar medida de desgaste de frenos posteriores (usar formato adjunto Nro. 12).	20	2								X
19	Realizar prueba de sistema de levante (usar formato adjunto Nro. 7).	15	2	X		X		X		X	
20	Realizar prueba de convertidor (usar formato adjunto Nro. 8).	10	2		X		X		X		X
21	Realizar prueba de transmisión (usar formato adjunto Nro 9).	10	2		X		X		X		X
22	Realizar prueba de motor (usar formato adjunto Nro. 10).	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
23	Alto revisión y firma del supervisor.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
24	Trasladar la máquina de la zona de pruebas a la bahía de mantenimiento a cargo de un operador de mina y dos paleteros.	10	2	X	X	X	X	X	X	X	X
25	Posicionar la máquina en bahía de mantenimiento a cargo de un operador de mina, un posicionador de bahía y un posicionador de ruedas y mandos finales.	10	2	X	X	X	X	X	X	X	X
26	Delimitar el área lateral lado izquierdo y derecho de trabajo con soportes y con cinta de advertencia color amarillo.	5	4	X	X	X	X	X	X	X	X
27	Comprobar nivel de aceite de las rueda delantera derecha.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
28	Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH.	5	1		X		X		X		X
29	Comprobar nivel de aceite de las rueda delantera izquierda.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
30	Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.	5	1		X		X		X		X
31	Drenar aceite de ruedas delanteras.	20	1		X		X		X		X
32	Intercambiar tapones magnéticos rueda delantera RH.	5	1		X		X		X		X
33	Intercambiar tapones magnéticos rueda delantera LH.	5	1		X		X		X		X
34	Comprobar nivel de aceite mando final RH	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
35	Tomar muestra de aceite de mando final RH.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
36	Comprobar nivel de aceite mando final LH	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
37	Tomar muestra de aceite de mando final LH.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
38	Drenar aceite de los mandos finales, incluye los dos mandos finales.	60	2								X
39	Intercambiar tapones magnéticos de mando final LH.	10	1	X	X	X	X	X	X	X	X
40	Intercambiar tapones magnéticos de mando final RH.	10	1	X	X	X	X	X	X	X	X
41	Revisar el gantt.	10	5	X	X	X	X	X	X	X	X
42	Generar el IPER y AST	10	5	X	X	X	X	X	X	X	X
43	Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado (verificar correcto funcionamiento, velocidad de soplador de aire).	10	1	X	X	X	X	X	X	X	X
44	Inspeccionar volante (revisar excesivo juego de timón y funcionamiento de claxon).	2	1	X	X	X	X	X	X	X	X
45	Probar funcionamiento de limpiaparabrisas de cabina (revisar estado de brazo, plumilla y funcionamiento de lava parabrisas).	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
46	Verificar correcto funcionamiento de ventanas eléctricas.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
47	Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
48	Verificar correcto funcionamiento de interruptores de panel superior.	2	1	X	X	X	X	X	X	X	X
49	Revisar luces interiores de cabina (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
50	Revisar luces direccionales (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
51	Revisar luces neblineras (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
52	Revisar luces de carretera (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
53	Revisar luces de frenos (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
54	Revisar luces del ARC (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
55	Revisar luces de retroceso (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
56	Revisar alarma de retroceso.	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
57	Revisar luces de motor (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
58	Revisar luces de escalera (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	2	2	X	X	X	X	X	X	X	X
59	Bajar información del VIMS y códigos activos.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
60	Comprobar nivel de tanque de agua del limpiaparabrisas.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
61	Comprobar nivel de aceite de motor.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
62	Tomar muestra de aceite de motor.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
63	Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de levante.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
64	Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de frenos.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
65	Tomar muestra de aceite hidráulico - sistema de freno y levante.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
66	Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de dirección.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
67	Tomar muestra de aceite hidráulico - sistema de dirección.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
68	Comprobar nivel de aceite de convertidor (sumidero).	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
69	Tomar muestra de aceite de convertidor y transmisión.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
70	Tomar muestra de aceite del diferencial.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
71	Comprobar nivel de aceite de diferencial.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
72	Comprobar nivel de Refrigerante.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
73	Tomar muestra de refrigerante.	5	1		X		X		X		X
74	Comprobar contenido de botellas de eter.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
75	Comprobar nivel de grasa del sistema de lubricación automática.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
76	Tomar muestra de combustible.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla el listado de actividades necesarias para cada PM, como se puede observar en esta primera parte, esta lista solo muestra la actividad, el número de técnicos y el tiempo de cada tarea, no se cuenta con un diagrama de Gantt en el cual se pueda identificar actividades predecesoras y las tareas críticas con el fin de optimizar tiempos.

Tabla 14. Task record por PM 2017-parte 2

Orden	Tarea	Duración	Personas	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8
77	Inspeccionar cables, pines y accesorios de aseguramiento de tolva (alambres y seguros rotos).	10	1	X	X	X	X	X	X	X	X
78	Instalar cable de retención de tolva.	5	2	X	X	X	X	X	X	X	X
79	Apagar motor con interruptor de emergencia.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
80	Alto revisión y firma del supervisor.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
81	Bloquear la máquina.	5	5	X	X	X	X	X	X	X	X
82	Alto revisión y firma del supervisor.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
83	Delimitar la parte posterior del área de trabajo con soportes y con cinta de advertencia color amarillo	5	4	X	X	X	X	X	X	X	X
84	Inspeccionar equipo (usar formato de inspección Nro. 11).	120	1	X	X	X	X	X	X	X	X
85	Inpeccione/ajustar la correa de alternador y compresor de refrigerante.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
86	Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador.	10	1				X				X
87	Inspeccionar (nivel de aceite) y ajustar pernos de barra estabilizadora de suspensión posterior.	20	2	X	X	X	X	X	X	X	X
88	Cambiar aceite de barra estabilizadora de suspensión posterior.	45	2						X		
89	Dializar aceite de sistema de dirección y ventilador de motor.	30	2	X	X	X	X		X	X	X
90	Cambiar filtros de drenaje de caja de dirección.	20	1	X				X			
91	Cambiar aceite de dirección y ventilador.	60	2					X			
92	Intercambiar rejilla de dirección y fan (tanque hidráulico).	15	1					X			
93	Intercambiar rejilla de dirección (tanque hidráulico).	15	1					X			
94	Cambiar filtros de retorno aceite de dirección & Fan.	20	1	X				X			
95	Cambiar respiradero de tanque de sist. de dirección.	15	1	X		X		X		X	
96	Cortar e inspeccionar filtros de drenaje de caja de dirección.	10	1	X				X			
97	Cortar e inspeccionar filtros de retorno aceite de dirección & fan.	10	1	X				X			
98	Intercambiar tapones magnético del diferencial.	15	1				X				X
99	Drenar aceite de diferencial	60	2								X
100	Intercambiar rejilla magnética de diferencial.	15	1								X
101	Llenar aceite de diferencial y mandos finales	150	2								X
102	Dializar aceite de diferencial y mandos finales.	45	2	X	X	X	X	X	X	X	
103	Cambia filtro de diferencial y mandos finales.	15	1		X		X		X		X
104	Cortar e inspeccionar filtro de mandos finales.	10	1		X		X		X		X
105	Cortar e inspeccionar filtro de diferencial.	10	1		X		X		X		X
106	Cambiar respiradero de diferencial.	15	1		X		X		X		X
107	Llenar aceite de ruedas delanteras, incluye las dos ruedas (cada rueda contiene 16 galones).	20	2		X		X		X		X
108	Intercambiar de tapón de mando de bombas.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
109	Dializar aceite de transmisión y convertidor.	30	2	X	X		X	X	X		X
110	Cambiar respiradero de tanque de convertidor y transmisión.	15	1	X		X		X		X	
111	Cambiar aceite de transmisión y convertidor.	60	2			X				X	
112	Cambiar filtro de aceite de entrada al convertidor.	30	1			X				X	
113	Cortar e inspeccionar filtro de aceite de entrada al convertidor.	10	1			X				X	
114	Intercambiar de rejilla magnetica de convertidor.	15	1	X		X		X		X	
115	Cambiar filtro de aceite de transmisión.	20	1			X				X	
116	Cortar e inspeccionar filtro de aceite de transmisión.	10	1			X				X	
117	Intercambiar de rejilla magnética de la transmisión.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
118	Intercambiar de rejilla de retorno de transmisión.	15	1			X				X	
119	Dializar aceite de sistema de levante y enfriamiento de frenos.	30	2		X	X	X	X	X	X	X
120	Cambiar aceite de levante y enfriadores de frenos.	30	2	X							
121	Cambiar filtro de control - actuación de frenos.	20	1	X				X			
122	Cortar e inspeccionar filtro de control - actuación de frenos.	10	1	X				X			
123	Cambiar filtro de enfriamiento de frenos (lado derecho e izquierdo).	20	1	X				X			
124	Cortar e inspeccionar filtro de enfriamiento de frenos (lado derecho e izquierdo).	10	1	X				X			
125	Cambiar respirador de aceite de enfriamiento frenos (ruedas delanteras).	15	1		X		X		X		X
126	Cambiar respiradero de tanque de sist. levante y frenos.	15	1	X		X		X		X	
127	Intercambiar de rejilla de enfriamiento de frenos (líneas).	15	1	X							
128	Intercambiar de rejilla de sistema de levante (lineas).	15	1	X				X			
129	Intercambiar de rejilla de levante y freno (tanque hidráulico).	15	1	X							
130	Limpiar el interior de la cabina.	20	1	X	X	X	X	X	X	X	X
131	Cambiar filtros interior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).	10	1	X			X				X
132	Cambiar filtros exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).	10	1	X			X				X
133	Limpiar los precleaner de aire.	45	2	X	X	X	X	X	X	X	X
134	Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).	20	2	X	X	X	X	X	X	X	X
135	Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).	20	2	X	X	X	X	X	X	X	X
136	Drenar agua del tanque de aire.	10	1	X	X	X	X	X	X	X	X
137	Verificar los secadores de tanques de aire.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
138	Drenar el agua y sedimentos del tanque de combustible.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
139	Cambiar filtro primario de combustible.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
140	Cortar e inspeccionar filtro primario de combustible.	10	1	X	X	X	X	X	X	X	X
141	Cambiar filtro secundario de combustible.	20	1	X	X	X	X	X	X	X	X
142	Cortar e inspeccionar filtro secundario de combustible.	10	1	X	X	X	X	X	X	X	X
143	Cambiar respirador de tanque de combustible.	15	1	X		X		X		X	
144	Drenar el separador de agua del filtro primario de combustible.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
145	Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tapones housing y bomba).	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
146	Limpiar cámaras y pantalla de CIODS.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
147	Cambiar aceite de Motor.	60	2	X	X	X	X	X	X	X	X
148	Cambiar filtro de aceite de motor.	20	1	X	X	X	X	X	X	X	X
149	Cortar e inspeccionar filtro de aceite de motor.	10	1	X	X	X	X	X	X	X	X
150	Cambiar respiradero de motor.	20	1		X		X		X		X
151	Intercambiar de rejilla de Motor.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
152	Intercambiar de rejilla magnética eje posterior.	15	1								X
153	Intercambiar de rejilla de succión de eje posterior.	15	1								X
154	Engrasar estría del eje motriz (cardan del motor).	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
155	Engrasar cojinete del ventilador.	15	1	X	X	X	X	X	X	X	X
156	Alto revisión y firma del supervisor.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
157	Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. 13).	30	1	X	X	X	X	X	X	X	X
158	Desbloquear el equipo.	8	5	X	X	X	X	X	X	X	X
159	Alto revisión y firma del supervisor.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
160	Retirar máquina de bahía de PM.	10	2	X	X	X	X	X	X	X	X
161	Realizar el test de pruebas después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. 13).	30	1	X	X	X	X	X	X	X	X
162	Alto revisión y firma del supervisor.	5	1	X	X	X	X	X	X	X	X
	Total (HORAS)			25,5	24,7	24,4	25,4	25,7	25,4	24,4	30,567

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla en este segundo listado de actividades necesarias para cada PM, como se puede observar en esta primera parte, esta lista solo muestra la actividad, el número de técnicos y el tiempo de cada tarea, no se cuenta con un diagrama de Gantt en el cual se pueda identificar actividades predecesoras y las tareas críticas con el fin de optimizar tiempos.

Tabla 15. Cantidad de PMS Ejecutados en el periodo 2017

Tipo de PM	PM1 - 250 HRS	PM2 - 500 HRS	PM3 - 750 HRS	PM4 - 2000 HRS	PM5 - 2250 HRS	PM6 - 2500 HRS	PM7 - 2750 HRS	PM8 - 3000 HRS	Total
Cantidad de PM'S	67	65	65	65	64	64	65	62	517

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detalla la cantidad de mantenimientos preventivos ejecutados por rutina en el periodo 2017, dando como resultado un total de 517 mantenimientos preventivos.

A continuación, se detalla el costo de los aceites usados en los PM ejecutados por rutina en el periodo 2017

Tabla 16. Costo de aceites en PMS Ejecutados 2017

ESTRATEGIA DE CAMBIO DE ACEITES					Total	Costo total
ACEITES						
ITEM	RESPUESTO / MATERIAL	CANT.	UNIDAD	COSTO		
1	Aceite de Motor	110	GAL	\$5.72	56870	\$325,034
2	Aceite de Transmisión y convertidor	166	GAL	\$6.28	21580	\$135,589
3	Aceite de Ruedas delanteras	32	GAL	\$8.02	8192	\$65,734
4	Aceite de Mandos finales y Diferencial	408	GAL	\$8.02	25296	\$202,980
5	Aceite de Sistema Dirección	95.1	GAL	\$6.28	6086.4	\$38,241
6	Aceite de Sistema Levante / Frenos	489	GAL	\$5.94	32763	\$194,694
						\$962,274

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la tabla se detalla la cantidad total de galones consumidos en el periodo 2017 y costo asociado a lo utilizado, el costo total de aceites usados en mantenimientos preventivos en el periodo 2017 asciende a \$962,274.09.

Se espera minimizar este costo al incrementar el tiempo de las frecuencias en las rutinas de los mantenimientos preventivos.

Tabla 17. Costo de repuestos en PMS Ejecutados 2017

MANTENIMIENTO PREVENTIVO FLOTA 797F - 250 HRS				Cantida d de PM's periodo 2017	Costo total
INSUMOS Y MATERIALES					
ITE M	RESPUESTO / MATERIAL	CAN T.	COST O		
1	Filtros de Aire Primarios Nuevos	4	\$419	1024	\$429,158
2	Filtros de Aire Secundarios	4	\$181	1024	\$185,037
3	Filtros de Aceite de Motor	2	\$274	1034	\$283,399
4	Filtros de Combustible Primarios	3	\$60	1551	\$92,843
5	Filtros de Combustible Secundarios	4	\$91	2068	\$188,995
6	Respirador de Motor Diesel	4	\$170	1044	\$177,261
7	Filtro de Aceite de Convertidor	1	\$243	130	\$31,650
8	Filtro de Aceite de Transmisión	2	\$82	260	\$21,440
9	Respirador de Transmisión / Convertidor	1	\$29	261	\$7,512
10	Filtro de Aceite de Mando Final	1	\$105	256	\$26,778
11	Filtro de Aceite de Diferencial	1	\$105	256	\$26,778
12	Respirador de Diferencial	1	\$29	256	\$7,368
13	Respirador de Rueda Delantera	2	\$28	512	\$14,234
14	Filtro de Aceite de retorno Dirección	1	\$320	131	\$41,882
15	Filtro de Aceite de Carcasa de Bomba dirección	2	\$81	262	\$21,196
16	Respirador de Tanque Dirección	1	\$29	261	\$7,512
17	Filtro de Aceite de Enfriamiento de Frenos	2	\$355	262	\$93,020
18	Filtro de Actuación de Frenos	1	\$173	131	\$22,615
19	Respirador de Tanque Hidráulico	1	\$29	261	\$7,512
20	Respirador de Tanque de Combustible	1	\$91	261	\$23,853
21	Secador de Aire	2	\$404	254	\$102,629
22	Filtro de cabina interior	1	\$37	194	\$7,246
23	Filtro de cabina exterior	1	\$34	194	\$6,679
					\$1,826,592

Fuente: Elaboración propia

Comentario: El costo total de repuestos usados en los mantenimientos preventivos del periodo 2017 asciende a un monto de \$1, 826,592.31 en filtros usados para los cambios de aceites.

Tabla 18. Reemplazo planeado de componentes (PCR) de componentes mayores 797F

Componentes	PCR 2017
Motor	14000
Convertidor	14000
Transmisión	14000
Diferencial	16000
Mandos Finales	16000
Ruedas	18000
Suspensión delantera	18000
cilindros de dirección	12000
cilindros de levante	25000
suspensión posterior	25000

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: Las estrategias de Cambio de componentes 797F en el periodo 2017 serán detalladas en la tabla, donde se observa el reemplazo planeado de componentes o PCR que nos indican el tiempo máximo de horas que un componente puede estar en el equipo, pasado este tiempo hay mucha posibilidad de falla.

Tabla 19. Cambio de componentes Mayores periodo 2017 - Motores

Componente	Lado	Equipo	Fecha salida	Tipo Ocurrencia	Horas	Costo rep
Motor	Único	CAT 03	22/01/2017	Antes de Falla	15217	\$544,874
Motor	Único	CAT 06	23/02/2017	Antes de Falla	15373	\$544,874
Motor	Único	CAT 07	01/03/2017	Después de Falla	6182	\$544,874
Motor	Único	CAT 09	17/10/2017	Después de Falla	11312	\$544,874
Motor	Único	CAT 07	16/11/2017	Después de Falla	4318	\$544,874
Motor	Único	CAT 01	24/11/2017	Antes de Falla	15128	\$544,874
Motor	Único	CAT 02	04/12/2017	Antes de Falla	15190	\$544,874
TOTAL						\$3,814,116

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla los motores retirados de la flota de volquetes 797F ya se por falla o por PCR (antes de falla), así como el costo total de reparación de cada uno de ellos, el costo total en reparación de motores es de casi 4 millones en el periodo 2017, 3 de los 7 motores se cambiaron por falla.

Tabla 20. Cambio de componentes Mayores periodo 2017 – Tren de Potencia

Componente	Lado	Equipo	Fecha salida	Tipo Ocurrencia	Horas	Costo rep
Convertidor	Único	CAT 06	23/02/2017	Antes de Falla	15373	\$35,545
convertidor	Único	CAT 05	17/05/2017	Antes de Falla	14498	\$39,349
convertidor	Único	CAT 07	09/10/2017	Antes de Falla	14677	\$39,524
convertidor	Único	CAT 08	16/12/2017	Antes de Falla	14440	\$40,602
Transmisión	Único	CAT 01	10/03/2017	Antes de Falla	15249	\$73,254
Transmisión	Único	CAT 06	13/04/2017	Antes de Falla	14408	\$76,594
Transmisión	Único	CAT 05	17/05/2017	Antes de Falla	14498	\$65,436
Transmisión	Único	CAT 03	30/05/2017	Después de Falla	4059	\$11,131
Transmisión	Único	CAT 07	09/10/2017	Antes de Falla	14677	\$77,510
Diferencial	Único	CAT 03	22/01/2017	Antes de Falla	16047	\$44,628
Diferencial	Único	CAT 02	14/03/2017	Antes de Falla	16622	\$37,919
Diferencial	Único	CAT 07	09/04/2017	Antes de Falla	15019	\$53,390
Diferencial	Único	CAT 04	18/06/2017	Antes de Falla	17253	\$53,732
Diferencial	Único	CAT 06	07/09/2017	Antes de Falla	16394	\$53,731
Diferencial	Único	CAT 08	16/12/2017	Antes de Falla	16441	\$51,482
Diferencial	Único	CAT 05	19/12/2017	Antes de Falla	16318	\$54,100
Mando final	RI	CAT 09	31/01/2017	Antes de Falla	16649	\$352,514
Mando final	RI	CAT 14	17/03/2017	Después de Falla	3939	\$5,774
Mando final	LT	CAT 07	09/04/2017	Antes de Falla	15019	\$160,858
Mando final	RI	CAT 06	25/08/2017	Antes de Falla	16415	\$155,978
Mando final	LT	CAT 06	07/09/2017	Antes de Falla	16660	\$153,663
Mando final	RI	CAT 09	11/11/2017	Después de Falla	4854	\$102,968
Mando final	LT	CAT 09	13/12/2017	Antes de Falla	16516	\$115,910
TOTAL						\$1,855,589

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla los componentes del tren de potencia retirados de la flota 797F ya sea por falla o por PCR (antes de falla), así como el costo total de reparación de cada uno de ellos, el costo total en reparación de estos componentes es de casi 2 millones en el periodo 2017, 3 de los 23 componentes de power train cambiados en el periodo 2017 se retiraron por falla aproximadamente a las 4000 horas de vida útil en el equipo.

Tabla 21. Cambio de componentes Mayores periodo 2017 – Cilindros hidráulicos.

Componente	Lado	Equipo	Fecha salida	Tipo Ocurrencia	Horas	Costo rep
Cilindro de dirección	LT	CAT 06	27/02/2017	Antes de Falla	12186	\$12,000
Cilindro de dirección	RI	CAT 06	27/02/2017	Antes de Falla	12186	\$12,000
Cilindro de dirección	LT	CAT 02	19/04/2017	Antes de Falla	12649	\$12,000
Cilindro de dirección	RI	CAT 02	19/04/2017	Antes de Falla	12649	\$12,000
Cilindro de dirección	RI	CAT 05	02/06/2017	Antes de Falla	12768	\$12,000
Cilindro de dirección	LT	CAT 05	02/06/2017	Antes de Falla	12768	\$12,000
Cilindro de dirección	LT	CAT 07	11/09/2017	Antes de Falla	13695	\$12,000
Cilindro de dirección	RI	CAT 07	11/09/2017	Antes de Falla	13695	\$12,000
Cilindro de dirección	LT	CAT 08	02/12/2017	Antes de Falla	12953	\$12,000
Cilindro de dirección	RI	CAT 08	02/12/2017	Antes de Falla	12953	\$12,000
Cilindro de dirección	RI	CAT 12	12/12/2017	Después de Falla	9804	\$14,074
Cilindro de levante	RI	CAT 08	02/12/2017	Antes de Falla	25685	\$17,000
Cilindro de levante	LT	CAT 05	11/01/2017	Antes de Falla	28892	\$17,000
Suspensión posterior	LT	CAT 08	10/02/2017	Después de Falla	2629	\$7,381
Suspensión posterior	LT	CAT 09	04/11/2017	Antes de Falla	26533	\$18,174
Suspensión posterior	RI	CAT 09	04/11/2017	Antes de Falla	26533	\$18,174
Suspensión delantera	RI	CAT 15	08/03/2017	Después de Falla	2841	\$98,416
Suspensión delantera	LT	CAT 04	16/04/2017	Antes de Falla	18370	\$18,621
Suspensión delantera	LT	CAT 13	22/04/2017	Después de Falla	5020	\$97,524
Suspensión delantera	RI	CAT 03	11/05/2017	Antes de Falla	16104	\$15,373
Suspensión delantera	LT	CAT 02	21/05/2017	Antes de Falla	17321	\$18,054
Suspensión delantera	LT	CAT 15	14/06/2017	Después de Falla	4598	\$100,122
Suspensión delantera	RI	CAT 08	02/12/2017	Antes de Falla	16741	\$15,528
TOTAL						\$575,442

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla los cilindros retirados de la flota volquete 797F ya se por falla o por PCR (antes de falla), así como el costo total de reparación de cada uno de ellos, el costo total en reparación de estos componentes es de poco más de medio millón en el periodo 2017, 5 de los 23 cilindros hidráulicos cambiados en el periodo 2017 se retiraron por falla aproximadamente entre las 2000 y 10000 horas de vida útil en el equipo.

Tabla 22. Cambio de componentes Mayores periodo 2017 – Ruedas

Componente	Lado	Equipo	Fecha salida	Tipo Ocurrencia	Horas	Costo rep
Rueda delantera	LT	CAT 08	10/02/2017	Antes de Falla	18161	\$65,011
Rueda delantera	LT	CAT 03	13/02/2017	Antes de Falla	17119	\$47,544
Rueda delantera	RI	CAT 03	11/05/2017	Antes de Falla	16104	\$46,190
Rueda delantera	RI	CAT 07	11/09/2017	Antes de Falla	18693	\$64,430
Rueda delantera	RI	CAT 08	02/12/2017	Antes de Falla	16741	\$50,553
TOTAL						\$273,728

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla las ruedas retiradas de la flota volquete 797F ya se por falla o por PCR (antes de falla), así como el costo total de reparación de cada uno de ellos, el costo total en reparación de estos componentes es de poco más de un cuarto de millón en el periodo 2017, 0 de las 5 ruedas cambiadas en el periodo 2017 se retiraron por falla.

Tabla 23. Tipo de Ocurrencia de cambio de componentes –periodo 2017

Tipo de ocurrencia	Cantidad	Costo
Antes de Falla	47	\$4,446,866
Después de Falla	11	\$2,072,010
Total general	58	\$6,518,876

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla el total componentes retirados de la flota volquete 797F ya se por falla o por PCR (antes de falla), siendo un total de 58 componentes y costo total de más de 6 millones de dólares, 47 de los 58 componentes se cambiaron por horas o por PCR ya que cumplieron su tiempo de vida útil sin problemas y 11 de los 58 componentes se cambiaron después de falla.

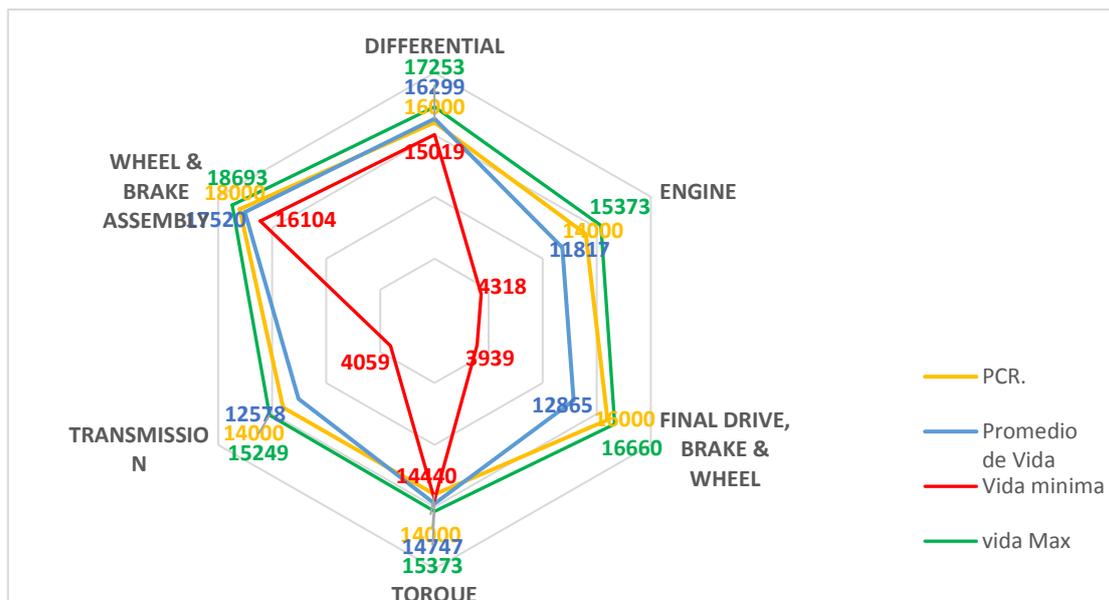


Figura 5. Promedio de vida de componentes mayores al periodo 2017.

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En el gráfico se observa el promedio de vida de los componentes mayores de la flota 797F, en este diagrama radial se puede observar de manera sencilla cuáles son los componentes más confiables y cuáles no, del gráfico se puede observar que el motor, transmisión y mandos finales son los componentes menos confiables.

Tabla 24. Costo de instalación de componentes periodo 2017

Componente	Cantidad	Costo de kit de instalación	Costo total
Diferencial	7	\$3,827.00	\$26,789.00
Motor	7	\$24,143.00	\$169,001.00
Mando final	7	\$5,801.00	\$40,607.00
Cilindro de levante	2	\$1,631.00	\$3,262.00
Suspensión posterior	3	\$7,188.00	\$21,564.00
Cilindro de dirección	11	\$2,965.00	\$32,615.00
Suspensión delantera	7	\$2,288.00	\$16,016.00
Convertidor	4	\$9,557.00	\$38,228.00
Transmisión	5	\$6,703.00	\$33,515.00
Rueda	4	\$6,429.00	\$25,716.00
			\$407,313.00

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla el costo de los repuestos de instalar los componentes mayores se puede observar que el kit de motor es el que representa un mayor costo.

Tabla 25. Costo total de mantenimiento periodo 2017

Categoría	Costo
Repuestos de Kits de CC	\$407,313.00
Repuestos para PM's	\$1,826,592.31
Repuestos para atención de fallas	\$2,584,886.69
Aceites	\$962,274.09
Costo total	\$4,818,792.00

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: El costo de los repuestos usados en la flota 797F y los aceites usados es casi de 5 millones de dólares, lo cual es en monto muy elevado para la cantidad de camiones en el periodo de un año, de todos los aspectos analizados respecto a las estrategias de mantenimiento en el periodo 2017, se concluye que estas no son muy eficientes ya que conllevan a un alto costo de mantenimiento y una baja confiabilidad de los componentes mayores.

No se consideró costo de reparaciones de componentes ya que la cantidad de cambio por año de estos es muy variable por estar en función a sus horas elevadas de vida.

3.10.2. Indicadores de Mantenimiento 2017.

3.10.2.1. Disponibilidad

El contrato MARC que la empresa contratista tiene con el cliente sostiene que la disponibilidad contractual debe ser igual o superior al 90%. En los entregables al cliente se sustentan 3 indicadores de disponibilidad:

- 1.- Disponibilidad Física
- 2.- Disponibilidad Mecánica
- 3.- Disponibilidad Contractual

Disponibilidad Física: Este indicador abarca todas las demoras por las que el equipo estuvo inoperativo tales como demoras mecánicas, eléctricas, enllantes, lubricación, accidente, soldadura, PMS.

Se obtiene dividiendo la diferencia de las horas calendario y las horas de mantenimiento entre las horas calendario.

Disponibilidad Mecánica: Este indicador abarca todas las demoras por las que el equipo estuvo inoperativo tales como demoras mecánicas, eléctricas, enllantes, lubricación, accidente, soldadura, PMS.

Se obtiene dividiendo la diferencia de las horas calendario y las horas de mantenimiento mecánicas entre las horas calendario.

Disponibilidad Contractual: Este indicador abarca todas las demoras por las que el equipo estuvo inoperativo por falla de producto, no incluye demoras por enllante, lubricación.

Se obtiene dividiendo la diferencia de las horas calendario y las horas de mantenimiento contractuales entre las horas calendario.

Calculo de disponibilidad Anual 2017

Para el cálculo de la disponibilidad anual en el periodo 2017 es necesario realizar el promedio de disponibilidades mensuales (enero 2017 – diciembre 2017).

A continuación, se detalla el resumen de disponibilidades mensuales en el año 2017, cabe resaltar que la disponibilidad física es el indicador más importante pactado entre la empresa contratista y la minera, si la disponibilidad física no supera el 90% entonces habrá una penalidad para la empresa contratista por no llegar a disponibilidad pactada con su cliente.

Tabla 26. Disponibilidades de la flota 797F por mes – periodo 2017- Porcentaje

2017	Disponibilidad (porcentaje)		
	Física	Mecánica	Contrato
Enero	87.64	89.49	90.40
Febrero	88.69	90.73	91.46
Marzo	86.65	88.97	88.68
Abril	90.42	92.84	92.98
Mayo	89.22	91.45	91.54
Junio	89.32	92.19	92.09
Julio	90.82	93.38	93.16
Agosto	91.32	93.09	92.70
Septiembre	90.90	92.83	92.68
Octubre	87.74	91.59	91.18
Noviembre	91.68	93.44	93.00
Diciembre	89.15	91.80	91.65

Fuente: Empresa contratista minera

Comentario: Se observa que la disponibilidad contractual más baja se da en el mes de marzo y la más elevada en el mes de julio y la más baja en marzo, la disponibilidad no se mantiene constante en todo el año.

Ahora, porque el cliente indica que el nivel de servicio es malo, si la disponibilidad contractual es superior al 90%?, la respuesta es la baja confiabilidad que se verá más adelante, si bien el tiempo de paradas que afecta la disponibilidad no es muy largo , la cantidad de estas paradas de mantenimiento son muy elevadas, las cuales interrumpen el flujo de producción de mineral, ya que aparte del tiempo perdido en el mantenimiento para reparar las fallas , también hay pérdidas de tiempo operativas como buscar operador, trasladarse al lugar de trabajo y otras coordinaciones con operaciones de mina.

También está el factor de la antigüedad de los equipos, la mayoría de los equipos son nuevos o casi nuevos, motivo por el cual la disponibilidad contractual debería estar en promedio de 93% comparándola con otras minas con los mismos equipos en Perú, a continuación, se muestra el promedio de disponibilidades en el periodo 2017.

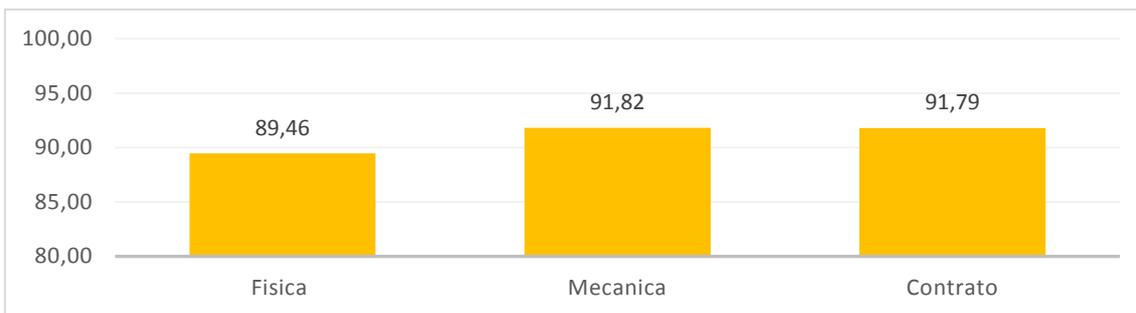


Figura 6. Disponibilidad porcentual periodo 2017

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se observa que la disponibilidad contractual es 91.79% la cual se encuentra del rango esperado por la empresa minera, pero no es un resultado satisfactorio por los motivos mencionados en la tabla 26 -Disponibilidades de la flota 797F por mes – periodo 2017.

A continuación, se detalla las disponibilidades anuales de cada equipo en el periodo 2017

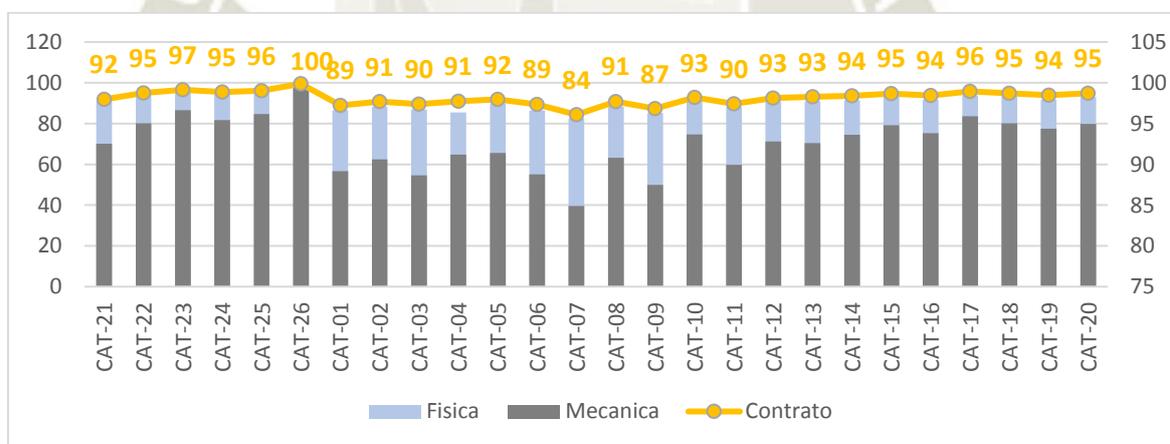


Figura 7. Disponibilidad Anual porcentual Flota 797F año 2017 por equipo

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se observa que la mayor disponibilidad se da en el equipo 26 esto se debe a que el equipo inicio operación a comienzos del mes de diciembre y además no tuvo ninguna parada por mantenimiento, también se puede observar que el equipo con menor disponibilidad es volquete 7, esto se debe a que el equipo es uno de los más antiguos y por los trabajos realizados programados y correctivos realizados en el periodo 2017.

3.10.2.2. Confiabilidad.

Para esta investigación nos enfocaremos en dos parámetros de confiabilidad que son parte de la reportabilidad al cliente los cuales se explicaran a continuación:

MTBF: (MEAN TIME BETWEEN FAILURE)

Tiempo medio entre fallas, mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad normal, sin interrupciones dentro del periodo considerado de estudio, se obtiene dividiendo las horas operativas entre el número de paradas no programadas.

El target o tiempo promedio comparando este indicador con otras mineras con la misma flota debería ser como mínimo 60%, si no es así se considera que la flota es poco confiable.

TIEMPO MEDIO FUERA DEL SERVICIO DESPUÉS DEL PM

También conocido como MTFS after PM, mide el tiempo promedio en que los equipos están operativos después de un mantenimiento preventivo, este indicador es muy importante ya que nos puede decir si los mantenimientos preventivos que se hacen a los equipos son de calidad, ya que un PM debería revisarse todos los sistemas, niveles y fallas y no debería parar a las pocas

a) Cálculo de MTBF Físico por equipo en el periodo 2017

Para realizar el cálculo del MTBF físico se requiere dividir el tiempo de operación de la flota entre el número de paradas no programadas, en la siguiente tabla se detallan estos datos por equipo y por mes.

Tabla 27. Datos para cálculo de MTBF Físico por equipo en el periodo 2017 –Número de Paradas no programadas.

Equipo	Ene	Feb	Mar	Abr	Ma	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
CAT-01	15	12	20	6	15	18	21	31	18	19	38	21	234
CAT-02	15	5	16	13	19	11	16	21	13	17	25	15	186
CAT-03	11	13	19	16	18	10	14	13	16	17	18	13	178
CAT-04	12	13	12	4	13	14	12	21	14	19	11	20	165
CAT-05	8	11	21	6	13	13	18	10	9	8	9	20	146
CAT-06	16	17	19	16	19	21	21	23	27	16	16	17	228
CAT-07	13	18	26	11	23	18	17	9	16	15	12	9	187
CAT-08	10	12	9	7	12	10	11	8	14	11	14	39	157
CAT-09	20	9	19	11	9	16	12	10	15	13	11	16	161
CAT-10	8	5	4	11	19	23	20	7	15	7	12	4	135
CAT-11	7	10	18	11	13	20	21	31	38	19	10	17	215
CAT-12	7	2	6	4	5	17	9	12	27	11	15	20	135
CAT-13	7	6	7	6	11	10	13	15	15	17	12	9	128
CAT-14	4	5	12	11	11	5	14	17	29	26	26	23	183
CAT-15	9	4	5	6	10	7	9	10	10	16	15	10	111
CAT-16	8	10	17	6	10	6	16	12	22	16	12	26	161
CAT-17	7	3	4	4	7	10	8	13	16	14	15	10	111
CAT-18	5	1	12	13	8	13	9	3	11	12	15	10	112
CAT-19	10	14	13	11	19	14	8	11	20	12	10	7	149
CAT-20	11	10	10	9	11	8	13	14	12	18	16	6	138
CAT-21								9	27	22	13	15	86
CAT-22								7	12	13	12	9	53
CAT-23											6	14	20
CAT-24											3	15	18
CAT-25												5	5
CAT-26												4	4
Total	203	180	269	182	265	264	282	307	396	338	346	374	3406

Fuente: Empresa contratista

Comentario: En la tabla se observa las paradas no programadas de enero a diciembre en el periodo 2017, se observa que los equipos nuevos a pesar de sus pocas horas de trabajo tienen varias, hasta más de 10 fallas por mes en sus sistemas lo cual afecta su confiabilidad.

Tabla 28. Datos para cálculo de MTBF Físico por equipo en el periodo 2017 –Tiempo de operación (horas)

Equipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Annual
CAT-01	458	425	474	388	547	544	522	553	542	509	366	430	5759
CAT-02	504	475	485	352	540	521	524	546	544	534	432	407	5863
CAT-03	442	465	456	310	499	553	567	551	557	514	449	444	5806
CAT-04	523	492	567	274	506	536	520	489	547	511	358	468	5791
CAT-05	521	489	451	405	527	548	560	572	565	549	444	409	6040
CAT-06	512	388	456	323	571	461	559	527	540	558	405	475	5774
CAT-07	392	401	368	298	562	553	560	562	492	488	315	452	5442
CAT-08	509	457	537	389	580	467	576	580	557	567	428	332	5980
CAT-09	404	467	530	332	531	509	544	504	558	478	393	477	5727
CAT-10	512	490	549	363	581	532	549	592	547	503	445	523	6184
CAT-11	541	493	538	403	575	566	534	522	469	514	470	448	6073
CAT-12	532	495	522	434	592	547	604	584	497	574	504	522	6406
CAT-13	551	492	562	327	574	566	556	556	570	493	431	515	6193
CAT-14	536	487	496	411	574	584	583	577	522	575	444	461	6249
CAT-15	567	505	562	438	597	569	581	601	542	562	485	518	6525
CAT-16	549	472	544	413	600	581	575	599	527	518	467	539	6383
CAT-17	533	510	555	419	591	579	585	580	579	520	487	540	6480
CAT-18	562	514	568	422	592	576	589	609	582	550	454	553	6571
CAT-19	536	469	546	410	562	577	585	591	547	505	494	534	6355
CAT-20	539	494	560	417	596	567	563	591	567	541	461	552	6449
CAT-21								523	526	518	467	522	2556
CAT-22								455	557	559	478	530	2581
CAT-23											164	533	697
CAT-24											42	554	595
CAT-25												399	399
CAT-26												115	115
Total	10222	9481	10325	7527	11294	10937	11235	12265	11934	11637	9881	12251	128990

Fuente: Empresa contratista

Comentario: En la tabla se observa los tiempos de operación de enero a diciembre en el periodo 2017. Se observa que la flota antigua en promedio tiene 500 horas menos de operación.

Tabla 29. MTBF Físico por Equipo (Horas) – periodo 2017

EQUIPO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
CAT-01	31	36	24	65	37	30	25	18	30	27	10	21
CAT-02	34	95	30	27	28	47	33	26	42	31	17	27
CAT-03	40	36	24	19	28	55	41	42	35	30	25	34
CAT-04	44	38	47	68	39	38	43	23	39	27	33	23
CAT-05	65	44	22	68	41	42	31	57	63	69	49	20
CAT-06	32	23	24	20	30	22	27	23	20	35	25	28
CAT-07	30	22	14	27	24	31	33	62	31	33	26	50
CAT-08	51	38	60	56	48	47	52	73	40	52	31	9
CAT-09	20	52	28	30	59	32	45	50	37	37	36	30
CAT-10	64	98	137	33	31	23	28	85	36	72	37	131
CAT-11	77	49	30	37	44	28	25	17	12	27	47	26
CAT-12	76	247	87	109	118	32	67	49	18	52	34	26
CAT-13	79	82	80	54	52	57	43	37	38	29	36	57
CAT-14	134	97	41	37	52	117	42	34	18	22	17	20
CAT-15	63	126	112	73	60	81	65	60	54	35	32	52
CAT-16	69	47	32	69	60	97	36	50	24	32	39	21
CAT-17	76	170	139	105	84	58	73	45	36	37	33	54
CAT-18	112	514	47	33	74	44	65	203	53	46	30	55
CAT-19	54	34	42	37	30	41	73	54	27	42	49	76
CAT-20	49	49	56	46	54	71	43	42	47	30	29	92
CAT-21								58	20	24	36	35
CAT-22								65	47	43	40	59
CAT-23											27	38
CAT-24											14	37
CAT-25												80
CAT-26												29
Total	50	53	38	41	43	41	40	40	30	34	29	33

Fuente: Empresa contratista

Comentario: En la tabla se detalla el MTBF físico de cada equipo por mes en el periodo 2017 y se observa que en promedio mensual ningún equipo supera las 60 horas, este resultado es muy bajo según lo esperado por la empresa minera.

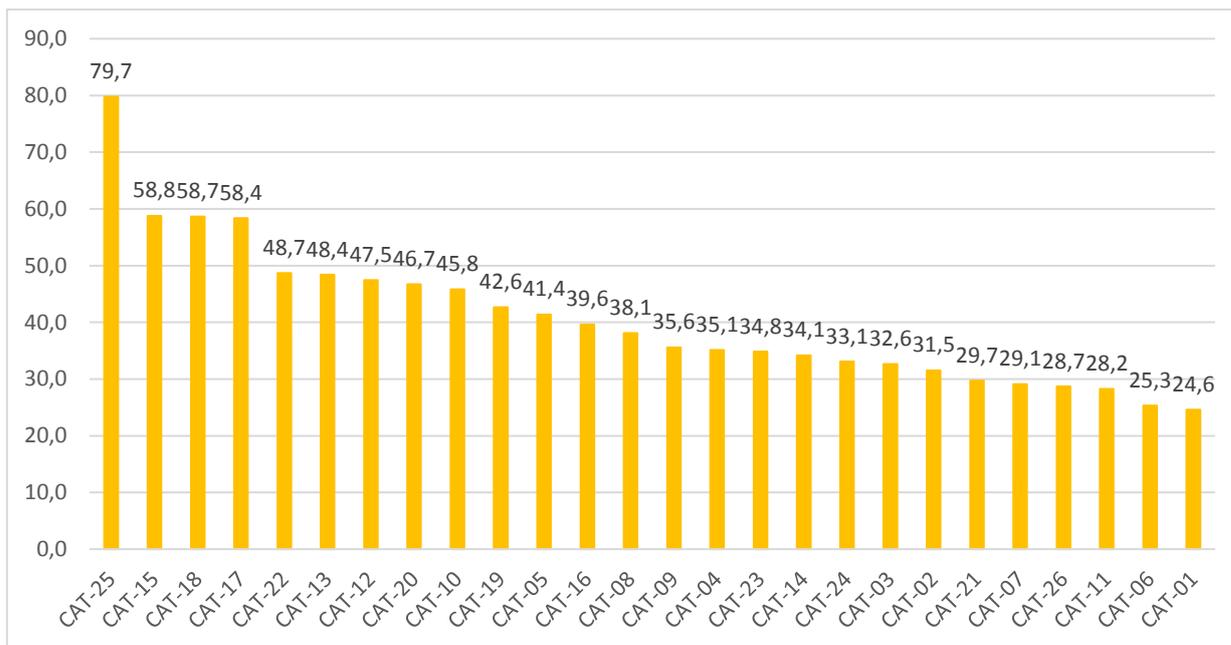


Figura 8. MTBF – Tiempo promedio entre paradas –paradas Físicas (Horas) por equipo

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se detalla los MTBF físico anuales por equipo se observa de manera descendente los equipos con mejor confiabilidad, se observa que el equipo con mejor confiabilidad es el 25 seguido del 15 y el 18, también se observa que el equipo con peor confiabilidad es el CAT 01, se debe en parte en parte a que es el equipo más antiguo y las malas estrategias de mantenimiento.

Tabla 30. Número de paradas no programadas físicas y las contractuales

Paradas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Físicas	203	180	269	182	265	264	282	307	396	338	346	374	3406
Contractuales	174	160	228	146	209	188	188	211	226	199	213	241	2383

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: Podemos observar que en todo el año hay una diferencia aproximada de mil paradas, lo cual quiere decir el MTBF contractual será mayor que el físico, ya que no considera paradas por fallas de llantas, mala lubricación u otros que no corresponden al contrato.

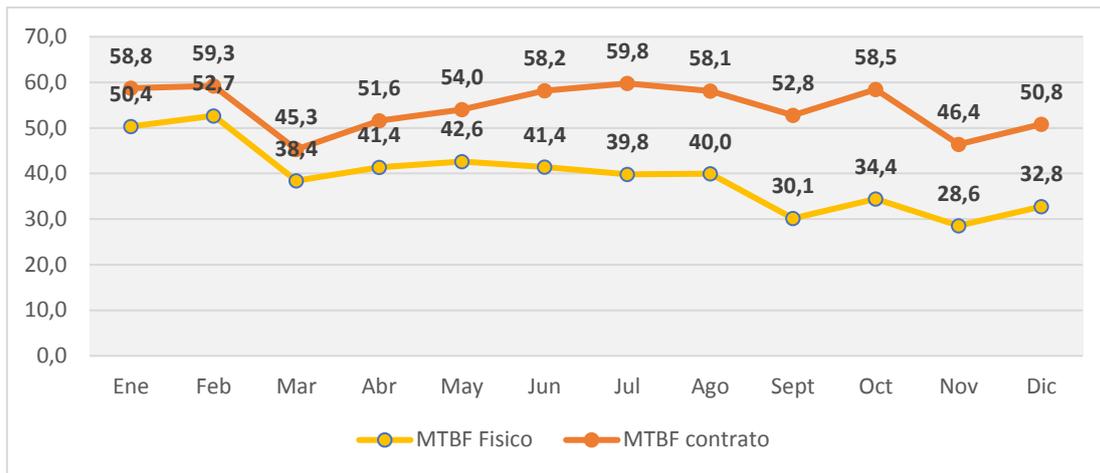


Figura 9. MTBF Físico y contractual de la flota 797F por mes (Horas) – periodo 2017

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la tabla se muestra los MTBF físico y contractual, se observa que el contractual es mayor, esto se debe a que el número de paradas es menor ya que no contempla paradas por enllantes, soldaduras de tolvas, engrases.

El MTBF contractual es de 50.8 lo cual es aún bajo ya que no llegamos a las 60 horas, se requiere plantear estrategias de confiabilidad para levantar este indicador

b) Tiempo medio fuera del servicio después del PM

Este indicador es muy importante ya que nos ayuda a medir el tiempo que en promedio falla la flota después de un mantenimiento programado, al igual que el MTBF el target es de 60 horas sin embargo este indicador se puede incrementar más a beneficio nuestro, mejorando la calidad de los mantenimientos con diferentes estrategias que serán explicadas en otro capítulo.

A continuación, se detallará este indicador en el periodo 2017

Se mostrarán el registro de todas las paradas después de un PM en todo el periodo 2017 y después se procederá a la realización de cálculos.

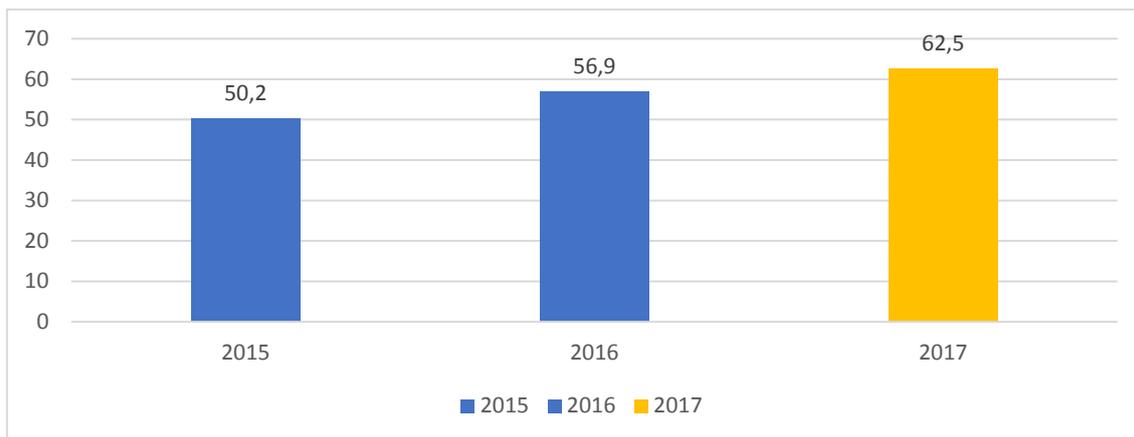


Figura 10. Primera Parada Después del PM (Horas) Periodos 2015-2017.

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En la gráfica se observa que el indicador aumenta del año 2015 al 2017, en el periodo de estudio esto significa que en promedio los equipos fallan después de 62 horas una vez terminado el PM.

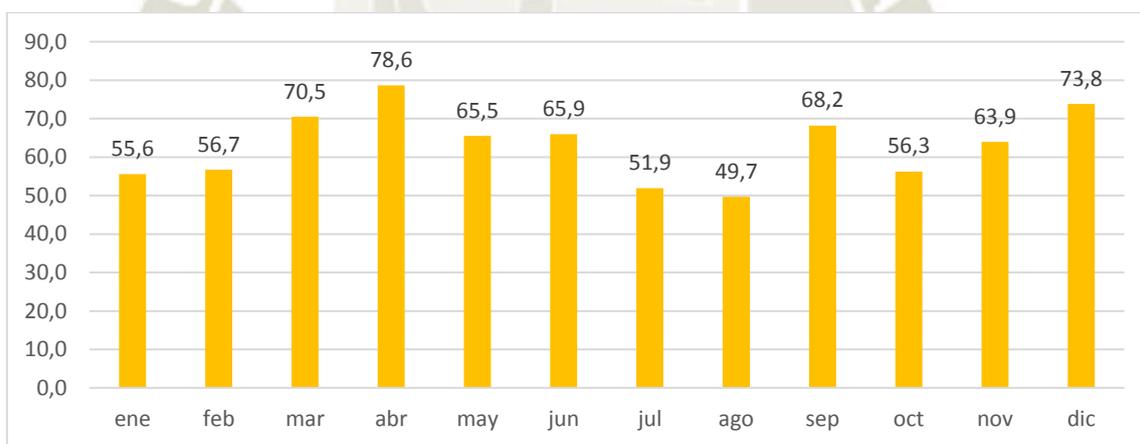


Figura 11. Primera Parada Después del PM por Mes(Horas) – Periodo 2017.

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En el grafico se observa que el mes de abril los equipos pararon a 78 horas después de su PM que es lo que se busca según el target de 60 horas, sin embargo, en agosto el promedio fue de 49 horas, muy por debajo de lo esperado.

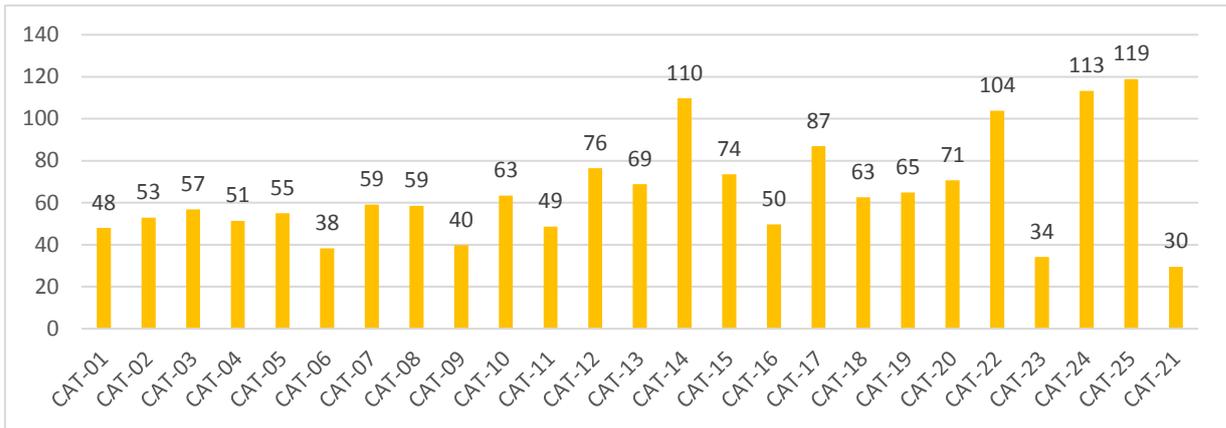


Figura 12. Primera Parada Después del PM por Equipo (Horas) – Periodo 2017.

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: En el grafico se puede observar que el equipo más confiable después de un PM es el CAT 25, seguidos del CAT 24 y 14, lo que quiere decir que en la mayoría de sus mantenimientos se realizaron con mejor calidad que los otros equipos.

De la misma forma se muestra la evolución del MTFS mensual y trimestral respectivamente, en ambos casos para el año 2017.

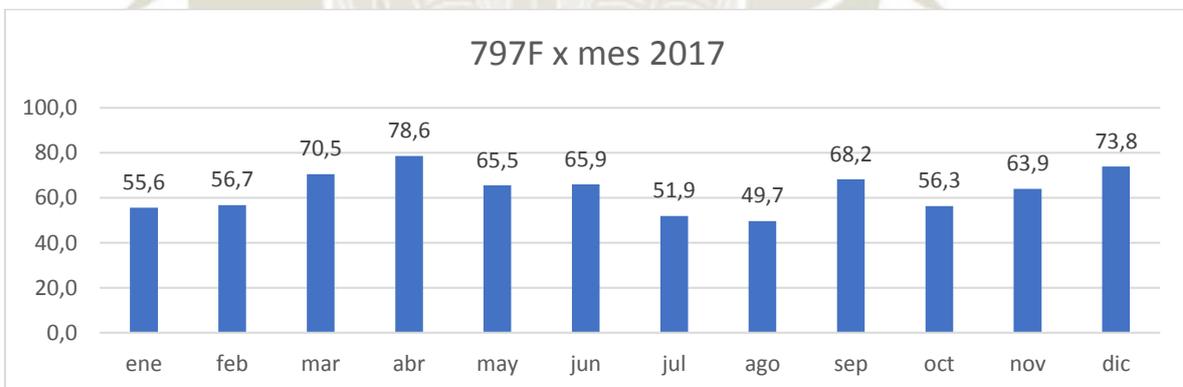


Figura 13. MTFS mensual en el periodo 2017 - Horas

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la figura se observa que en los meses de julio y agosto se tiene los indicadores más bajos y en abril se tiene el indicador más alto, el cual es un tiempo aceptable antes de falla, todos los meses deberían estar en ese rango, mayor de 70 horas.

3.1.1. Organización del personal en la empresa contratista 2017.

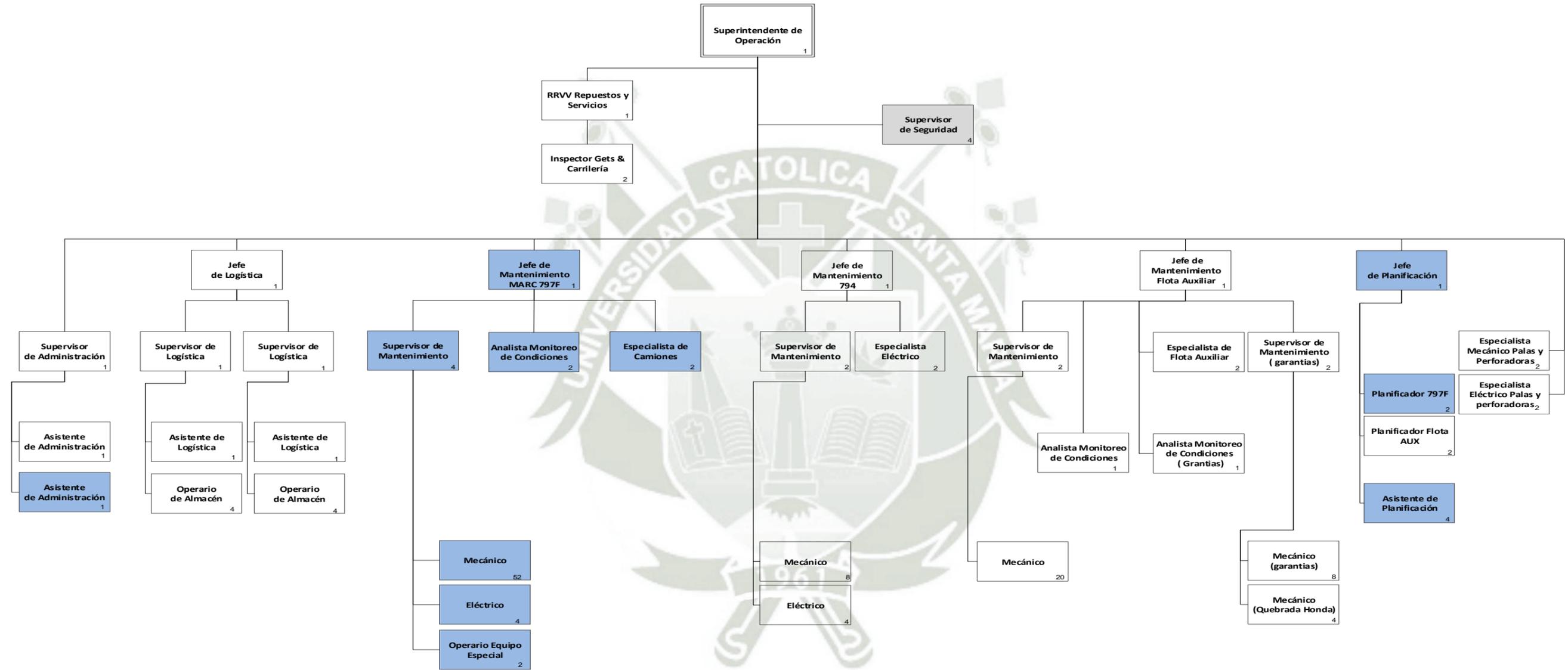


Figura 14. Organigrama 2017.

Fuente: Empresa Contratista Minera

Comentario: La figura nos muestra el organigrama funcional de la empresa contratista en el periodo 2017, los cuadros resaltados en celeste nos muestran los puestos relacionados al contrato MARC 797F, el contrato MARC contaba con 2 jefaturas, una de mantenimiento y una de planeamiento y un asistente administrativo de apoyo, se observa que el jefe de planeamiento está a cargo solo de planificadores y asistentes de planificación y el jefe de mantenimiento está a cargo de supervisores, técnicos, analistas de monitoreo y especialistas, son 162 personas en total en la empresa contratista en el periodo 2017.

Tabla 31. Personal Contrato MARC 797F.

Área	Centro de Costo	Puesto	Cantidad	Guardia	Jefe Directo
Planeamiento	Marc 797F	Jefe de Planificación	1	5x2	Súper Intendente
	Marc 797F	Planificador	2	8x6	Jefe de Planificación
	Marc 797F	Asistente de planificación	4	8x6	Planificador
Mantenimiento	Marc 797F	Jefe de Mantenimiento	1	5x2	Súper Intendente
	Marc 797F	Supervisor de Mantenimiento	4	8x6	Jefe de Mantenimiento
	Marc 797F	Analista de Monitoreo de Condiciones	2	8x6	Jefe de Mantenimiento
	Marc 797F	Especialista de Camiones	2	8x6	Jefe de Mantenimiento
	Marc 797F	Técnico Mecánico	52	8x6	Supervisor de Mantenimiento
	Marc 797F	Técnico Eléctrico	4	8x6	Supervisor de Mantenimiento
	Marc 797F	Operador de Equipo especial	2	8x6	Supervisor de Mantenimiento
Administración	Marc 797F	Asistente de Administración	1	5x2	Supervisor de Administración
Total			75		

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se detalla el personal que brinda soporte exclusivo al contrato Marc de Volquetes 797F, así como su régimen de trabajo, en total son 75 colaboradores que dan soporte al contrato MARC 797F.

3.1.1.1. Principales procesos de mantenimiento – periodo 2017

1. Mantenimiento Preventivo (corto plazo)
2. Mantenimiento Predictivo (Generación de backlogs según la condición del equipo)
3. Mantenimiento correctivo
4. Cierre de OT's

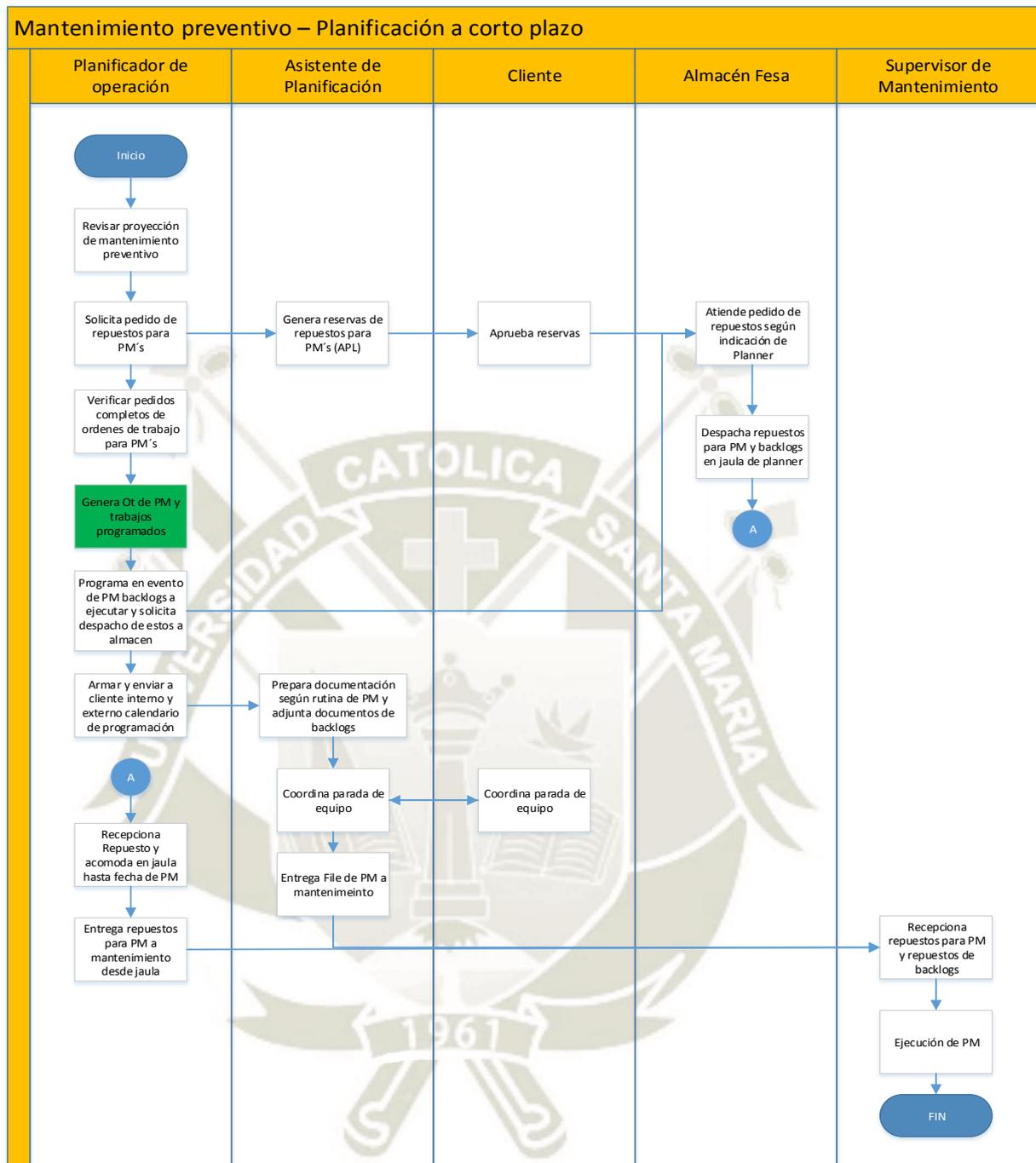


Figura 15. Mantenimiento Preventivo (corto plazo).

Fuente: Elaboración propia

Comentario: La figura nos muestra el proceso del mantenimiento preventivo a corto plazo o programación de mantenimientos preventivos, aseguramiento de repuestos y finalmente termina en la ejecución del mantenimiento preventivo.

Tabla 32. Texto explicativo - Mantenimiento Preventivo (corto plazo) parte 1.

N ^o	Actividad	Responsable	Descripción
1	Revisión de proyección de mantenimiento preventivo.	Planificador de operación.	El planificador de operación es el encargado de revisar la proyección de mantenimiento preventivo como actividad de inicio a la planificación a corto plazo.
2	Solicita pedido de repuestos para PM's.	Planificador de operación.	Después de la revisión de la proyección de mantenimiento preventivo se deberá realizar la solicitud de pedido de repuestos para los PM's
3	Genera reservas de repuestos para PM's (APL)	Asistente de planificación.	Es una actividad de los pedidos de repuestos para PM's
4	Aprueba reservas.	Cliente.	Es una actividad de los pedidos de repuestos para PM's
5	Atiende pedido de repuesto según indicaciones de planner.	Almacén.	En almacén son atendidos aquellos pedidos de repuestos que fueron aprobados por el planner.
6	Verificar pedidos completos de trabajo para PM's	Planificador de operación.	El planificador de operación será el encargado de la verificación de los pedidos para PM's
7	Despacho de repuestos para PM y backlogs en jaula de planner.	Almacén.	Se realiza el despacho de los repuestos necesarios para los PM y backlocks, dicho despacho se realiza en almacén.
8	Genera Ot de PM y trabajos Programados.	Planificador de operaciones.	El planificador de operaciones generará las órdenes de trabajo, así como los trabajos contemplados dentro de la programación.
9	Programa en evento de PM backlogs a ejecutar y solicitar despacho de estos a almacén.	Planificador de operaciones.	El planificador de operaciones realiza la programación en evento de PM's y backlogs que serán ejecutados, para proceder con la solicitud de despacho desde almacén.

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: Se inició revisando la proyección del mantenimiento preventivo seguido de los pedidos de repuestos para PM's el cual tiene como actividades la generación de reserva de repuestos en la etapa de asistente de planificación, además de la aprobación de reserva en relación a los clientes, siguiendo con la atención del pedido según las indicaciones del planner y el despacho de repuestos en el almacén de la empresa. Por otra parte, se genera una retroalimentación en el programa en evento de PM y backlog a ejecutar y solicitado, el cual está situado después de la generación Ot de PM y trabajos programados y la verificación de pedidos completos de orden de trabajo para los PM's.

Tabla 33. Texto explicativo - Mantenimiento Preventivo (corto plazo) parte 2.

N ^o	Actividad	Responsable	Descripción
10	Armar y enviar a cliente interno y externo según programación.	Planificador de operaciones.	El planificador se encargara de enviar la programación a los clientes interno y externo.
11	Preparar documentación según rutina de PM	Asistente de planificación .	El asistente de planificación preparará la documentación según la rutina de PM's y backlogs
12	Coordinar parada de equipo.	Asistente de planificación .	El asistente de planificación realizara las coordinaciones para paradas de equipos
13	Coordinar parada de equipo.	Cliente.	Se realizan las coordinaciones con el cliente para las paradas de equipo programadas.
14	Entrega file de PM a mantenimiento.	Asistente de planificación .	El asistente de planificación se encargará de la entrega de file de PM a mantenimiento.
15	Recepciona repuestos y acomoda en jaula hasta la fecha del PM.	Planificador de operaciones.	El planificador de operaciones recepciona los repuestos, que se organizaran hasta el PM.
16	Entrega repuestos para el PM a mantenimiento desde jaula.	Planificador de operaciones.	El planificador de operaciones realiza la entrega de repuestos para PM
17	Recepciona repuestos para PM y repuestos de backlogs.	Supervisor de mantenimiento.	El supervisor de mantenimiento se encarga de la recepción de repuestos tanto para PM como para backlogs
18	Ejecución de PM.	Supervisor de mantenimiento.	El supervisor de mantenimiento será el responsable de la ejecución de PM

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Seguidamente después del programa de eventos se desarrolla el armado y envió al cliente interno y externo según la programación, con su respectiva documentación y rutinas de PM y backlogs, para la coordinación de parada de equipo, el cual está determinado por el asistente de planificación y el cliente. Seguidamente se deberá entregar el archivo PM a mantenimiento conjuntamente con la entrega de repuestos requeridos para realizar el mantenimiento el cual es recepcionado del almacén de la empresa según el planificador de operación para de esta forma realizar la entrega y recepción de repuestos PM y backlogs al supervisor de mantenimiento para realizar la ejecución PM y de esta forma finalizar.

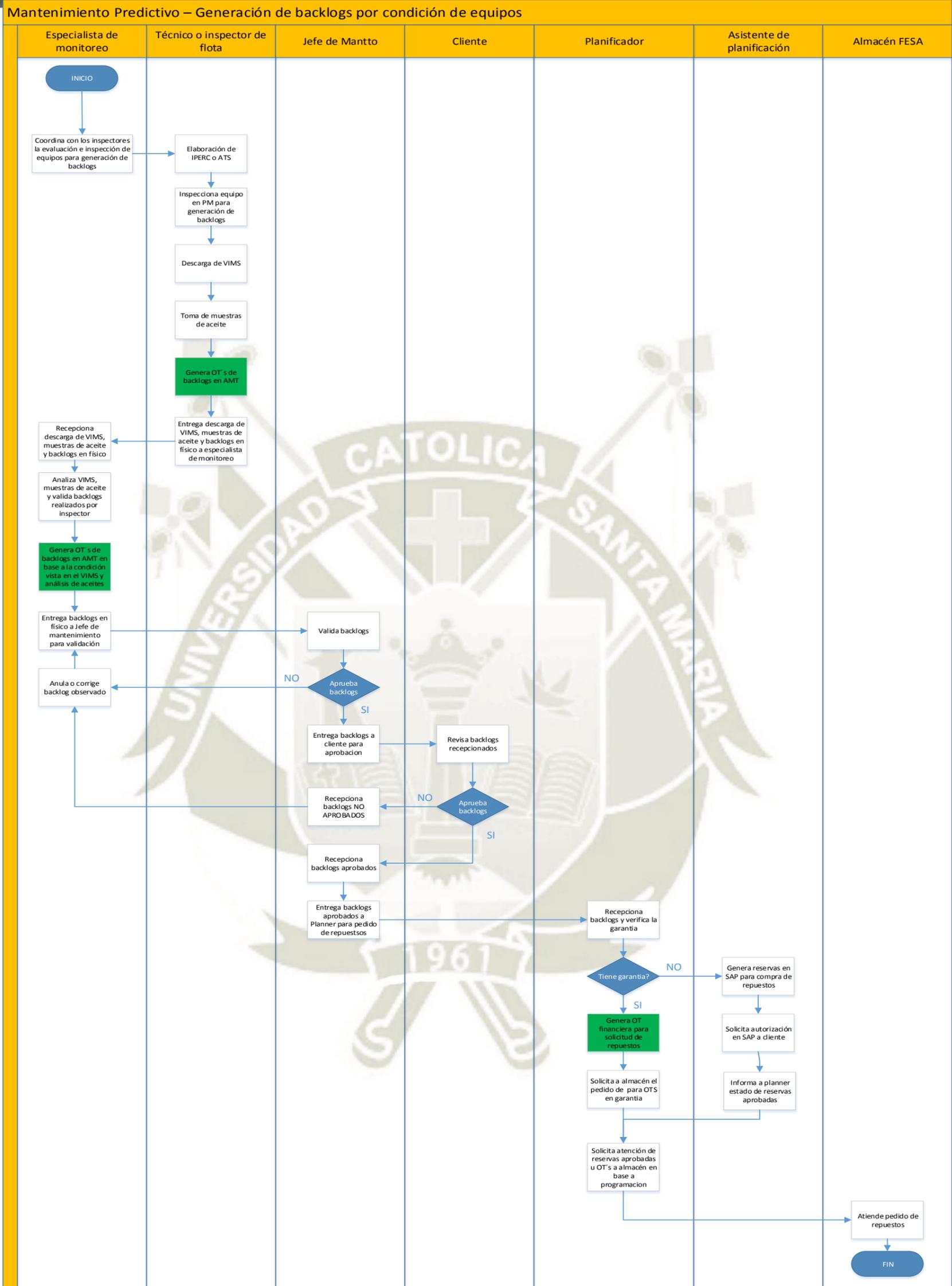


Figura 16. Mantenimiento Predictivo.

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: el diagrama de flujo nos muestra los pasos del proceso de generación de backlogs en la gestión de la flota 797F.

Tabla 34. Texto explicativo - Mantenimiento Predictivo

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DESCRIPCION
1	Coordinación con inspectores sobre evaluación e inspección de equipos de generación de backlogs.	Especialista de monitoreo.	Se inicia con la coordinación realizada por los inspectores realizando la evaluación e inspección de los equipos para la generación de backlogs, desarrollados por los especialistas de monitoreo
2	Elaboración de IPERC o ATS.	Técnico o inspector de flota	Los especialistas de monitoreo designan la elaboración de IPERC o ATS, que estarán a cargo de los técnicos o inspectores de flota.
3	Inspección de equipos en PM para generación de backlogs.	Técnico o inspector de flota	El técnico o inspector de flota realiza la inspección de equipos en PM para generación de backlogs
4	Descarga de VIMS	Técnico o inspector de flota	El técnico o inspector de flota realiza la descarga de VIMS
5	Generar OT's de backlogs en AMT	Técnico o inspector de flota	El técnico o inspector de flota se encarga de generar OT's de backlogs en AMT
6	Entrega descarga de VIMS, muestra de aceite y backlogs en físico especialista de monitoreo.	Técnico o inspector de flota	El técnico o inspector de flota realiza la entrega descarga de VIMS, muestra de aceite y backlogs en físico especialista de monitoreo
7	Recepciona descarga de VIMS muestra de aceite y backlogs en físico.	Especialista de monitoreo.	El especialista de monitoreo se encarga de la recepción y descarga de VIMS muestra de aceite y backlogs en físico.
8	Analiza VIMS muestra de aceite y valida backlogs realizados por el inspector.	Especialista de monitoreo.	la condición observada en el VIMS, será la base para generar ot's de backlogs
9	Genera OT's de backlogs en AMT en base a la condición vista en el VIMS y análisis de aceite,	Especialista de monitoreo.	El técnico o inspector de flota, quien seguidamente brinda la información al especialista de monitoreo para que analice las muestras y valide los resultados para generar los OT's de backlogs en AMT basándose en la condición observada en el VIMS y el análisis de aceites
10	Entrega de backlogs en físico a jefe de mantenimiento para validación.	Especialista de monitoreo.	se entregan en físico los backlogs al jefe de mantenimiento para la validación y aprobación de backlogs en caso que este correcto, caso contrario deberá regresar al especialista en monitoreo para realizar la correcciones correspondientes y después aprobarlo
11	Validación backlogs	Jefe de Mantenimiento.	El jefe de mantenimiento realiza la validación de backlogs.
12	Aprueba backlogs	Jefe de Mantenimiento.	El jefe de mantenimiento realiza la aprobación de backlogs.
13	Anula o corrige backlog observado.	Especialista de monitoreo.	El especialista de monitoreo puede anular o corregir backlogs observados.
14	Entrega backlogs a cliente para aprobación.	Jefe de Mantenimiento.	Una vez que se apruebe de deberá entregar la aprobación de backlogs a los clientes para que den el visto bueno
15	Revisa backlogs relacionados.	Cliente.	El cliente realiza la revisión de backlogs
16	Aprueba backlogs	Cliente.	el cliente realiza la aprobación de backlogs.
17	Recepciona backlogs no aprobados.	Jefe de Mantenimiento.	Aquellos backlogs que no fueron aprobados reciben a cargo del jefe de mantenimiento
18	Recepciona backlogs aprobados.	Jefe de Mantenimiento.	Aquellos backlogs que fueron aprobados reciben a cargo del jefe de mantenimiento
19	Entrega backlogs aprobados a planner para pedido de repuestos.	Jefe de Mantenimiento.	El jefe de mantenimiento realiza la entrega backlogs aprobados a planner para pedido de repuestos
20	Recepciona backlogs y verifica la garantía.	Planificador.	El planner realiza la recepción backlogs y verifica la garantía.
21	Revisión de garantía.	Planificador.	El planner realiza la revisión de garantía.
22	Generar reservas en SAP para compra de repuestos.	Asistente de planificación.	El planner revisará las reservas en SAP, el asistente de planificación es el que genera reservas.
23	Solicita autorización en SAP a cliente.	Asistente de planificación.	Son solicitados con autorización del cliente
24	Informa a planner estado de reservas aprobadas.	Asistente de planificación.	El asistente de planificación informa al planner el estado de reservas que fueron aprobadas.
25	Genera OT financiera para solicitud de repuestos.	Planificador.	Se entrega el pedido de repuestos al planificador quien se encargara de generar OT financiero para solicitar repuestos al almacén con su respectiva garantía.
26	Solicita a almacén el pedido para OTS en garantía.	Planificador.	Para poder realizar la solicitud es necesario el OT financiero.
27	Solicita atención de reservas aprobadas u OT's a almacén en base a programación.	Planificador.	El planner debe informar el estado de reservas aprobadas.
28	Atiende pedido de repuesto.	Almacén.	Luego de que el planner informa, se solicita la atención de reservas aprobadas al almacén

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se detalla la apertura de OTs para la ejecución de trabajos para corregir la condición de equipos, iniciando con la coordinación realizada por los inspectores realizando la evaluación e inspección de los equipos para la generación de backlogs, desarrollados por los especialistas de monitoreo, los cuales designan la elaboración de IPERC o ACT, inspección de equipos en PM, descarga de VI MS, toma de muestras, generar los OT's de backlogs en AMT y entrega de descarga VIMS, muestras de aceite y backlogs al personal técnico o inspector de flota, quien seguidamente brinda la información al especialista de monitoreo para que analice las muestras y valide los resultados para generar los OT's de backlogs en AMT basándose en la condición observada en el VIMS y el análisis de aceites. Seguidamente se entregará en físico los backlogs al jefe de mantenimiento para la validación y aprobación de backlogs en caso que este correcto, caso contrario deberá regresar al especialista en monitoreo para realizar las correcciones correspondientes y después aprobarlo. Una vez que se apruebe de deberá entregar la aprobación de backlogs a los clientes para que den el visto bueno y de esta forma se entregue el pedido de repuestos al planificador quien se encargara de generar OT financiero para solicitar repuestos al almacén con su respectiva garantía. En caso que no tenga garantía se deberá verificar las reservas en SAP para la compra de repuestos, los cuales son solicitados con autorización del cliente de tal forma que se deberá informar al planner del estado de reservas aprobadas solicitando una atención de reservas aprobadas al almacén de programación quien entregara los pedidos de repuestos para el mantenimiento.

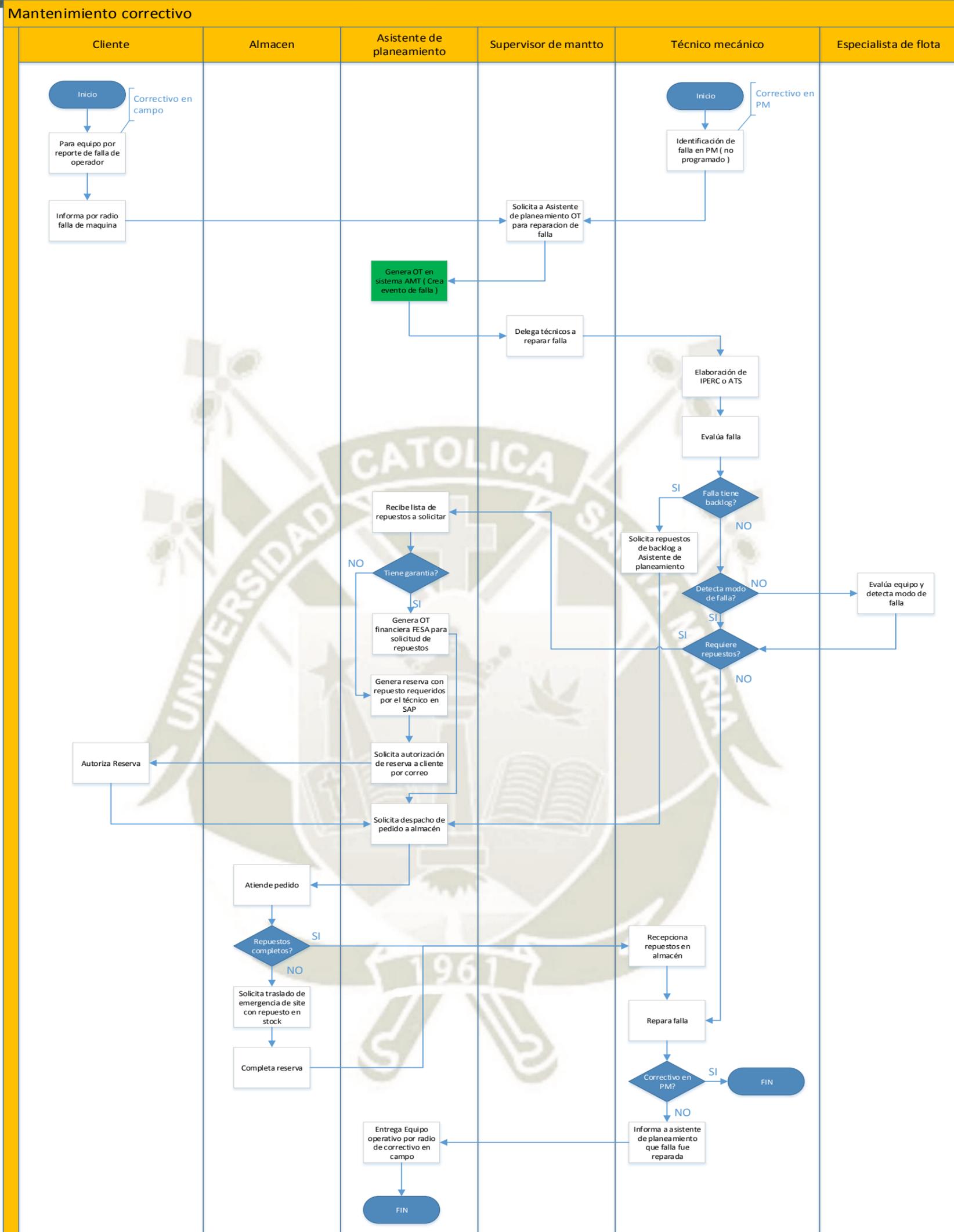


Figura 17. Mantenimiento Correctivo

Fuente: Elaboración propia.

Comentario: el diagrama de flujo nos muestra los pasos del proceso del mantenimiento correctivo en la gestión de la flota 797f, se detalla dos sub procesos, los correctivos en campo y los correctivos en los mantenimientos preventivos.

Tabla 35. Texto Explicativo -Mantenimiento Correctivo

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DESCRIPCION
1	Correctivo en campo	Cliente	Se realiza en equipos al reporte de fallas realizadas por los operadores.
2	Informe de falla	Cliente	Se informa mediante radio la falla de maquina
3	Correctivo en PM	Técnico mecánico	Se identifica la falla en PM (no programado)
4	Solicitud OT de reparación de falla	Supervisor de mantenimiento	Se solicita al asistente de planeamiento OT para la reparación de fallas
5	Generación de OT en AMT	Asistente de Planeamiento	Se genera la orden de trabajo en el sistema AMT (crea evento de falla)
6	Delegar técnicos	Supervisor de mantenimiento	Se delegan técnicos para reparar la falla
7	Elaboración de IPERC o ATS	Técnico mecánico	El técnico mecánico se encargara de la elaboración de IPERC o ATS
8	Evaluación de falla	Técnico mecánico	El técnico mecánico se encargara de la evaluación de falla
9	Solicitud repuestos de backlogs	Técnico mecánico	Si existe falla se solicita repuestos a asistente de planeamiento
10	Evaluación de equipo y detección de modo de falla	Especialista de flota	El especialista de flota evalúa el equipo y realiza la detección de modo de falla
11	Recepción de lista de repuestos a solicitar	Asistente de Planeamiento	El asistente de planeamiento realizará la recepción de lista de repuestos a solicitar en caso de requerir repuestos
12	Genera OT financiera para solicitud de repuestos.	Asistente de Planeamiento	Se entrega el pedido de repuestos al planificador quien se encargara de generar OT financiero para solicitar repuestos al almacén con su respectiva garantía.
13	Generar reservas en SAP para compra de repuestos.	Asistente de planificación.	El asistente de planeamiento revisará las reservas de repuestos en SAP, según el técnico
14	Solicita autorización en SAP a cliente.	Asistente de planificación.	Son solicitados a través de correo
15	Solicitud de despacho almacén	Asistente de planificación.	Una vez autorizada la reserva, se solicita despacho de pedido a almacén
16	Atención de pedido	Almacén	En caso de no tener los repuestos completos se solicita el traslado de emergencia de site con repuesto en stock, completando la reserva
17	Recepción de repuestos	Técnico mecánico	Repara la falla
18	Informe de fallas reparadas	Técnico mecánico	Se informa al asistente de planeamiento que falla fue reparada
19	Entrega de equipo	Asistente de planificación.	Se realiza la entrega del equipo operativo por radio de correctivo en campo

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la tabla se detalla el proceso de generación de OTS cuando se dan paradas por mantenimiento correctivo en campo como en pleno mantenimiento preventivo en taller, se indica también la persona responsable .

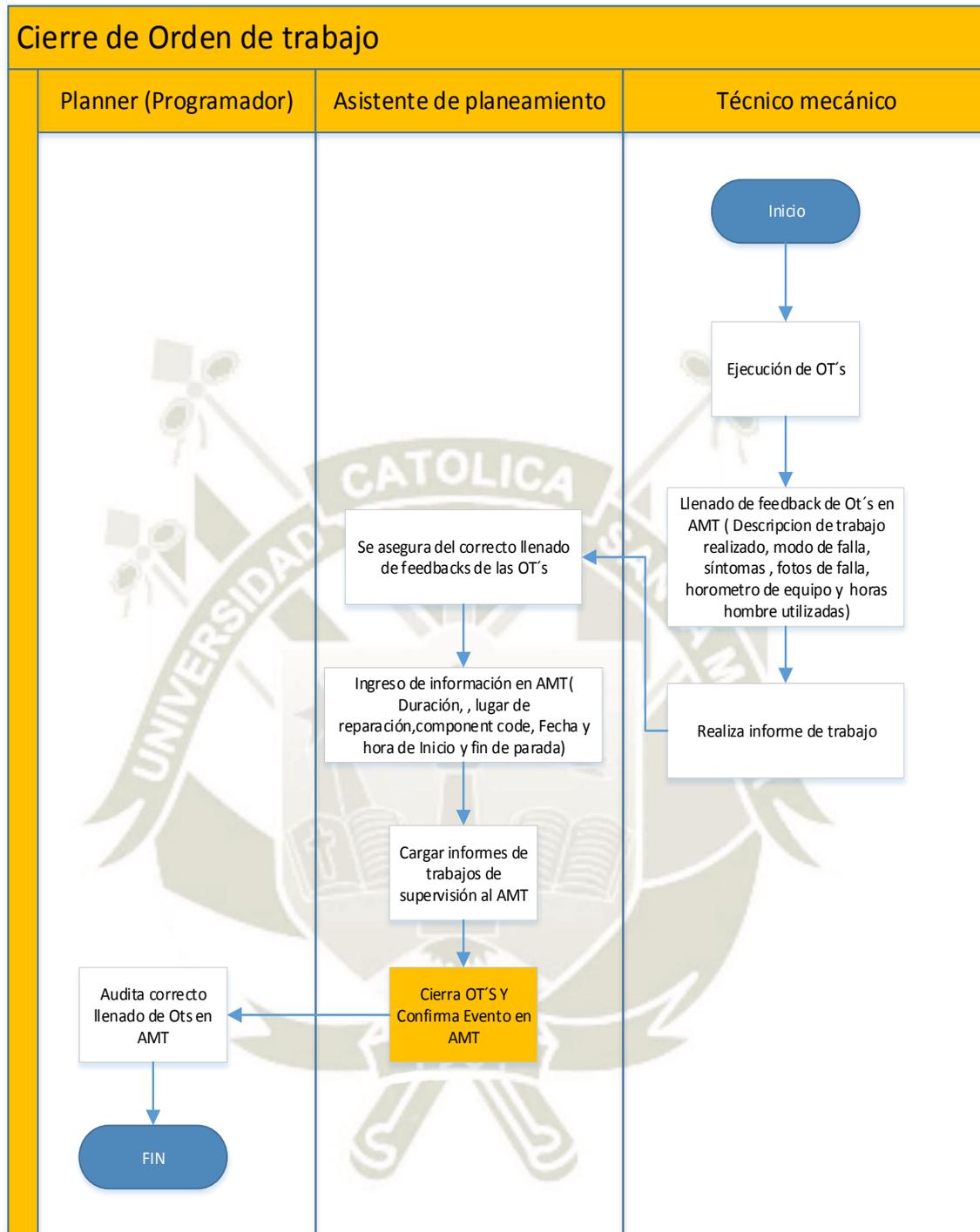


Figura 27. Cierre de OT's

Fuente: Elaboración propia

Comentario: en el diagrama de flujo se detalla los pasos del proceso del cierre de las ordenes de trabajo las cuales se hacen en el programa AMT no sin antes llenar todos los campos necesarios para tener la información más completa del trabajo ejecutado.

Tabla 36. Texto explicativo cierre Ordenes de Trabajo

Nº	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DESCRIPCION
1	Ejecución de OT's	Técnico mecánico.	El técnico mecánico es el encargado de realizar el primer paso para el cierre de orden de trabajo con la ejecución de OT's.
2	Llenado de Feedback de OT's en AMT.	Técnico mecánico.	El técnico mecánico se encarga de llenar correctamente los feedback describiendo el trabajo realizado, los modos de falla, síntomas que se presentan, fotos de la falla encontrada, horómetro del equipo y las horas de trabajo utilizadas.
3	Realiza informe de trabajo.	Técnico mecánico.	Después de haber llenado el feedback el técnico se encarga de realizar el informe de trabajo realizado o el informe de mantenimiento, el cual es llevado al asistente de planeamiento.
4	Asegura el correcto llenado de feedback de las OT's	Asistente de planeamiento.	El asistente de planeamiento recibe los informes elaborados por el técnico mecánico para revisar el llenado de feedback de las OT's.
5	Ingreso de información AMT.	Asistente de planeamiento.	Una vez dado el visto bueno a las OT's elaboradas por el técnico mecánico el asistente de planeamiento tendrá los indicadores como la duración, lugar de reparación, componente cambiado por código, fecha y hora de inicio y termino del mantenimiento.
6	Cargar informes de trabajos de supervisión al AMT.	Asistente de planeamiento.	El asistente procede al ingreso de datos proporcionados por el técnico mecánico en la base de datos de la empresa que realiza el servicio de mantenimiento para tener como reporte de mantenimientos realizados a los equipos.
7	Cierra OT's y confirma evento en AMT.	Asistente de planeamiento.	El asistente de planificación da el cierre de OT's y brinda la conformidad del evento realizado por el técnico mecánico, enviándolo finalmente al planner de mantenimiento.
8	Audita Correcto llenado de OT's en AMT.	Planner.	Por último el planner de mantenimiento da la conformidad y corrobora el correcto llenado de la OT's en AMT, dando como finalizado el servicio.

Fuente. Elaboración propia.

Comentario: Se detalla el proceso de cierre de órdenes de trabajo ejecutadas programadas y no programadas.

CAPITULO IV.

APLICACIÓN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

La norma SAE JA1011 define los requerimientos que debe cumplir un proceso de mantenimiento para recibir la denominación RCM. Según dicha norma, las 7 preguntas básicas del proceso RCM son:

- Primera Pregunta: Funciones y niveles de desempeño
- Segunda Pregunta: Fallas funcionales
- Tercera Pregunta: Análisis de efectos y tipos de fallas (FMEA)
 - Modo de falla
 - Análisis de los modos de fallas
 - Categorías de modos de fallas
- Cuarta pregunta: efectos de las fallas
- Quinta pregunta: consecuencias de las fallas
- Sexta pregunta: Mantenimiento proactivo
- Séptima pregunta: acciones de falta o de búsqueda de fallas

4.1. ANÁLISIS DE LA UNIDAD DE PROCESO

4.1.1. Lista de equipos

El contrato MARC 797F en el periodo 2017 engloba 26 camiones de acarreo, los cuales son iguales por lo que están conformados por los mismos sistemas y subsistemas, los cuales se describen a continuación:

Tabla 37. Listado de Equipos

Listado de equipo periodo 2017			
N°	Descripción	N°	Descripción
1	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 01	14	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 14
2	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 02	15	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 15
3	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 03	16	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 16
4	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 04	17	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 17
5	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 05	18	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 18
6	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 06	19	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 19
7	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 07	20	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 20
8	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 08	21	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 21
9	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 09	22	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 22
10	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 10	23	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 23
11	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 11	24	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 24
12	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 12	25	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 25
13	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 13	26	Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 26

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la tabla se detalla el listado de equipos operativos en el periodo 2017, los cuales en total son 26 y se les asigna el numero en base a la fecha de armado en mina del 1 al 26.

4.1.2. Codificación de equipos

La codificación de equipos facilitara su localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, etc., y permite el control de costes.

Tabla 38. Codificación de Equipos

DESCRIPCION DEL EQUIPO	CODIGO	ENTREGA DE CAMION	OBSERVACION
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 01	CAT-01	28/06/2011	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 02	CAT-02	06/04/2012	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 03	CAT-03	08/05/2012	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 04	CAT-04	22/05/2012	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 05	CAT-05	04/07/2012	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 06	CAT-06	29/07/2012	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 07	CAT-07	29/10/2012	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 08	CAT-08	17/12/2012	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 09	CAT-09	13/10/2013	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 10	CAT-10	16/06/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 11	CAT-11	08/06/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 12	CAT-12	07/07/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 13	CAT-13	28/07/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 14	CAT-14	28/08/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 15	CAT-15	16/10/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 16	CAT-16	07/10/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 17	CAT-17	12/11/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 18	CAT-18	18/11/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 19	CAT-19	20/11/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 20	CAT-20	04/12/2016	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 21	CAT-21	28/07/2017	Temporal
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 22	CAT-22	04/08/2017	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 23	CAT-23	15/11/2017	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 24	CAT-24	27/11/2017	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 25	CAT-25	08/11/2017	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 26	CAT-26	24/12/2017	Permanente

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la tabla se describe la codificación de los 26 equipos en el periodo 2017, los cuales tienen el prefijo “CAT” antes de la numeración.

4.1.3. Modelo de mantenimiento actual

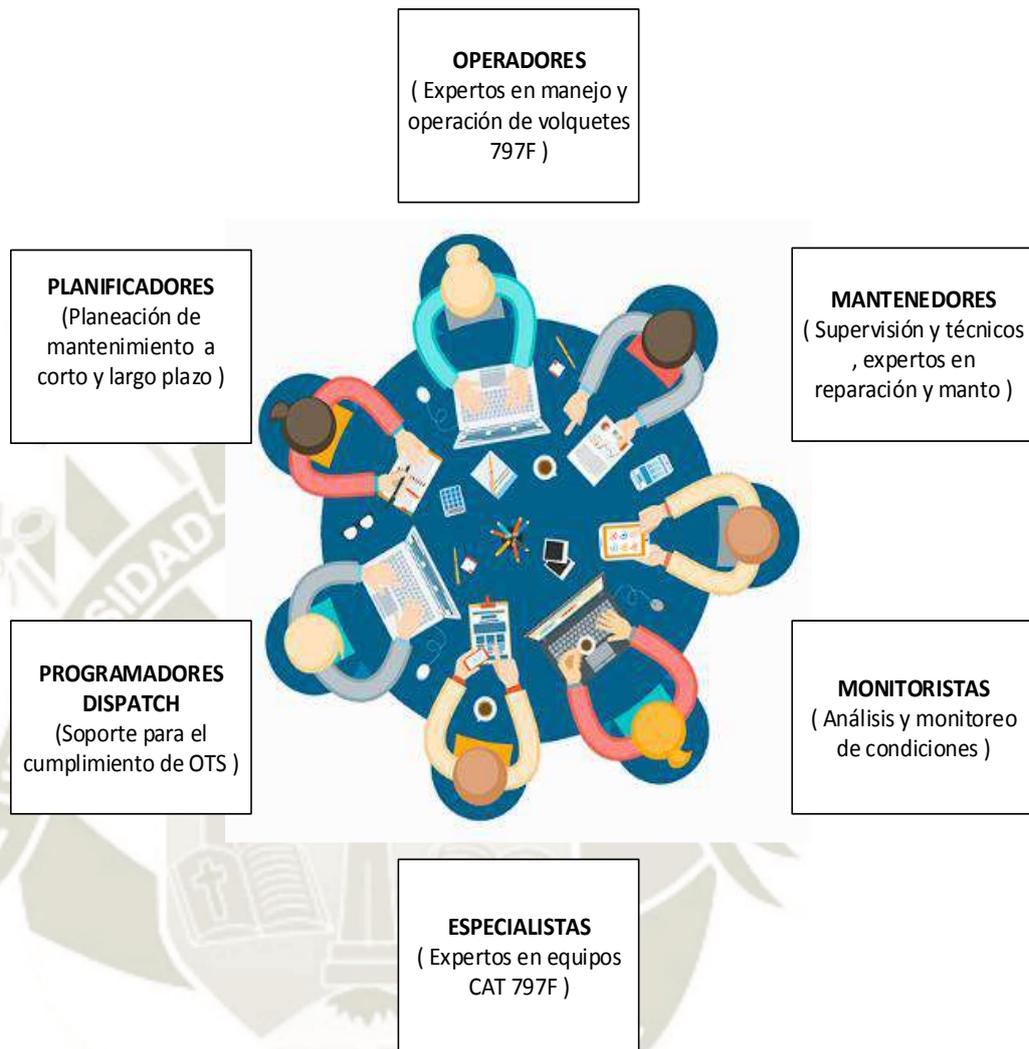


Figura 18. Equipo de trabajo del Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Comentario: La figura nos muestra todos los participantes claves del mantenimiento de la flota 797F en el periodo 2017, se incluye a los operadores de los equipos ya que, si no operan de la mejor manera, los equipos fallarán por mala operación y su tiempo de vida se reducirá. Las sinergias de todos estos elementos y un liderazgo óptimo dan como resultado el mantenimiento basado en la confiabilidad.

4.1.4. Especificaciones técnicas del camión minero 797F

4.1.4.1. Características Generales



Foto 7. Camión minero 797F

Fuente: Empresa Contratista Minera

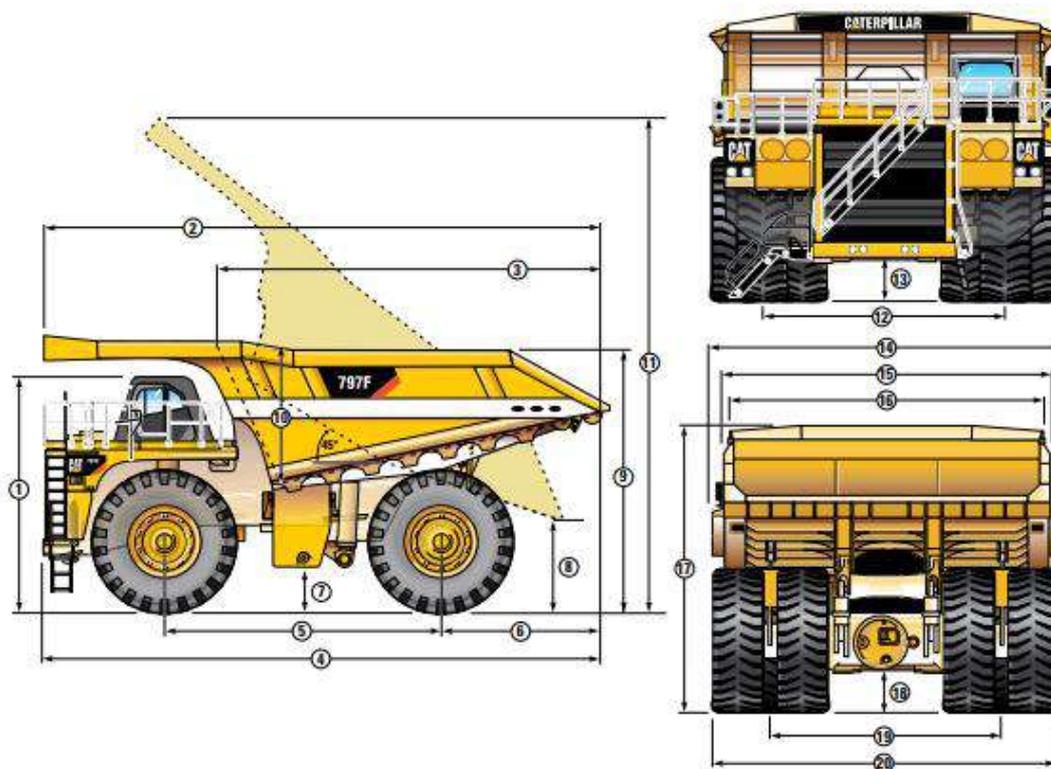
Comentario: En la foto se muestra el camión de acarreo 797F, en el periodo 2017 la empresa minera posee 26 de estos equipos, los cuales son la principal fuerza de producción de la mina ya que cada uno de ellos puede cargar hasta 362 toneladas.

Tabla 39. Características Generales

797F		
Prefijo N° serie	LAJ	LAJ
Capacidad de carga	352-362 Ton Métricas	387 - 398 ton
Peso bruto	623.690 KG	1.375.000 lbs
Peso Vacío (sin tolva)	210.779-219.326 KG	465.822-484711 lbs
Peso de la tolva	42.700-44.200 Kg	94.367-97682 lbs
Largo	14.85 Metros	48.7 pies
Altura	7.71 Metros	25.3 pies
Altura con la tolva arriba	15.745 metros	51.7 pies

Fuente: Finning Cat

Comentario: En la tabla se muestra las especificaciones técnicas de la máquina, tales como peso, largo, altura, capacidad de carga. Actualmente son los equipos más grandes y de mayor capacidad en Perú.



1	Altura hasta la parte superior de la ROPS: vacío	6.526 mm	21' 5"
2	Longitud total de la caja	14.802 mm	48' 7"
3	Longitud interior de la caja	9.976 mm	32' 9"
4	Longitud total	15.080 mm	49' 6"
5	Distancia entre ejes	7.195 mm	23' 7"
6	Eje trasero a la cola	3.944 mm	12' 11"
7	Espacio libre sobre el suelo con carga	786 mm	2' 7"
8	Espacio libre de descarga	2.017 mm	6' 7"
9	Altura de carga: vacío	6.998 mm	23' 0"
10	Profundidad interior de la caja: máxima	3.363 mm	11' 0"
11	Altura total: caja levantada	15.701 mm	51' 6"
12	Ancho del neumático delantero de la línea de centro	6.534 mm	21' 5"
13	Espacio libre del protector del motor: cargado	1.025 mm	3' 4"
14	Ancho exterior de la caja	9.755 mm	32' 0"
15	Ancho total del techo	9.116 mm	29' 11"
16	Ancho interior de la caja	8.513 mm	27' 11"
17	Altura del techo delantero: vacío	7.709 mm	25' 4"
18	Espacio libre del eje trasero: cargado	947 mm	3' 1"
19	Ancho del neumático doble trasero de la línea de centro	6.233 mm	20' 5"
20	Ancho total entre neumáticos	9.529 mm	31' 3"

Figura 19. Dimensiones del volquete 797F

Fuente: Caterpillar

Comentario: en la figura se detallan todas las dimensiones en todos los ángulos del camión de acarreo Caterpillar 797F.

4.1.4.2. Motor

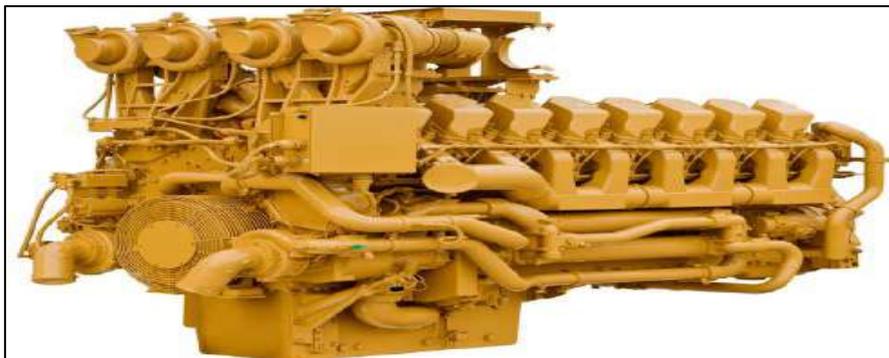


Foto 8. Foto de Motor

Fuente: Finning CAT

Comentario: La foto nos muestra el motor C175 del modelo 797F, es el componente más importante y más caro, Motor, es un motor diésel con tecnología avanzada de reducción de gases de combustión y un sistema de combustible de riel común de alta presión, donde la presión de combustible se eleva hasta 26,000 PSI. El motor C175 es una configuración V20 a 60° (20 cilindros en V con un Angulo de 60° entre cilindros). La cilindrada del motor es de 106,2 litros.

Tabla 40. Especificaciones técnicas del Motor

Modelo del motor	ACERT C175-20
Desplazamiento	106.2 L (6481 cu in)
Diámetro	175 mm (6.7 in)
Combustión	Inyección Directa
Potencia	4000 hp a 1750 rpm
Par motor	15000 lb/ft a 1300 rpm
Revoluciones altas en vacío	1960 rpm
Revoluciones bajas en vacío	700 rpm
Consumo de combustible	200 gl/hr

Fuente: Finning CAT

Comentario: En la tabla se detalla las principales especificaciones del motor.

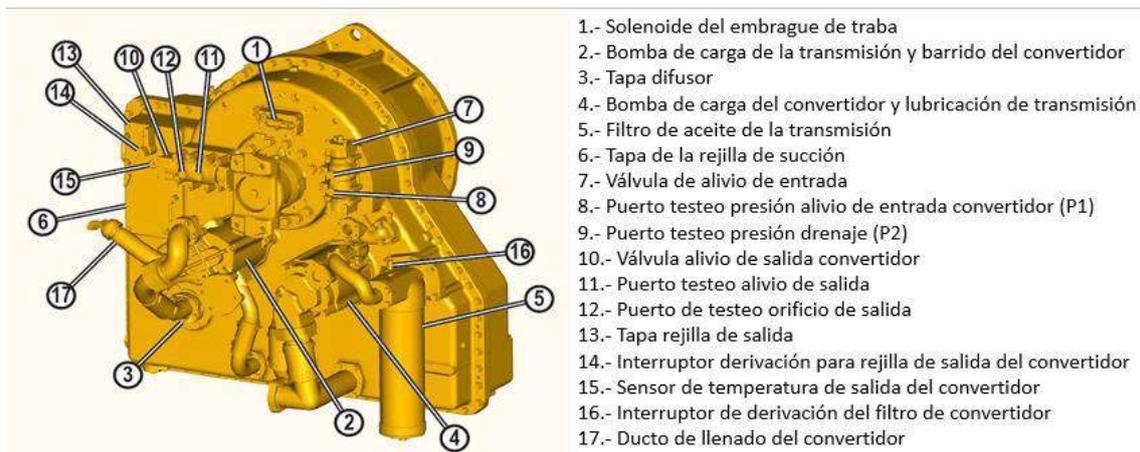


Figura 20. Componentes del Convertidor de Torque

Fuente: Finning CAT

Comentario: El convertidor de torque proporciona un acoplamiento de fluido que permite que el motor pueda seguir funcionando con el camión detenido. En mando convertidor, el convertidor de torque incrementa el torque a la transmisión. A velocidades más altas el solenoide del embrague de traba proporciona mando directo

4.1.4.3. Pesos Aproximados

Tabla 41. Pesos Aproximados

Intervalo del peso de la caja	41 368-61 235 kg (91 200-135 000 lb)
Intervalo del peso del chasis	210 630-219 146 kg (464 359-483 134 lb)
Peso de funcionamiento bruto de la máquina (GMW)	623690.0 kg (1375000.0 lb)

Fuente: Caterpillar

Comentario: En la tabla se detalla los pesos aproximados de la caja, el chasis y de toda la máquina.

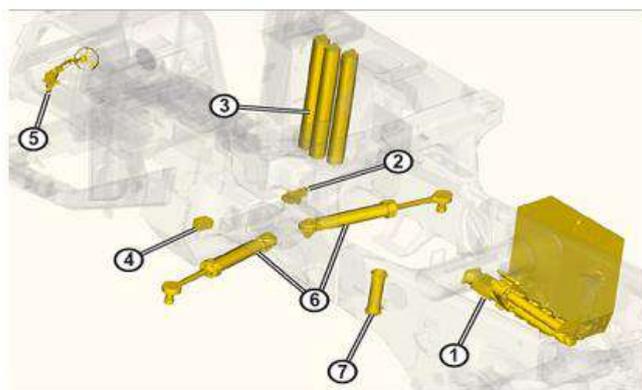
4.1.4.4. Especificaciones de Operación

Tabla 42. Especificaciones de Operación

Capacidad nominal de carga útil	400.0 tons métricas
Ángulo de dirección	40.0 Grados
Diámetro de giro de espacio libre de la máquina	138.0 pies
Capacidad colmada SAE (2:1)	240 a 267 m ³ (314 a 350 yd ³)
Velocidad máxima: con carga	67.6 km/h

Fuente: Caterpillar

Comentario: En la tabla se detalla las especificaciones de operación tales como la carga nominal, ángulo de dirección, diámetro de giro de espacio libre de máquina, la capacidad colmada y la máxima velocidad con carga.



- 1.- Bomba de la Dirección
- 2.- Manifold de Válvula de alivio y Solenoide de la Dirección.
- 3.- Acumuladores de la Dirección
- 4.- Válvula de control de la Dirección
- 5.- HMU (Hand Metering Unit)
- 6.- Cilindros de Dirección
- 7.- Enfriador de aceite de Dirección y Fan.

Figura 21. Componentes del sistema de dirección

Fuente: Finning CAT

Comentario: En la figura se detalla los componentes del sistema de dirección, el sistema de dirección usa la Fuerza hidráulica para cambiar la dirección de las ruedas delanteras. El sistema no Tiene conexión mecánica alguna entre el volante y los cilindros de dirección.

4.1.4.5. Mando Finales

Tabla 43. Mando Finales

Relación de desmultiplicación del diferencial	1,276:1
Relación de desmultiplicación planetaria	16,67:1
Relación de reducción total	21,26:1

Fuente: Caterpillar

Comentario: En la tabla se indica la relación de desmultiplicación del diferencial, la planetaria y la relación de reducción total.

4.1.4.6. Transmisión

Tabla 44. Transmisión

1.^a marcha de avance	11.3 km/h
2.^a marcha de avance	15.2 km/h
3.^a marcha de avance	20.5 km/h
4.^a marcha de avance	27.7 km/h
5.^a marcha de avance	37.2 km/h
6.^a marcha de avance	50.3 km/h
7.^a marcha de avance	67.6 km/h
Marcha atrás	11.9 km/h

Fuente: Caterpillar

Comentario: En la tabla se describen las velocidades de cada una de las 7 marchas con las que cuenta la transmisión del volquete 797F.

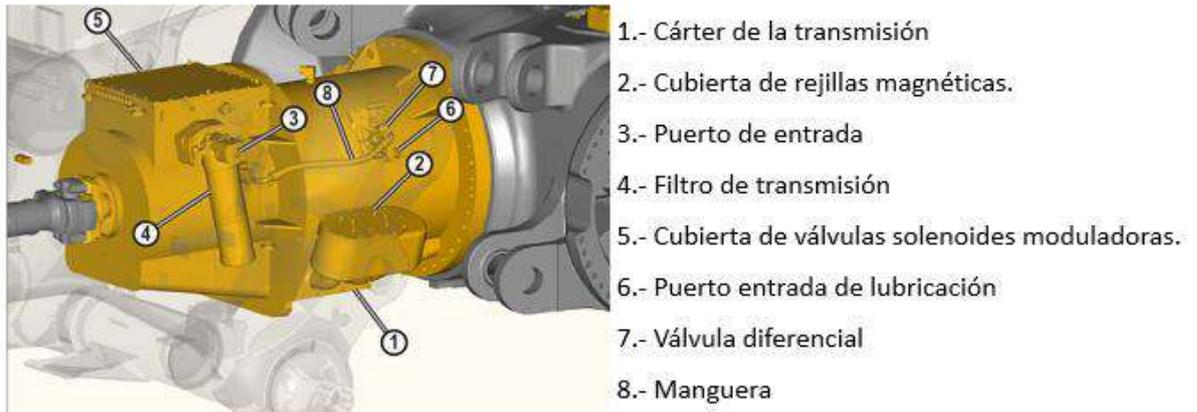


Figura 22. Componentes de la Transmisión

Fuente: Finning CAT

Comentario: La figura nos muestra los componentes principales externos de la transmisión, la caja de cambios esta después del convertidor de par y antes del diferencial.

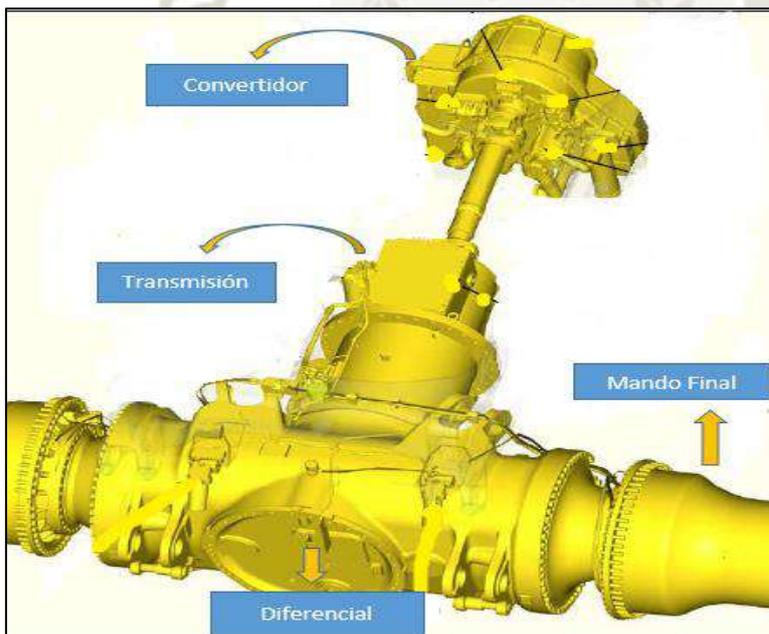


Figura 23. Componentes del Power train

Fuente: Finning CAT

Comentario: La figura nos muestra los componentes del power train los cuales hacen girar las ruedas traseras para el movimiento del vehículo.

4.1.4.7. Suspensión

Tabla 45. Suspensión.

Oscilación del eje trasero	±4 grados
Carrera del cilindro efectiva: delantera	313.6 mm
Carrera del cilindro efectiva: trasera	165.1 mm

Fuente: Caterpillar

Comentario: En la tabla se detalla las carreras de las suspensiones delantera y traseras del volquete Caterpillar 797F, siendo los cilindros delanteros los que tienen mayor carrera.

4.1.4.8. Dispositivo de Levantamiento de Cajas

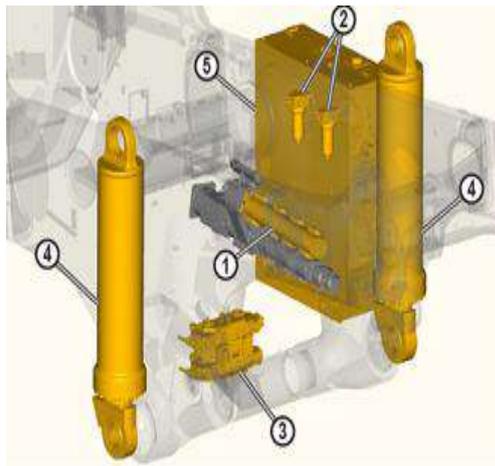
Tabla 46. Dispositivo de Levantamiento de Caja

Ajuste de la válvula de seguridad: elevación	24200.0 kPa
Caudal de la bomba: vacío alto	317.0 gal EE.UU./min
Tiempo de descenso de la caja funcionando en vacío alto: flotación	19.0 Segundos
Tiempo de elevación de la caja: vacío bajo	25.0 Segundos

Fuente: Caterpillar

Comentario: En la tabla se detalla el ajuste de válvula de seguridad, el caudal de la bomba y los tiempos de descenso y elevación de la caja.

En el siguiente grafico se mostrará los componentes principales del sistema de levante de la tolva o caja.



1. Bomba de levante
2. Malla de levante
3. Válvula de control de levante y enfriamiento de frenos
4. Cilindros de levante
5. Tanque aceite hidráulico

Figura 24. Componentes del sistema de levante

Fuente: Finning CAT

Comentario: El sistema de levante de camión 797-F es controlado electrónicamente por el ECM de Chasis, El sistema de levante puede ser habilitado o deshabilitado por la herramienta de servicio ET, dos cilindros hidráulicos son usados para levantar la caja desde el bastidor del camión.

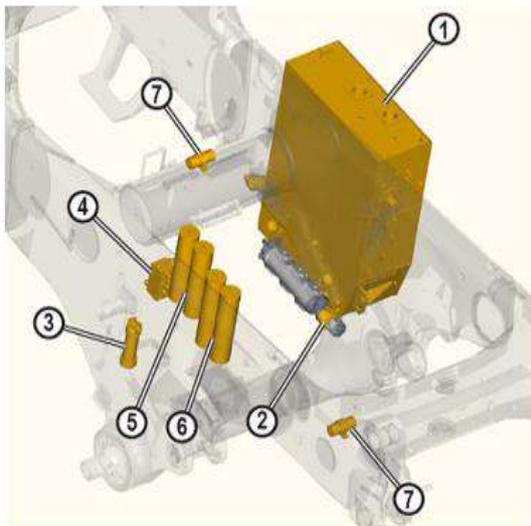
4.1.4.9. Frenos

Tabla 47. Frenos

Diámetro exterior	1067.0 mm
Normas	J-ISO 3450 JAN88, ISO 3450-1996
Superficie de frenado	51243.0 pulg ²

Fuente: Caterpillar

Comentario: En la tabla se detalla el diámetro exterior, las normas y la superficie de frenado del sistema de frenos del volquete Caterpillar 797F.



- 1.-Tanque hidráulico
- 2.-Bomba de freno
- 3.-Filtro de aceite de freno
- 4.-Válvula de control de Freno / Chasis
- 5.-Acumuladores de freno estacionamiento
- 6.-Acumuladores de freno servicio
- 7.-Ajustadores slack

Figura 25. Componentes del Sistema de Actuación de Freno

Fuente: Finning CAT

Comentario: La figura muestra los componentes del sistema de actuación de freno, los frenos de estacionamiento / secundario son aplicados por resortes y liberados hidráulicamente. Los frenos de servicio / retardador son aplicados hidráulicamente y liberados por resortes.

4.1.4.10.ROPS

- Normas de ROPS
- La ROPS (Rollover Protective Structure, Estructura de protección en caso de vuelcos) para la cabina ofrecida por Caterpillar cumple los criterios ISO 3471:1994 de la ROPS.

4.1.4.11. Sonido

- Normas de sonido de acuerdo a las normas SAE J919:1995, ANSI/SAE J166:2008, ISO 6394:2008, ISO 6396:2008, ISO 6393:2008, ISO 6395:2008, SAW J88:2006

4.1.4.12. Capacidades de Llenado de Servicio

Tabla 48. Capacidades de Llenado de Servicio

Sistema de refrigeración	1160.0 l
Cárter	319.0 l
Depósito de la dirección	254.0 l
Sistema de dirección (incluye el depósito)	355.0 l
Cárter del convertidor de par	303.0 l
Depósito de combustible (estándar)	3785.0 l
Depósito de los frenos/sistema de elevación	770.0 l
Diferenciales	1176.0 l
Mandos finales, cada uno	185.0 l
Ruedas delanteras, cada una	61.0 l
Sistema de frenos/sistema de elevación (incluye el depósito)	1600.0 l
Tuberías hidráulicas de los frenos/sistema de elevación	830.0 l
Convertidor de par/sistema de transmisión (incluye cárter)	629.0 l

Fuente: Caterpillar

Comentario: En la tabla se detallan las capacidades en litros de todos los sistemas, se debe observar todas las mirillas y o compartimientos se llenen hasta los niveles adecuados.

Se debe consultar el manual de operaciones y mantenimiento el apartado de Viscosidades de lubricantes para obtener información sobre el lubricante correcto a aplicar a cada sistema.

4.2. METODOLOGÍA RCM

4.2.1. Aplicación De herramientas RCM

4.2.1.1. Análisis Causa – Efecto

Diagrama causa raíz donde se identifica los motivos del bajo nivel de servicio de la empresa contratista, para identificar las causas de los problemas que se dan en la gestión al periodo 2017 se utilizó el diagrama de causa – efecto o diagrama de Ishikawa. Este diagrama ayuda a identificar y analizar sus causas potenciales agrupadas en las siguientes categorías:

- Métodos
- Producto
- Entorno
- Personal

a) Métodos:

- **Plan de mantenimiento deficiente:**
 - Programación de backlogs de poca calidad ya que no atacan las fallas que se consideran de mayor criticidad se identificó que solo atacan periféricos.
 - No hay control sobre inspectores, estos generan backlogs y son aprobados directamente por la jefatura de mantenimiento sin ser revisados o auditados los cuales son programados en el plan y ejecutados por Mantenimiento.
 - Falta de reporte de KPI'S y recomendaciones de especialista en el plan de mantenimiento ya que este reporta directamente a la jefatura de mantenimiento y no se involucra en el planeamiento para la elaboración del plan.
 - No se elabora diagrama de Gantt en plan de mantenimiento lo cual hace que los trabajos ejecutados sean más largos y afecte la disponibilidad.

- **Deficiente diagnóstico y Análisis de fallas**

- Falta de herramientas de gestión y análisis de datos, ya que en el periodo 2017 los especialistas solo trabajan en base al Top Five y no hacen uso de otras herramientas de priorización de fallas y seguimiento de estas
- Falta de estrategia de confiabilidad, en el periodo de estudio es inexistente debido a la falta de equipo de trabajo especializado en confiabilidad y liderazgo de este y a la falta de capacitación y organización de clase mundial.

b) Personal

- **Mala operación de los equipos Caterpillar**, la cual se debe a la falta de capacitación en el correcto uso de los equipos

- **Mantenimientos mal ejecutados**, lo cual hace que los mantenimientos duren más y baje la confiabilidad ya que paran los equipos al poco tiempo, esto se debe a Personal técnico poco calificado, lo cual se debe a la alta rotación de personal, debido a que los técnicos son muy valorados en el mercado nacional y optan por renunciar para trabajar en otras empresas con una mayor remuneración económica, también a **Técnicos que no certifican**, en el periodo 2017 se observó que el 70 % de técnicos son nivel 3 (regular).

- **Mala estructura organizacional en planeamiento:**

- Planeamiento en operación se limita a planear trabajos y programarlos, el planeamiento de clase mundial abarca también la confiabilidad, en mineras de clase mundial el área encargada tiene como nombre “Planeamiento y confiabilidad “donde el líder de esta área está a cargo de planificadores, especialistas de flota y monitoreo inspectores y asistentes.

c) Entorno

- Condiciones operacionales en mina
 - Poca confianza en la empresa contratista debido a al bajo nivel de servicio
- Falta de apoyo por parte del cliente: El cliente no aprueba mejoras para su aplicación en los camiones y aumentar el rendimiento del equipo
- Burocracia en los procesos del cliente: Las aprobaciones para la ejecución de algunos trabajos llevan días hasta semanas en ser aprobados.

d) Producto

- **Fallas de producto**
 - Defectos en el diseño de producto nuevo, Caterpillar continuamente lanza servic letter o backlogs para mejorar el rendimiento de equipos que incluye por lo general el reemplazo de componentes menores por otros mejorados, pero el lapso de tiempo que CAT demora en lanzar estos backlogs el equipo tiene poca confiabilidad por las constantes fallas de estas partes.
- **Falla de componentes reparados**
 - Mala reparaciones realizadas por los talleres de reparación de componentes lo cual disminuye la confiabilidad de los componentes mayores por ende de la máquina.

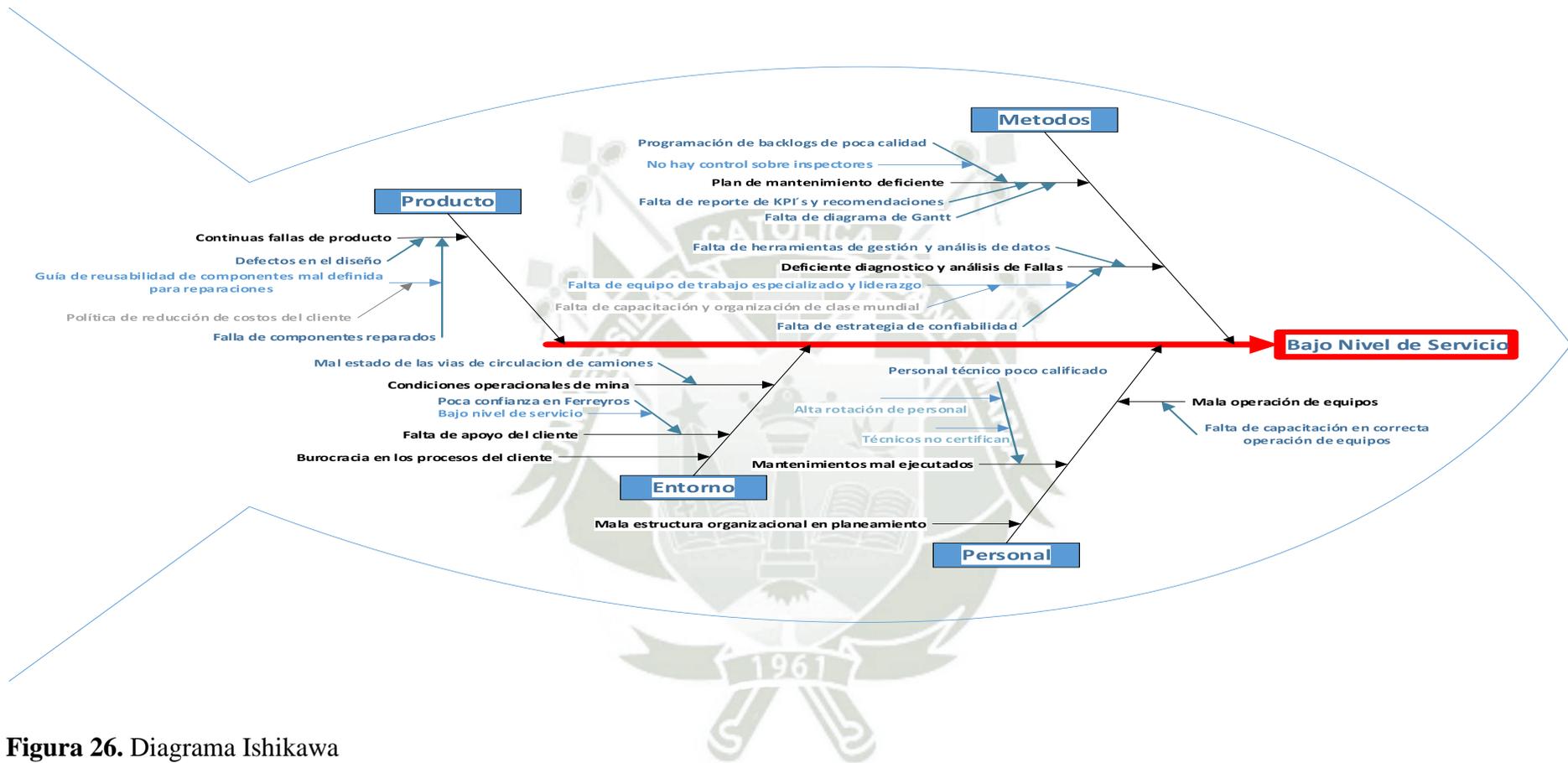


Figura 26. Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En el diagrama de Ishikawa se detalla en cuatro perspectivas las razones del bajo nivel de servicio de la empresa contratista en periodo 2017, es necesario analizar y proponer mejoras a cada uno de los puntos en específico para poder mejorar la gestión del mantenimiento

4.1.1.1. Identificación de fallas de la unidad de procesos

a) Análisis de Criticidad

En la empresa contratista se optó por realizar 3 métodos de análisis de criticidad sugeridos por el RCM:

- Análisis de Modo y Efecto de Falla del Camión de Acarreo Caterpillar 797F (AMFE)
- Diagrama Jack Knife para la priorización de fallas
- Diagrama de Pareto para la priorización de fallas
- **AMFE:** Nos permite analizar los modos y efectos de falla y poder asignar un valor que nos permita priorizar las fallas que más afecten la disponibilidad y confiabilidad, Para la elaboración del AMFE primero se debe identificar las fallas a analizar, para esto la empresa tiene identificados los componentes de la maquina sujetos a falla que están ligados a un subsistema y este a un sistema que integran la unidad de procesos o volquete 797f. Para determinar la criticidad de los sistemas del equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad del sistema bajo análisis, La estimación de la frecuencia de falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos. Para cada sistema puede existir más de un modo de falla, el más representativo será el de mayor impacto en el equipo. A continuación, se muestra los criterios tomados para la evaluación, colocando los pesos por cada categoría de acuerdo a la influencia que tiene en el equipo. A continuación, se observa los valores asignados a cada categoría:

Tabla 49. Valoración del nivel de gravedad

Criterios	Peso	Valoración del nivel de gravedad				
		Muy Bajo = 1	Bajo = 2	Medio = 3	Alto = 4	Muy Alto = 5
Impacto en la productividad del Equipo	0.6	No afecta la operación del Equipo	Inoperatividad del equipo hasta 24 horas	Inoperatividad del equipo de 24 a 48 horas	Inoperatividad del equipo mayor a 48 horas por reparación o cambio de componente mayor	Inoperatividad del Equipo. Requiere cambio de componente mayor
Costo de reparación	0.2	< \$7,000	\$7,000 - \$20,000	\$20,000- \$80,000	\$80,000 - \$500,000	>\$500,000
Impacto en la seguridad	0.1	No existe riesgo para las personas	Cuasi accidente	Accidente sin tiempo perdido	Accidente con tiempo perdido	Muerte de Operador
Impacto Ambiental	0.05	No provoca Daño	Daños reversibles	Daños Ambientales que no violan normativas	Daños Irreversibles dentro de la mina	Daños Irreversibles al medio Ambiente fuera de la mina
Detectabilidad de falla	0.05	Posee código o Evento activo, no requiere evaluación para el diagnóstico	Requiere evaluación menor a 1 hora para el diagnóstico	Falla no detectable a simple vista requiere evaluación hasta 3 horas para el diagnóstico	Requiere Evaluación de equipo mayor a 3 horas para el diagnóstico	No se puede detectar falla , se requiere apoyo externo para el diagnóstico

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: Se analizan 5 criterios de gravedad, donde el más importante o de mayor peso es el de impacto en la productividad del equipo, ya que es el que genera mayores pérdidas en dinero para los accionistas.

Los de menor peso son el impacto ambiental y detectabilidad de falla ya que los sistemas relacionados a estos son muy confiables.

Tabla 50. Frecuencia de falla

Criterio	Peso	Ocurrencia de Falla
Muy baja	1	>18,000 Horas
Baja	2	8,000 Horas - 18,000 Horas
Moderada	3	1000 Horas - 8000 Horas
Alta	4	250 Horas - 1000 Horas
Muy Alta	5	<= 250 horas

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla la frecuencia de falla, se asignan valores en base al promedio de horas en que cada componente presenta una falla.

La frecuencia de fallas va desde 250 horas a ocurrir a más de 18000 hrs.

Tabla 51. Matriz Gravedad - Frecuencia

GRAVEDAD	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: Para realizar la matriz de criticidad, se procede con la multiplicación de los valores de gravedad por frecuencia, obteniendo valores los cuales se clasifican en tres según los colores verde, amarillo y rojo que quieren decir si son de baja, mediana y alta criticidad.

Tabla 52. Rango de criticidad

Criticidad	Rango
Alta Criticidad	≥ 10 , < 25
Media criticidad	≥ 5 , < 10
No crítico	< 5

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: El número de prioridad del riesgo es obtenido después de multiplicar los valores obtenidos de gravedad y frecuencia nos darán el número de prioridad del riesgo el cual nos indicara la criticidad del sistema en estudio y nos ayudara a tomar una mejor decisión al momento de atacar las fallas. Este número se encontrará en uno de tres rangos siendo el más preocupante el de alta criticidad.

La investigación se centrará en los componentes que tengan los valores de mayores a 10 hasta 25 ya que son los más críticos.

Para la elaboración de la tabla AMFE se analizarán los siguientes ITEMS:

- Sistema
- Sub Sistema
- Componente
- Funcion
- Falla funcional
- Modo de falla(Causa)
- Efecto de falla (Consecuencia)
- Recomendaciones
- Valores de gravedad
- Valores de ocurrencia
- NPR (número de prioridad del riesgo)

Ítem	Subsistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurriencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Detección				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV			
1	Inducción y escape de aire	Filtro de aire	separación por inercia para eliminar la suciedad del aire sin usar un pre filtro reemplazable	El aire no se desplazará con la rapidez suficiente para que ocurra la separación	Acumulación excesiva de residuos en el pre filtro	Temperaturas elevadas y excesivos gases en el sistema por filtros de aire taponados	Limpiar periódicamente con aire forzado los pre filtros de aire y monitorear las tendencias de restricción de filtros de aire	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	3	4.95
2	Inducción y escape de aire	Turbo cargador	Introduce aire a presión en los cilindros.	No desplaza suficiente aire a los cilindros de combustión	Eje roto lado turbina	Apagado del motor por el operador antes de falla catastrófica del mismo por traba o incendio	Reemplazar los turbos a las horas recomendadas por el fabricante	2	1.2	2	0.4	2	0.2	3	0.15	5	0.25	2.2	2	4.4
3	Inducción y escape de aire	Elemento de filtro de aire	Retener impurezas que puedan acceder al circuito de admisión.	Contaminación de la cámara de combustión y el degradado de las paredes de los cilindros.	Perdida de compresión por desgaste de anillos y camisas	Perdida de potencia del motor y excesivos gases en el sistema escape de color azul	Monitorear las tendencias de restricción de filtros de aire y presión de gases de escape	2	1.2	1	0.2	1	0.1	3	0.15	1	0.05	1.7	2	3.4
4	Inducción y escape de aire	Válvula de Bypass de escape	Regula que cantidad de presión de refuerzo en el sistema de admisión.	Desplaza excesivo o insuficiente aire a los cilindros de combustión	Vástago roto, Fugas de aire, atascamiento interno de sus mecanismos	Alta presión de admisión, temperatura elevada de escape y/o pérdida de potencia	Aplicar las mejoras de fábrica y determinar la vida del componente	2	1.2	1	0.2	1	0.1	3	0.15	1	0.05	1.7	2	3.4
5	Inducción y escape de aire	Colector de admisión	Direccionar aire a presión a las culatas y cilindros.	Insuficiente aire a los cilindros de combustión	Fugas por sellos o perforaciones	Temperaturas elevadas y/o pérdidas de potencia	Monitorear las tendencias de presión de refuerzo	2	1.2	1	0.2	1	0.1	3	0.15	1	0.05	1.7	1	1.7
6	Inducción y escape de aire	Colector de escape	Direccionar gases de escape desde las culatas al resto de sistema de escape.	No desplaza suficiente gases a los turbos	Fugas por abrazaderas o perforaciones en el mismo	Temperaturas elevadas y/o pérdidas de potencia	Monitorear las tendencias de presión de refuerzo y temperaturas de escape	2	1.2	1	0.2	1	0.1	3	0.15	1	0.05	1.7	1	1.7
7	Inducción y escape de aire	Tubo de escape	Direccionar gases de escape Hacia mufler	Fugas externas de gases	Fugas por abrazaderas o tuberías rotas, restricciones	Temperaturas elevadas y/o pérdidas de potencia	Monitorear las tendencias de presión de refuerzo y temperaturas de escape	2	1.2	1	0.2	1	0.1	3	0.15	1	0.05	1.7	1	1.7
8	Inducción y escape de aire	Silenciador	Reduce el nivel de ruido que emite un motor de combustión	Contaminación sonora	Fugas por perforaciones y restricciones	Ruido excesivo, Temperaturas elevadas y/o pérdidas de potencia	Monitorear las tendencias de temperaturas de escape	2	1.2	2	0.4	1	0.1	3	0.15	1	0.05	1.9	1	1.9
9	Inducción y escape de aire	pos enfriador	Se encarga de enfriar el aire comprimido por el turbocompresor de un motor.	Insuficiente oxígeno a los cilindros de combustión	Fugas por perforaciones en los núcleos	Temperaturas elevadas en admisión, escape y/o pérdidas de potencia	Monitorear las tendencias de presión de refuerzo y temperaturas de escape	2	1.2	2	0.4	1	0.1	3	0.15	1	0.05	1.9	2	3.8
10	Inducción y escape de aire	Línea de aire/tubo	Direccionar de los turbos hacia el Aftercooler	Insuficiente aire a los cilindros de combustión	Fugas por abrazaderas o perforaciones en el mismo	Temperaturas elevadas y/o pérdidas de potencia	Monitorear las tendencias de presión de refuerzo y temperaturas de escape	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	1	1.6
11	Inducción y escape de aire	colector de entra de pos enfriador	Direccionar aire a presión a los núcleos del aftercooler.	Insuficiente oxígeno a los cilindros de combustión	Fugas por perforaciones en los núcleos	Temperaturas elevadas en admisión, escape y/o pérdidas de potencia	Monitorear las tendencias de presión de refuerzo y temperaturas de escape	3	1.8	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.25	1	2.25
12	Conjunto de culatas	Conjunto de culatas	Encargada de sellar superiormente los cilindros de un motor.	Perdida de compresión	Fugas externas /Internas de la compresión ,aceite, refrigerante	Humo blanco ,Temperaturas elevadas en refrigerante	Monitorear las tendencias de temperaturas de refrigerante	3	1.8	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.25	2	4.5
13	Conjunto de culatas	conjunto de eje de balancines/mecanismo de válvula	Apertura las válvulas de admisión escape	Restricción de entrada de aire y escape en la cámara de combustión	Desgaste de bocinas y eje	Humo blanco ,Temperaturas elevadas en refrigerante	Monitorear las tendencias de temperaturas de escape y análisis de desgaste laboratorio	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	2	3.3
14	Conjunto de culatas	Válvula de entrada / escape	Controlar la entrada de aire para la admisión y la salida de gases de escape	Daños en el cylinder pack	Vástago roto o desgaste de asiento	Humo blanco , golpeteo, traba hidráulica	Realizar calibraciones y recesión de válvulas oportunamente	3	1.8	1	0.2	1	0.1	2	0.1	4	0.2	2.4	2	4.8
15	Bloque corto	Cubiertas delanteras y traseras	Cubrir y alojar los engranajes delanteros y posteriores	Daños en los dientes de los diferentes engranajes	Fisuras , desgaste	Elementos de desgaste en el aceite o fugas de aceite	Inspección y liberación de estrés mediante procedimiento Caterpillar y monitoreo de laboratorio	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	2	3.3
16	Bloque corto	Volante	Aporta al sistema una inercia adicional de modo que le permite almacenar energía cinética	Motor no arranca	Daños en corona dentada de arranque , pernos sueltos	Problemas para arrancar y vibración durante el funcionamiento	Determinar el tiempo de vida o usar con la guía de reusabilidad	3	1.8	1	0.2	1	0.1	2	0.1	3	0.15	2.35	1	2.35
17	Bloque corto	Envolvente del volante	Cubrir y alojar la volante	Daños en los dientes de los diferentes engranajes	Fisuras , desgaste	Elementos de desgaste en el aceite o fugas de aceite	Inspección y liberación de estrés mediante procedimiento Caterpillar y monitoreo de laboratorio	3	1.8	1	0.2	1	0.1	2	0.1	3	0.15	2.35	2	4.7
18	Bloque corto	Bloque corto	Aloja los cilindros de un motor de combustión interna así como los soportes de apoyo del cigüeñal.	Asentamiento deficiente de los cilindros y culatas	Desprendimiento de material en la carpeta del block y asiento de cilindro	Fugas externas /internas de refrigerante por falla de sellos de cilindro	Remover parte de la carpeta del block y instalar inserto metálico	4	2.4	4	0.8	1	0.1	4	0.2	3	0.15	3.65	1	3.65
19	Bloque corto	Cigüeñal	Transforma el movimiento rectilíneo alternativo en circular uniforme y viceversa.	Motor no gira	Desgaste/ rotura en muñones	Falla catastrófica de bielas y monoblock	Control de contaminación en PMS, seguimiento mediante muestras de aceite	4	2.4	4	0.8	1	0.1	4	0.2	3	0.15	3.65	1	3.65
20	Bloque corto	Amortiguador del eje de cigüeñal	Diseñado para reducir el movimiento de torsión, minimizando las averías del cigüeñal.	Excesiva vibración y averías en los componentes internos del motor	Sellos resacos o suministro de aceite deficiente	Fugas externas de aceite y desgaste excesivo de cojinete cigüeñal	Aplicar las mejoras de fabrica	3	1.8	1	0.2	1	0.1	2	0.1	2	0.1	2.3	2	4.6
21	Bloque corto	Unidad de accesorios	Impulsa al compresor de refrigerante A/C	Cabina del operador sin aire acondicionado	Desgaste de bocinas y eje	Dientes de engranajes rotos distribución delantera	Aplicar las mejoras de fabrica	4	2.4	1	0.2	1	0.1	2	0.1	3	0.15	2.95	1	2.95
22	Bloque corto	Árbol de levas	Abre las válvulas de admisión y escape en intervalos semejantes	Válvulas de admisión y escape no abren	Desgaste excesivo en lóbulos atascan los empujadores de balancines	Daños catastróficos en mecanismo de admisión y escape	Aplicar las mejoras de fábrica e inspección en los PMS	4	2.4	1	0.2	1	0.1	2	0.1	3	0.15	2.95	1	2.95
23	Bloque corto	Paquete de cilindros	Transforma el poder calorífico de la combustión en movimiento alternativo.	Perdida de movimiento alternativo	Desgaste en metales de biela	Biela rota o cilindro roto	Control de contaminación en PMS, seguimiento mediante muestras de aceite	4	2.4	1	0.2	1	0.1	2	0.1	3	0.15	2.95	1	2.95

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54. AMFE – Sistema del Motor (parte 2)

Ítem	Subsistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurrencia Valor	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Detección				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV			
24	Sistema de combustible	Sistema de combustible	Suministrar Diésel al motor para su funcionamiento	El motor se queda sin combustible y por consecuencia no funciona	Aire en el sistema, deja sin suministro de diésel, contaminación en el sistema	Motor se apaga, averías en los componentes del sistema	Mantener los niveles de combustible, limpieza de tanque	4	2.4	1	0.2	1	0.1	2	0.1	2	0.1	2.9	1	2.9
25	Sistema de combustible	Bomba de inyección de combustible	Presuriza el combustible y lo suministra en la cantidad necesaria al riel común	Baja presión o cero presión en el riel común	Partículas en el tapón magnético, delta elevado de T° combustible, código resonador	Reducción de potencia motor, falla de la bomba HPPF	Mantener los niveles de combustible, limpieza de tanque, controlar la calidad del diésel	2	1.2	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.85	2	3.7
26	Sistema de combustible	Líneas de inyección de combustible	Suministrar combustible alta presión a los inyectores	Baja presión o cero presión en el riel común	Fugas de combustible en el sello cónico	Reducción de potencia del motor, Motor no arranca	Monitoreo de tendencias de presión de riel y posición de la FCV	2	1.2	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.85	2	3.7
27	Sistema de combustible	Bomba de transferencia de combustible	Suministrar combustible a la bomba HPPF	Baja presión o cero presión en el riel común	Falla de la válvula de alivio	Motor no arranca	Monitoreo de tendencias de presión de combustible y posición de la FCV	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	2	3.3
28	Sistema de combustible	Bomba de cebado de combustible	Suministrar combustible a la bomba HPPF y purgar el aire posterior al PM	Bomba HPPF sin suministro de combustible y aire en el sistema	Sin voltaje de suministro por falla en el circuito eléctrico, motor eléctrico se quema	Motor no arranca	Determinar el tiempo de vida	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	2	0.1	1.7	2	3.4
29	Sistema de combustible	Separador de agua	Atrapa impurezas y principalmente separa el agua que contiene el combustible	Excesiva cantidad de agua en el sistema de combustible	Averías en los componentes del sistema combustible	Reducción del tiempo servicio de los componentes del sistema combustible	Reemplazar en los intervalos correctos y drenaje de sedimentos del tanque combustible	2	1.2	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.85	2	3.7
30	Sistema de combustible	Tanque de combustible	Almacena el combustible	Excesiva condensación de agua y almacenamiento de impurezas	Averías en los componentes del sistema combustible	Reducción del tiempo servicio de los componentes del sistema combustible	Drenaje de sedimentos del tanque combustible	4	2.4	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	3.05	1	3.05
31	Sistema de combustible	Inyector unidad	Introducir una determinada cantidad de combustible en la cámara de combustión en forma pulverizada y homogénea	Inyección deficiente, mala combustión	Daños en las toberas de inyector	Avería en las partes internas del motor por dilución del aceite motor por excesivo combustible	Monitorear el VOT	2	1.2	2	0.4	1	0.1	1	0.05	3	0.15	1.9	4	7.6
32	Sistema de Lubricación	Sistema de Lubricación	Evitar el desgaste de las piezas del motor creando una capa de lubricante entre las piezas.	Mala lubricación de partes internas	Excesivo desgaste, excesivo calentamiento en partes internas del motor	Motor queda fuera de servicio	Monitoreo de tendencias de presión de aceite motor	4	2.4	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.85	3	8.55
33	Sistema de Lubricación	Bomba de aceite de motor	Generar flujo de aceite para el sistema lubricación	Sistema sin lubricación	Desgaste de estriado impulsor	desgaste de componentes por falta de lubricación	Aplicar la mejora recomendada por fabrica	4	2.4	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.85	1	2.85
34	Sistema de Lubricación	Bomba de limpieza de aceite de motor	Transferir el aceite motor desde el Carter posterior al Carter delantero en pendientes positivas	Sistema con escasa o sin lubricación	Pernos de anclaje rojos o se caen	Fallas en los engranajes de distribución delantera y/o daños en los componentes internos por escasa lubricación	Aplicar la mejora recomendada por fabrica, inspeccionar pernos de anclaje en los PMS	4	2.4	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.85	1	2.85
35	Sistema de Lubricación	Bomba de pre lubricación	Lubricar las partes internas del motor antes del arranque	Sistema con escasa o sin lubricación antes y durante el arranque	Motor eléctrico se quema por falla de rodaje	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del motor	Asegurar el correcto funcionamiento y el operador no anule el sistema antes del arranque	4	2.4	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.85	1	2.85
36	Sistema de Lubricación	Enfriador de aceite de motor	Mantener la temperatura del aceite en rango de operación normal	Temperatura alta del aceite motor	Taponamiento de conductos de refrigerante, contaminación de sistema de refrigerante y aceite motor por falla interna	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del motor	Monitoreo de tendencias de T° de aceite motor	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	2	3.3
37	Sistema de Lubricación	Sistema de renovación de aceite	Prolongar los intervalos de cambio de aceite motor	Reduce el intervalo de cambio de aceite motor por degradación del aceite	Sistema no configurado o componentes no funcionan	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del motor	Monitoreo de nivel de aceite motor y resultados de análisis de aceite motor	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	3	4.95
38	Sistema de enfriamiento de motor	Sistema de refrigeración del motor	Mantener la temperatura del motor y otros componentes de la máquina, mediante refrigerante	Temperaturas altas o bajas en el motor y demás componentes de la maquina	Funcionamiento deficiente de las partes que componen el sistema por Fugas en las líneas	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del motor	Monitoreo de tendencias de T° de refrigerante motor	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	3	0.15	2.55	5	12.8
39	Sistema de enfriamiento de motor	Radiador	Transferir el calor excesivo del refrigerante al medio ambiente.	Temperaturas altas en el motor y demás componentes de la maquina	Taponamiento de conductos de refrigerante y celdas externas del radiador	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del motor	Monitoreo de tendencias de T° de refrigerante, limpieza externa en los mantenimientos	2	1.2	4	0.8	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.25	3	6.75
40	Sistema de enfriamiento de motor	Termostato / regulador de temperatura del agua	Regular la temperatura del motor y otros componentes de la máquina.	Temperaturas altas en el motor y demás componentes de la maquina	Falla del circuito control eléctrico, atascamiento interno	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del motor	Monitoreo de tendencias de T° de refrigerante, reparación en PMS de códigos eléctricos	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	3	4.8
41	Sistema de enfriamiento de motor	Fan araña	Forzar el flujo de aire hacia los núcleos del radiador	Flujo de aire forzado deficiente	Alabes rotos, doblados, alabe faltante	Daños a los núcleos del radiador, reducción de potencia por temperaturas elevadas	Inspección de alabes cada 18000 hrs y determinar la vida en servicio del componente	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.45	2	4.9
42	Sistema de enfriamiento de motor	Ventilador	Impulsa el ventilador de enfriamiento motor	Flujo de aire forzado deficiente o cero	Falla motor hidráulico	Reducción de potencia por temperaturas elevadas	Monitoreo de rpm ventilador, seguimiento partículas de bronce en filtro de aceite drenaje caja	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.45	1	2.45
43	Sistema de enfriamiento de motor	Válvula termostática	Controlar el flujo de refrigerante hacia el radiador a medida que va alcanzando la T° e operación normal	Temperaturas altas o muy bajas en el motor y demás componentes de la maquina	Falla del circuito control eléctrico, atascamiento interno	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del motor	Monitoreo de tendencias de T° de refrigerante, reparación en PMS de códigos eléctricos	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	2	3.3
44	Sistema de enfriamiento de motor	Bomba de agua	Generar flujo de refrigerante para el sistema enfriamiento motor	Refrigerante no circula en el sistema enfriamiento motor	Fuga de refrigerante por falla de sellos internos de la bomba	Pase de refrigerante al aceite motor, fugas externas de refrigerante	Seguimiento mediante muestras de aceite motor y inspecciones en campo	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	4	0.2	2.6	4	10.4
45	Sistema de enfriamiento de motor	Válvula de alivio del sistema de refrigeración	Controlar la presión del sistema enfriamiento	Ebullición del refrigerante	Atascamiento interno, falla de resortes	Reducción de potencia por temperaturas elevadas y fugas	Monitoreo de tendencias de T° de refrigerante, Cambio de válvulas en los PMS	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	1	1.65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55. AMFE – Sistema del Motor (parte 3)

Ítem	Subsistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurrencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Detección				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV			
46	Sistema de enfriamiento de motor	Bomba de agua auxiliar / cruda	Generar flujo de refrigerante para el sistema enfriamiento motor	Refrigerante no circula en el sistema enfriamiento motor	Fuga de refrigerante por falla de sellos internos de la bomba	Pase de refrigerante al aceite motor, fugas externas de refrigerante	Seguimiento mediante muestras de aceite motor y inspecciones en campo	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	5	0.25	2.65	1	2.65
47	Sistema de enfriamiento de motor	Tapa del radiador	Controlar la presión del sistema enfriamiento	Ebullición del refrigerante	Atascamiento interno, falla de resortes	Reducción de potencia por temperaturas elevadas y fugas	Monitoreo de tendencias de T° de refrigerante, Cambio de la tapa en los PMS	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	1	1.65
48	Sistema de enfriamiento de motor	Motor de ventilador hidráulico	Impulsa el ventilador de enfriamiento motor	Flujo de aire forzado deficiente o cero	Falla interna motor hidráulico	Reducción de potencia por temperaturas elevadas	Monitoreo de rpm ventilador, seguimiento partículas de bronce en filtro de aceite drenaje caja	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.45	1	2.45
49	Sistema de enfriamiento de motor	Bomba de ventilador hidráulica	Suministrar flujo de aceite para el motor hidráulico del ventilador de enfriamiento motor	Flujo de aire forzado deficiente o cero	Falla interna bomba hidráulica	Reducción de potencia por temperaturas elevadas	Monitoreo de rpm ventilador, seguimiento partículas de bronce en filtro de aceite drenaje caja	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.45	2	4.9
50	Sistema de arranque	Sistema de arranque	Arrancar motor diésel	Motor diésel no arranca	Falla motor de arranque, relay, falta de aire	Arrancador no gira	Realizar mantenimiento a intervalos recomendados por fabrica	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	3	0.15	1.7	4	6.8
51	Sistema de arranque	Motor de arranque neumático	Girar el motor diésel para arrancar	Motor diésel no gira	Falla sellos internos	Arrancador no gira	Reemplazar el motor de arranque a la vida especificada por el fabricante (Media vida)	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	3	0.15	1.7	2	3.4
52	Sistema de arranque	Tanque de arranque neumático	Almacenar aire para el sistema de arranque y claxon	sistema sin aire para el arranque	Fuga de aire por la válvula de alivio	Motor diésel no arranca	Realizar mantenimiento a intervalos recomendados por fabrica	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	3	0.15	1.7	2	3.4
53	Sistema de arranque	Compresor de aire	Suministrar aire al sistema de arranque neumático	sistema sin aire para el arranque	Fuga de aire por el gobernador, eje roto del compresor por pernos sueltos del anclaje	Motor diésel no arranca	Aplicar la mejora del gobernador recomendada por fabrica, inspección de pernos	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	3	0.15	1.7	2	3.4
54	Sistema de arranque	Arranque del secador de aire	Atrapar la humedad y las impurezas del sistema de arranque neumático	Averías en los componentes del sistema por humedad	Compresor se rompe por excesiva restricción en la descarga	Motor diésel no arranca, fuga de aceite motor	Reemplazar los secadores cada 2000 hrs y drenar el agua diariamente	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	2	0.1	1.7	2	3.4
55	Motor	Motor	Transforma la energía del combustible diésel 2 en energía mecánica.	No suministra suficiente potencia para realizar su trabajo con normalidad	Componentes internos del motor con funcionamiento deficiente	Temperaturas elevadas, excesivos gases en el sistema escape. Excesivo gases en el Carter	Ejecutar pruebas TA2 y asegurar la ejecución de PMS a intervalos recomendados por el fabricante	5	3	5	1	1	0.1	3	0.15	5	0.25	4.5	3	13.5
56	Sistema de control electrónico	Sistema de control electrónico del motor	Controlar mediante la electrónica el funcionamiento del motor y monitoreo del sistema	Motor diésel no funciona	Modulo electrónico se blanquea	Motor diésel no funciona y demás sistemas de la maquina	Determinar el tiempo de vida del módulo de control	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	1	1.6
57	Sistema de control electrónico	Mazo de cableado del motor	Interacción componentes eléctricos con el control del motor	Motor diésel no funciona	Eventos, códigos eléctricos activos	Motor diésel no funciona junto con sistemas de la maquina	Reemplazar el harnes en media vida del motor	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	1	1.6

Fuente: Elaboración propia.

Comentario: En las tres tablas AMFE del sistema motor, se detallan 57 modos de falla, indicando sus correspondientes subsistemas a los que pertenecen, la falla funcional, el efecto de falla y las recomendaciones para eliminar o minimizar el modo de falla.

En las tres tablas AMFE del motor se identifican tres modos de falla cuyo número de prioridad de riesgo es crítico ya que su valor es mayor de 10 puntos.

- Funcionamiento deficiente de las partes que componen el sistema por Fugas en las líneas.
- Fuga de refrigerante por falla de sellos internos de la bomba.
- Componentes internos del motor con funcionamiento deficiente.

Tabla 56. AMFE – Transmisión de potencia

Ítem	Sub sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurriencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Detección				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV			
1	Transmisión y unidad línea	Transmisión y unidad línea	Transferir la potencia del motor mediante el convertidor de torque, transmisión, diferencial, mandos finales	Camión sin propulsión o propulsión defectuosa	Falla interna de los componentes principales	Camión sin propulsión en ruta	Monitoreo de tendencias y muestras de aceite y filtros	3	1.8	2	0.4	1	0.1	1	0.05	1	0.05	2.4	2	4.8
2	Transmisión	Convertidor / transmisión de aceite enfriador	Mantener la temperatura del aceite en rango de operación normal mediante transferencia de calor al refrigerante	Temperatura alta del aceite de transmisión y convertidor	Taponamiento, pase de aceite al refrigerante o viceversa	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del convertidor y transmisión	Monitoreo de tendencias de t° de aceite motor	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.45	2	4.9
3	Transmisión	Líneas aceite del tren	Suministrar aceite para el funcionamiento de la transmisión y convertidor	Camión sin propulsión	Mangueras o sellos presentan fugas	Daños en los componentes internos de la transmisión convertidor por falta de lubricación	Inspección pre pms del estado de las mangueras hidráulicas	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	2	0.1	1.7	2	3.4
4	Transmisión	Transmisión	Desmultiplicar las revoluciones del motor y obtener control de la velocidad de desplazamiento de la maquina	Camión sin marchas	Daños en los paquetes de marchas , rodamientos internos	Contaminación del circuito hidráulico, componente fuera de servicio	Monitoreo de tendencias y muestras de aceite y filtros	5	3	4	0.8	1	0.1	2	0.1	1	0.05	4.05	1	4.05
5	Transmisión	Control de transmisión de	Alojar las válvulas moduladoras de paquetes de la transmisión	Camión sin marchas	Daños en los paquetes de marchas	Contaminación del circuito hidráulico, componente fuera de servicio	Monitoreo de tendencias y muestras de aceite y filtros	4	2.4	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	3.05	1	3.05
6	Transmisión	Transmisión de la bomba de aceite	Suministra aceite a los paquetes de la transmisión para en cambio de marchas	Camión sin marchas	Rodajes de eje bomba se rompen	Circuito sin aceite daña los componentes internos en los paquetes	Determinar la vida útil de la bomba y reemplazar	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.45	2	4.9
7	Convertidor	Convertidor	Multiplicar el torque del motor cuando la maquina está bajo carga y acople de motor y transmisión a alta velocidad	Camión sin marchas	Fuga interna en los sellos , falla de rodamiento	Contaminación del circuito hidráulico, componente fuera de servicio	Monitoreo de tendencias y muestras de aceite y filtros	3	1.8	4	0.8	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.85	1	2.85
8	Convertidor	Convertidor / transmisión bomba de recuperación	Transfiere el aceite desde la caja de transmisión al depósito principal en el convertidor	Camión sin marchas	Rodajes de eje bomba se rompen	Circuitos sin aceite daños en los componentes del sistema	Determinar la vida útil de la bomba y reemplazar	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.45	2	4.9
9	Controlador	Controlador	Toma de fuerza para las bombas hidráulicas de la maquina (bomba de dirección y fan, levante, bombas de frenos)	Circuitos hidráulicos no funcionan	Bering pierden lubricación y se destruyen	Daños de los engranajes del tren posterior	Monitoreo de muestras de aceite y filtros	4	2.4	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	3.05	1	3.05
10	Controlador	Controlador	Aloja las bombas hidráulicas	Circuitos hidráulicos no funcionan	Rodamientos fallan	Fierro elevado en tapón magnético y contaminación del aceite transmisión	Monitoreo de muestras de aceite, tapones y filtros	4	2.4	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	3.05	1	3.05
11	control electrónico	Convertidor a / transmisión de cableado	Interacción de componentes eléctricos con el control de transmisión	Camión sin marchas	Eventos, códigos eléctricos activos	Transmisión y convertidor no funciona junto con sistemas de la maquina	Determinar la vida útil	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	1	1.65
12	control electrónico	control electrónico	Controlar las marchas de desplazamiento de la máquina y monitoreo del funcionamiento del sistema	Camión sin marchas	Módulo electrónico se blanquea	Motor diésel no funciona junto a los demás sistemas de la maquina	Determinar el tiempo de vida del módulo de control	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	2	0.1	1.7	1	1.7
13	Unidad línea / eje motriz	Articulación	Transmitir el movimiento de rotación del motor al mando de bombas y a la vez se utilizan para absorber los cambios de ángulo	Circuitos hidráulicos no funcionan	Falla crucetas	Eje queda fuera de servicio y daños en el pto	Determinar el tiempo de vida de las crucetas	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	2	0.1	1.7	1	1.7
14	Unidad línea / eje motriz	Ejes de accionamiento	Transmitir la fuerza desde el pto al mando bombas hidráulicas	Circuitos hidráulicos no funcionan	Eje se rompe a consecuencia de falla crucetas	Eje queda fuera de servicio y daños en el pto	Determinar el tiempo de vida de las crucetas	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	2	0.1	1.7	1	1.7

Fuente: Elaboración Propia.

Comentario: En la tabla se detallan los modos de falla de los componentes de la transmisión de potencia, de los catorce modos de falla analizados ninguno se considera de criticidad ya que son confiables y no tiene fallas repetitivas de las cuales debamos preocuparnos.

Tabla 57. AMFE – Tren de Motriz (parte 1)

Ítem	Sub sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurrencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Detección				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV			
1	Diferencial	Diferencial	Permite que las ruedas derecha e izquierda del camión giren a revoluciones diferentes, según éste se encuentre tomando una curva hacia un lado o hacia el otro	Camión patina y dificulta el control de la maquina	Pernos sueltos y dientes de corona rotos	Fierro elevado en tapón magnético y contaminación del aceite eje posterior	Monitoreo de muestras de aceite, taponés y filtros	4	2.4	4	0.8	1	0.1	2	0.1	1	0.05	3.45	1	3.45
2	Diferencial	Eje bomba de aceite (bomba rax)	Lubricación componentes eje posterior	Componentes con escasa lubricación	Eventos de presión baja eje posterior	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del eje posterior	Pruebas del sistema en los PMS	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	4	0.2	1.8	2	3.6
3	Mando final	Semieje	Transmitir la fuerza desde el diferencial hacia los mandos finales	Camión sin tracción	Eje roto	Daños en el diferencial y mando final	Reemplazar según la recomendación de fabrica	4	2.4	4	0.8	1	0.1	2	0.1	1	0.05	3.45	1	3.45
4	Mando final	Y montaje de freno	Rodar parte delantera de la maquina	Camión con problemas para avanzar	Falla de rodamientos internos	Daños catastróficos en componentes internos	Monitoreo de muestras de aceite, taponés magnéticos	3	1.8	4	0.8	2	0.2	2	0.1	2	0.1	3	1	3
5	Mando final	Transmisión final, freno y rueda	Transmitir el par a los neumáticos	Camión sin tracción	Fuga de aceite por Deformación de sello Duo cone	Daños catastróficos en componentes internos	Monitoreo de muestras de aceite, taponés magnéticos	3	1.8	2	0.4	2	0.2	2	0.1	2	0.1	2.6	3	7.8
6	Mando final	Transmisión final, freno y rueda	Transmitir el par a los neumáticos	Camión sin tracción	Falla de rodamientos internos	Daños catastróficos en componentes internos	Monitoreo de muestras de aceite, taponés magnéticos	3	1.8	4	0.8	2	0.2	2	0.1	2	0.1	3	1	3
7	Ruedas	Neumático	Contacto con el suelo para tracción de la maquina	Camión sin tracción	Cortes en banda de rodamiento y/o separación térmica	Reducción de la vida en servicio o cambio del neumático	Mantenimiento de vías y mejorar las técnicas de operación	2	1.2	3	0.6	2	0.2	2	0.1	2	0.1	2.2	3	6.6
8	sistema de frenos	Freno / eje radiador de aceite	Mantener la temperatura del aceite en rango de operación normal mediante transferencia de calor al refrigerante	Temperatura alta del aceite hidráulico	Taponamiento, pase de aceite al refrigerante o viceversa	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del convertidor y transmisión	Monitoreo de tendencias de T° de aceite hidráulico, muestras de aceite	3	1.8	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.25	2	4.5
9	sistema de frenos	El control de frenado	Usado para reducir la velocidad de la máquina de manera modulada	Operador pierde el control de la maquina	Problemas en los circuitos electro hidráulicos	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación	3	1.8	2	0.4	2	0.2	2	0.1	1	0.05	2.55	1	2.55
10	sistema de frenos	El control del Retardador	Usado para establecer una velocidad de viaje seguro ajustado por operador	Operador pierde el control de la maquina	Problemas en los circuitos electro hidráulicos	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación	3	1.8	1	0.2	2	0.2	2	0.1	1	0.05	2.35	1	2.35
11	sistema de frenos	Sistema	Reducir la velocidad de la maquina cuando el operador lo requiera	Operador pierde el control de la maquina	Problemas en los circuitos electro hidráulicos	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación	3	1.8	1	0.2	2	0.2	2	0.1	1	0.05	2.35	1	2.35
12	sistema de frenos	Freno	Usado para detener la maquina mediante presión hidráulica en los cuatro paquetes de frenos	Operador pierde el control de la maquina	Problemas en los slarck	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación, reemplazar junto con el cambio de componentes mayores	3	1.8	1	0.2	2	0.2	2	0.1	1	0.05	2.35	2	4.7
13	sistema de frenos	líneas / mangueras	Suministrar aceite a los circuitos electro hidráulicos	Circuitos hidráulicos no funcionan	Fugas de aceite o aire en el sistema	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación, reemplazar las mangueras que se encuentran en malas condiciones	2	1.2	1	0.2	2	0.2	4	0.2	2	0.1	1.9	3	5.7
14	sistema de frenos	Ajustador	Acelera la respuesta del freno de servicio para controlar la velocidad del equipo a voluntad del operador	Operador pierde el control de la maquina	Problemas internos en los slarck	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación, reemplazar junto con el cambio de componentes mayores	2	1.2	1	0.2	2	0.2	2	0.1	3	0.15	1.85	2	3.7
15	sistema de frenos	Acumulador	Almacenar energía hidráulica para el funcionamiento temporal de los frenos aun con la bomba fallada	Operador pierde el control de la maquina	Fugas internas y externas	Se activan eventos que alertan al operador que pare pronto la maquina	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación, reemplazar o cargar con gas los acumuladores que se encuentran en malas condiciones	2	1.2	2	0.4	2	0.2	1	0.05	1	0.05	1.9	3	5.7
16	sistema de frenos	el control de válvula de freno	Activar los diferentes circuitos de frenado mediante electro hidráulica	Operador pierde el control de la maquina	Atascamiento de válvulas, Fugas internas y externas	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación, reemplazar el control de válvulas que se encuentran en malas condiciones	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	4	0.2	1.8	2	3.6
17	sistema de frenos	Freno	Accionamiento de frenos mediante resortes Y liberación mediante presión hidráulica en los paquete frenos en ruedas y mandos finales	La máquina no frena cuando esta parqueada o el camión se encuentra sin aceite en los demás circuitos	Resortes rotos o discos desgastados, fugas internas en paquete frenos	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación, reemplazar los componentes que se encuentran en malas condiciones	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	1	1.65
18	sistema de frenos	Bomba	Suministrar flujo para el sistema de frenos	Sistema de frenos no funciona	Falla interna de la bomba	Se activan eventos que alertan al operador que pare pronto la maquina	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación, determinar la vida estimada de la bomba para su reemplazo	2	1.2	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.85	2	3.7
19	sistema de frenos	Automáticos de Ayuda electrónico de tracción	Reducir el patina miento en superficies de terreno blando	Maquina pierde tracción en terrenos blandos	Fallas internas	Difícil control de la máquina y desgaste de neumáticos	Probar el correcto funcionamientos en los PMS	2	1.2	2	0.4	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.8	1	1.8
20	sistema de frenos	De control electrónico	Controlar mediante la electrónica el funcionamiento del sistema frenos y monitoreo constante	Sistema frenos no funciona	Modulo electrónico se blanquea	Sistema frenos no funciona y demás s sistemas de la maquina	Determinar el tiempo de vida del módulo de control	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	1	1.6
21	sistema de frenos	Freno de cableado	Interacción de componentes eléctricos con el control de frenos	Sistema frenos no funciona	Eventos, códigos eléctricos activos	Sistema de frenos no funciona junto con sistemas de la maquina	Determinar la vida útil	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	1	1.6
22	sistema de frenos	Bomba de prensa	Liberar los frenos de parqueo para remolcar y bajar la tolva cuando la maquina esta inoperativa	Maquina no se puede remolcar, bajar la tolva	Circuito eléctrico fallado	Maquina no se puede remolcar, bajar la tolva	Realizar pruebas de funcionamiento en los PMS	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	2	0.1	1.65	1	1.65
23	sistema de dirección	Sistema	Proporciona control de la dirección de la maquina	Maquina sin dirección	Falla de los componentes del sistema	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación, reemplazar los componentes que se encuentran en malas condiciones	2	1.2	2	0.4	5	0.5	2	0.1	1	0.05	2.25	2	4.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. AMFE – Tren de Motriz (parte 2)

Ítem	Sub sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurrencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Detección				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV			
24	sistema de dirección	Cilindro	Convertir la fuerza hidráulica en mecánica para direccionar la maquina	Maquina sin dirección	Fuga interna o externa en los sellos	Pérdida de fuerza en la dirección	Reemplazar componentes fallados	3	1.8	3	0.6	1	0.1	2	0.1	3	0.15	2.75	1	2.75
25	sistema de dirección	Tuberías / mangueras	Suministrar aceite a los circuitos de dirección	Circuitos hidráulicos no funcionan	Fugas de aceite o aire en el sistema	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación , reemplazar las mangueras que se encuentran en malas condiciones	2	1.2	1	0.2	2	0.2	3	0.15	2	0.1	1.85	5	9.25
26	sistema de dirección	Rodear a	Transfiere y soporta determinadas cargas al chasis	Problemas en la dirección	Se rompen	Problemas en la dirección	Determinar la vida estimada para el reemplazo de las barras	2	1.2	2	0.4	5	0.5	2	0.1	3	0.15	2.35	2	4.7
27	sistema de dirección	Bomba	Suministrar flujo para el sistema de dirección	Sistema de dirección no funciona	Falla interna de la bomba	Se activan eventos que alertan al operador que pare pronto la maquina	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación , determinar la vida estimada de la bomba para su reemplazo	2	1.2	2	0.4	2	0.2	2	0.1	1	0.05	1.95	5	9.75
28	sistema de dirección	Válvula	Controlar los diferentes circuitos de dirección mediante válvulas de presión , dirección, Etc)	Operador pierde el control de la maquina	Atascamiento de válvulas ,Fugas internas y externas	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación , reemplazar el control de válvulas que se encuentran en malas condiciones	2	1.2	4	0.8	2	0.2	2	0.1	4	0.2	2.5	3	7.5
29	sistema de dirección	Bomba	Suministra flujo adicional de aceite para e sistema y suaviza la volante de dirección	Control deficiente del sistema dirección	Dirección dura	Control deficiente del sistema dirección	Determinar la vida estimada de la bomba dosificadora manual de dirección	2	1.2	1	0.2	2	0.2	2	0.1	4	0.2	1.9	2	3.8
30	sistema de dirección	Acumulador	Almacenar energía hidráulica para el funcionamiento temporal del sistema aun con la bomba fallada	Operador pierde el control de la maquina	Fugas internas y externas	Se activan eventos que alertan al operador que se pare pronto la maquina	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación , reemplazar o cargar con gas los acumuladores que se encuentran en malas condiciones	2	1.2	2	0.4	2	0.2	2	0.1	1	0.05	1.95	3	5.85
31	sistema de dirección	Tanque hidráulico	Almacenar el fluido disponible para el funcionamiento del sistema	Maquina sin dirección	Tanque deformado y presenta fugas externas	Se activan eventos que alertan al operador de bajo nivel de aceite	Reemplazar o reparar los tanque en mal estado	3	1.8	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	2.2	1	2.2
32	sistema de dirección	Enfriador de aceite	Mantener la temperatura del aceite en rango de operación normal mediante transferencia de calor al refrigerante	Temperatura alta del aceite dirección	Taponamiento, pase de aceite al refrigerante o viceversa	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del sistema dirección	Monitoreo de tendencias de T° de aceite dirección, muestras de aceite	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.45	2	4.9
33	Tren de control electrónico	Tren de control de electrónico	Controlar mediante la electrónica el funcionamiento de la dirección r y monitoreo del sistema constante	Sistema Dirección no funciona	Módulo electrónico se blanquea	Sistema dirección no funciona y demás sistemas de la maquina	Determinar el tiempo de vida del módulo de control	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	1	1.6
34	Tren de control electrónico	Tren de cableado	Interacción de componentes eléctricos con el control de chasis	Sistema dirección no funciona	Eventos, códigos eléctricos activos	Sistema de dirección no funciona junto con sistemas de la maquina	Determinar la vida útil	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	3	4.8

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detallan los modos de falla de los componentes del tren motriz, solo 7 componentes de 34 presentan criticidad media, a los cuales se le debe dar atención y prioridad en una falla.

Estos componentes son:

Subsistema	componente
Mando final	Transmisión final, freno y rueda
sistema de frenos	líneas / mangueras
sistema de frenos	Acumulador
sistema de dirección	Tuberías / mangueras
sistema de dirección	Bomba
sistema de dirección	Válvula
sistema de dirección	Acumulador

Tabla 59. AMFE – Implementos de Control

Ítem	Sub sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurrencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Detección				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Valor		
1	Sistema Hidráulico	enfriador de aceite	Mantener la temperatura del aceite hidráulico en rango de operación normal mediante transferencia de calor al refrigerante	Temperatura alta del aceite	Taponamiento, pase de aceite al refrigerante o viceversa	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del sistema	Monitoreo de tendencias de T° de aceite hidráulico, muestras de aceite	3	1.8	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	2.45	2	4.9
2	Sistema Hidráulico	implementar controles	Controlar mediante la electrónica el funcionamiento de la dirección r y monitoreo del sistema constante	Sistema Dirección no funciona	Módulo electrónico se blanquea	Sistema dirección no funciona y demás sistemas de la maquina	Determinar el tiempo de vida del módulo de control	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	1	1.6
3	Sistema Hidráulico	sistema hidráulico	Proporciona control de la dirección de la maquina	Maquina sin dirección	Falla de los componentes del sistema	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación , reemplazar los componentes que se encuentran en malas condiciones	2	1.2	1	0.2	2	0.2	2	0.1	1	0.05	1.75	2	3.5
4	Sistema Hidráulico	válvula de control	Controlar los diferentes circuitos hidráulicos mediante válvulas de presión , dirección, Etc)	Sistema de levante y enfriamiento de frenos no funciona	Atascamiento de válvulas ,Fugas internas y externas	Tolva no levanta para vaciar la tolva	Pruebas TA2 en los PMS	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	4	0.2	1.8	2	3.6
5	Sistema Hidráulico	tanque	Almacenar el fluido disponible para el funcionamiento del sistema	Sistema de levante y enfriamiento de frenos no funciona	Tanque presenta fisuras externas o pase del aceite al eje posterior	Pase de aceite al compartimiento de dirección	Monitoreo de tendencias de T° de aceite hidráulico, muestras de aceite	3	1.8	1	0.2	1	0.1	1	0.05	3	0.15	2.3	1	2.3
6	Sistema Hidráulico	Tuberías / LÍNEAS	Suministrar aceite a los circuitos de levante y enfriamiento de frenos	Circuitos hidráulicos no funcionan	Fugas externas de aceite	Exposición a accidente con daños a la propiedad y a la vida del operador	Pruebas de rendimiento de sistema pre operación , reemplazar las mangueras que se encuentran en malas condiciones	2	1.2	1	0.2	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.65	2	3.3
7	Sistema Hidráulico	Motor para movimiento oscilante / pistón del motor (refrigeración de los frenos incluyen la bomba GEAR)	Impulsa las bombas de enfriamiento de frenos	Temperaturas altas en el sistema de enfriamiento del motor	Falla interna motor hidráulico	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del sistema	Monitoreo de rpm ventilador , seguimiento partículas de bronce en filtro de aceite drenaje caja	2	1.2	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.85	1	1.85
8	Sistema Hidráulico	Bomba (refrigeración de los frenos)	Suministrar flujo de aceite para el motor hidráulico impulsor de bombas de enfriamiento frenos en el tanque hidráulico	Temperaturas altas en el sistema de enfriamiento del motor	Falla interna bomba hidráulica	Reducción de la vida en servicio de los principales componentes del sistema	Monitoreo de rpm ventilador , seguimiento partículas de bronce en filtro de aceite drenaje caja	2	1.2	2	0.4	1	0.1	2	0.1	1	0.05	1.85	2	3.7
9	Sistema Hidráulico	Bomba	Suministrar flujo de aceite para el sistema de levante	Sistema de levante y enfriamiento de frenos no funciona	Falla interna bomba hidráulica	Daños en las rejillas de levante	Pruebas TA2 al sistema en los PMS	2	1.2	2	0.4	1	0.1	2	0.1	3	0.15	1.95	2	3.9
10	Sistema hidráulico	Cilindro levante	Convertir la fuerza hidráulica en mecánica para voltear la tolva	Tolva no levanta	Fuga interna o externa en los sellos	Pérdida de fuerza de levante	Pruebas TA2 al sistema en los PMS	2	1.2	2	0.4	1	0.1	2	0.1	3	0.15	1.95	2	3.9
11	Sistema de control de aire	Sistema de control de aire	Controlar mediante la electrónica el funcionamiento del sistema de arranque	Motor diésel no arranca	Sistema Dirección no funciona	Módulo electrónico se blanquea	Reemplazar partes antes de la falla	2	1.2	2	0.4	1	0.1	1	0.05	2	0.1	1.85	2	3.7
12	Sistema de control de aire	Sistema de sistema de control / control de aire varillaje	Controlar el suministro de aire al motor arrancador neumático	Motor diésel no arranca	Fugas de aire , válvulas atascadas	Motor diésel no arranca, daños en el bendix	Reemplazar partes antes de la falla	2	1.2	2	0.4	1	0.1	1	0.05	2	0.1	1.85	2	3.7
13	Sistema de control de aire	Compresor de aire, aire línea // compresor de aire manguera de aire / aire de control de aire l	Suministrar de aire al sistema de arranque neumático	Sistema de arranque no funciona	Fugas externas de aire	Baja presión del sistema y motor no consigue arrancar	Reemplazar mangueras en mal estado de manera programada	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	2	0.1	1.65	2	3.3

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detallan los modos de falla de los componentes de los implementos de control, ninguno presenta modos de falla de media o alta criticidad, ya que sus fallas ocurren muy rara vez y no generan falla catastrófica de la máquina.

Tabla 60. AMFE - Implementos

Ítem	Sub sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurrencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Deteccion				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV			
1	Cuerpo de descarga (TOLVA)	Eyector de rocas	Expulsa las rocas atrapadas entre los neumáticos posteriores	Rocas quedan atrapadas entre los neumáticos	La escasa separación entre neumáticos alojan piedras	Rocas hacen cortes a los neumáticos	Inspeccionar frecuentemente el estado del eyector de rocas	2	1.2	1	0.2	2	0.2	1	0.05	4	0.2	1.85	2	3.7
2	Cuerpo de descarga (TOLVA)	Caja de camión	Depósito de material mientras se traslada de un punto a otro punto	Derrame de material	Material es abrasivo	Desgaste de planchas de sacrificio	Inspecciones frecuentes	3	1.8	4	0.8	1	0.1	1	0.05	3	0.15	2.9	3	8.7

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detallan los modos de falla de los componentes de los implementos, solo la tolva presenta media criticidad, ya que sus fallas ocurren muy rara vez y no generan falla catastrófica de la máquina.

Tabla 61. AMFE – Máquina (parte 1)

Ítem	Sub sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurrencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Deteccion				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV			
1	Sistema eléctrico	Sistema eléctrico	Interacción de componentes eléctricos de entrada y salida con el controles electrónicos y interacción con los demás sistemas de la maquina	Maquina no funciona	Eventos, códigos eléctricos activos	Maquina no funciona	Realizar mantenimiento eléctrico	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	5	8
2	Sistema eléctrico	Batería	Hacer de acumulador eléctrico para proveer de energía eléctrica y a la vez hace de estabilizador de voltaje	Funcionamiento eléctrico con deficiencias	Eventos, códigos eléctricos activos	Funcionamiento eléctrico con deficiencias	Inspeccionar y evaluar frecuentemente	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	4	6.4
3	Sistema eléctrico	Alternador	Su finalidad es transformar la energía mecánica en energía eléctrica para cargar la batería y proporcionar el suministro eléctrico necesario al sistema	Funcionamiento eléctrico funciona por un determinado tiempo	Eventos, códigos eléctricos activos	Funcionamiento eléctrico con deficiencias	Inspeccionar y evaluar frecuentemente	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	3	4.8
4	Sistema eléctrico	Cableado	Interacción de componentes eléctricos con el control de chasis	Sistema eléctrico no funciona	Eventos, códigos eléctricos activos	Demás sistemas de la máquina no funcionan	Determinar la vida útil	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.6	5	8
5	Sistema eléctrico	Luces	Iluminan la carretera para mejorar la visibilidad del operador en turno noche y alertar su posición del equipo durante el traslado	Poca visibilidad y exposición a accidentes	Filamentos del bulbo se queman	Material de fabricación no resiste a altas horas de servicio	Reemplazarlos con luces del tipo LED	2	1.2	1	0.2	2	0.2	1	0.05	2	0.1	1.75	5	8.75
6	Sistema eléctrico	Protección de dispositivos, alarmas e indicadores	Alertan de la existencia de eventos, códigos eléctricos activos al operador	La máquina podría sufrir daños costosos y poner en riesgo la vida del operador	No se alerte de la existencia de eventos, códigos eléctricos activos al operador	La máquina podría sufrir daños costosos y poner en riesgo la vida del operador	Practicar pruebas de funcionamiento pre operación del equipo	2	1.2	1	0.2	2	0.2	1	0.05	2	0.1	1.75	1	1.75
7	Sistema eléctrico	Instrumentos e indicadores	Miden parámetros físicos de funcionamiento de la maquina	La máquina podría sufrir daños costosos y poner en riesgo la vida del operador	No se alerte de la existencia de eventos, códigos eléctricos activos al operador	La máquina podría sufrir daños costosos y poner en riesgo la vida del operador	Practicar pruebas de funcionamiento pre operación del equipo	2	1.2	1	0.2	2	0.2	1	0.05	2	0.1	1.75	1	1.75
8	Máquina	Máquina	Soporte de periféricos	No poder soportar el peso de los componentes	Fisuras en bastidor	Parada de equipo hasta reparación de fisuras	Inspecciones periódicas de la estructura del equipo	4	2.4	1	0.2	1	0.1	1	0.05	4	0.2	2.95	3	8.85
9	Máquina	Guardia	Protección de daños por agentes externos a la máquina, proteger al personal	Daños a los componentes de la máquina, daños al personal	Falta de protección, maquina sin guardas	Falla prematura de componentes, atrapamiento del personal	Colocar guardas donde sean necesarias	2	1.2	1	0.2	4	0.4	1	0.05	2	0.1	1.95	1	1.95
10	Máquina	Protector inferior	Protección de daños por agentes externos a la máquina, proteger al personal	Daños a los componentes de la máquina, daños al personal	Falta de protección, maquina sin guardas	Falla prematura de componentes, atrapamiento del personal	Colocar guardas donde sean necesarias	2	1.2	1	0.2	4	0.4	1	0.05	2	0.1	1.95	1	1.95
11	Máquina	Tapa del motor	Reducir el ruido y aislar la temperatura del motor diésel hacia la cabina del operador	Ruido y temperatura del motor diésel en la cabina del operador	Vibración excesiva del motor diésel	Enfermedad laboral del operador	Hacer mantenimiento y reemplazo de las partes dañadas	3	1.8	1	0.2	1	0.1	1	0.05	3	0.15	2.3	1	2.3
12	Máquina	Fender guarda fango	Proteger del lodo desprendido durante la tracción de los neumáticos	Componentes dañados por la acumulación de material	Guardabarros roto o faltante	Componentes dañados por la acumulación de material	Inspecciones frecuentes	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	2	0.1	1.65	1	1.65
13	Máquina	Plataforma / cubierta	Acceso para subir a la maquina	Problemas para abordar la maquina	pasamanos rotos o doblados	Caídas y resbalones del operador	Inspecciones frecuentes	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	2	0.1	1.65	1	1.65
14	Máquina	Escalera / step	Acceso para subir a la maquina	Problemas para abordar la maquina	Peldaños rotos o faltantes	Caídas y resbalones del operador	Inspecciones frecuentes	2	1.2	1	0.2	5	0.5	1	0.05	2	0.1	2.05	3	6.15
15	Máquina	Decal instrucción	Alertar de los peligros existentes para el operador o graves daños a la maquina si no se lee y entiende el manual de servicio y mantenimiento	Accidentes o daños a la maquina	Falta de instrucciones	Accidentes o daños a la maquina	Mantenimiento y colocados de etiquetas	2	1.2	1	0.2	4	0.4	1	0.05	2	0.1	1.95	1	1.95
16	Máquina	Fast fill centro de servicio	Llenado rápido de fluidos para la maquina	Tiempo perdido llenando fluidos a la maquina	Falta de sistemas compatibles al centro de llenado rápido	Tiempos prolongados en para el mantenimiento de rutina	Instalación de sistemas de llenado rápido en los talleres y campo	2	1.2	1	0.2	1	0.1	3	0.15	2	0.1	1.75	3	5.25
17	Suspensión	Cilindro de suspensión	Asegura una conducción más cómoda y suave. Ayuda a registrar el tonelaje de la carga	Operador sin confort, no se podría registrar el tonelaje de la carga	Fugas internas y externas de gas nitrógeno y aceite	Operador sin confort, balanza descalibrada	Mantenimiento y evaluaciones frecuentes	2	1.2	4	0.8	2	0.2	3	0.15	1	0.05	2.4	1	2.4

Fuente: Elaboración Propia

Ítem	Sub sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurrencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Detección				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Valor		
18	Suspensión	Cilindro de suspensión trasero	Asegura una conducción más cómoda y suave. Ayuda a registrar el tonelaje de la carga	Operador sin confort, no se podría registrar el tonelaje de la carga	Fugas internas y externas de gas nitrógeno y aceite	Operador sin confort, balanza descalibrada	Mantenimiento y evaluaciones frecuentemente	2	1.2	4	0.8	2	0.2	3	0.15	1	0.05	2.4	1	2.4
19	Suspensión	Enlace de suspensión	Encargadas de contener la inclinación del chasis y unir e con el eje posterior .	Camión con demasiada inclinación y daños al chasis	Fallas de sellos internos en las barras	Camión fuera de servicio y daños a la transmisión	Mantenimiento y evaluaciones frecuentemente	3	1.8	2	0.4	2	0.2	2	0.1	4	0.2	2.7	1	2.7
20	Estación del operador	Compresor de refrigerante	comprimir el gas (fluido refrigerante) que permite en un ciclo de compresión/descompresión producir una transferencia de calor de la cabina al líquido frigorífico	Cabina del operador caliente	Fuga de gas refrigerador, falla de embrague de acople	Operador sin confort se fatiga demasiado	Mantenimiento y evaluaciones frecuentemente	2	1.2	1	0.2	2	0.2	1	0.05	1	0.05	1.7	1	1.7
21	Estación del operador	Estación del operador	Control general de la maquina mediante el operador	Operador sin confort se fatiga demasiado	Excesivo ingreso de polvo y ruido	Operador sin confort se fatiga demasiado	Mantenimiento y evaluaciones frecuentemente en los PMS	2	1.2	1	0.2	2	0.2	1	0.05	1	0.05	1.7	3	5.1
22	Estación del operador	Calentador y aire acondicionado	Producir una transferencia de calor de la cabina al líquido frigorífico	Cabina del operador caliente	Fuga de gas refrigerador, falla de embrague de acople	Operador sin confort se fatiga demasiado	Mantenimiento y evaluaciones frecuentemente	2	1.2	1	0.2	2	0.2	1	0.05	1	0.05	1.7	3	5.1
23	Estación del operador	Conjunto de asiento	Se utiliza para sentarse y desde la comodidad el operador tomar el control de la maquina	Operador sin confort se fatiga demasiado	Asiento sin suspensión	Operador sin confort se fatiga demasiado	Mantenimiento y evaluaciones frecuentemente	2	1.2	1	0.2	2	0.2	1	0.05	2	0.1	1.75	2	3.5
24	Estación del operador	Espejos	Visualizar puntos ciegos del operador	Escasa visibilidad del entorno de la maquina	Maquina sin espejos o espejos rotos	Exposición a atropellos y choques con otras maquinas	Mantenimiento y inspecciones diarias	2	1.2	1	0.2	2	0.2	1	0.05	2	0.1	1.75	1	1.75
25	Estación del operador	Rops / fops	Proteger ala operador de vuelcos e impactos	Operador queda expuesto a la muerte por vuelcos o impactos	Cabina modificada o no cumple con las especificaciones dd el fabricante original	Operador queda expuesto a la muerte por vuelcos o impactos	Mantenimiento y inspecciones diarias	4	2.4	4	0.8	5	0.5	1	0.05	2	0.1	3.85	1	3.85
26	Estación del operador	Filtro de aire cab	Proteger del ingreso de partículas principalmente polvo a la cabina mediante el aire forzado	Ingreso de partículas principalmente polvo a la cabina mediante el aire forzado	Filtro saturado por falta de mantenimiento	Exposición de la salud del operador	Mantenimiento y inspecciones diarias	2	1.2	1	0.2	1	0.1	1	0.05	2	0.1	1.65	2	3.3
27	Estación del operador	Cámara monitor (ciods, wavs)	Visualizar puntos ciegos del operador	Escasa visibilidad del entorno de la maquina	Máquina de altas dimensiones	Exposición a atropellos y choques con otras maquinas	Mantenimiento y inspecciones diarias	2	1.2	1	0.2	5	0.5	1	0.05	2	0.1	2.05	1	2.05
28	Máquina de datos elec ctrls y mgmt sys	Carga del sistema monitor (balanza de tolva)	Ayuda a registrar el tonelaje de la carga	Maquina no registrar el tonelaje de la carga y podría dañar sus componentes	Falla de las suspensiones, circuito eléctrico	Maquina no registrar el tonelaje de la carga y podría dañar sus componentes	Mantenimiento y evaluaciones frecuentemente	2	1.2	3	0.6	1	0.1	1	0.05	1	0.05	2	1	2
29	Máquina de datos elec ctrls y mgmt sys	Máquina electrónica control y gestión de datos del sistema	Monitoreo constante de la maquina	Acorta la vida de los componentes de la maquina	No registrar eventos, códigos eléctricos activos	Acorta la vida de los componentes de la maquina	Mantenimiento eléctrico y descarga de datos	2	1.2	3	0.6	1	0.1	1	0.05	1	0.05	2	1	2
30	Control eléctrico de máquina, ctrls y mgmt sys	Vims	Proporciona a los operadores, al personal de servicio y a los gerentes información en una amplia gama de funciones vitales de la máquina.	Acorta la vida de los componentes de la maquina	No registrar eventos, coditos eléctricos activos	Acorta la vida de los componentes de la maquina	Descarga de datos	2	1.2	2	0.4	1	0.1	1	0.05	1	0.05	1.8	2	3.6
31	Control eléctrico de máquina, ctrls y mgmt sys	Road análisis de control (rac)	Analiza los esfuerzos de fatiga a que está expuesto el chasis según las condiciones en que se encuentran las vías de acarreo	Acorta la vida del chasis	Fisuras en el chasis	Costosas reparaciones	Inspección de fisuras en el chasis	2	1.2	2	0.4	1	0.1	1	0.05	4	0.2	1.95	2	3.9
32	Sistema de supresión de fuego	Sistema AFEX	Protección contra incendios en la maquina	Incendio de la maquina	Sistema inoperativo o faltante	Exposición a perder la vida del operador y daños graves en maquina	Mantenimiento eléctrico y pruebas de funcionamiento	5	3	2	0.4	5	0.5	3	0.15	4	0.2	4.25	1	4.25
33	Sistema de supresión de fuego	Sistema de control de fuego	Protección automática contra incendios en la maquina	Incendio de la maquina	Sistema inoperativo o faltante	Exposición a perder la vida del operador y daños graves en maquina	Mantenimiento eléctrico y pruebas de funcionamiento	5	3	2	0.4	5	0.5	3	0.15	4	0.2	4.25	1	4.25

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detallan los modos de falla de los componentes de la máquina, 9 de 33 presentan fallas de criticidad media, a las cuales hay que prestarles mayor atención

Sub sistema	Componente
Sistema eléctrico	Sistema eléctrico
Sistema eléctrico	Batería
Sistema eléctrico	Cableado
Sistema eléctrico	Luces
Máquina	Máquina
Máquina	Escalera / step
Máquina	Fast fill centro de servicio
Estación del operador	Estación del operador
Estación del operador	Calentador y aire acondicionado

Tabla 63. AMFE - FRAME

Ítem	Sub sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurrencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Detección				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV			
1	Bastidor	Conjunto de alojamiento eje	Alojamiento para la transmisión, diferencial, mandos finales	Maquina si propulsión o sin marchas	Falla de los componentes principales	Maquina si propulsión o sin marchas	Mantenimiento y reemplazo en los PCR de cada componentes	5	3	2	0.4	1	0.1	1	0.05	4	0.2	3.75	1	3.75
2	Bastidor	Bastidor	Dar la suficiente rigidez para soportar las elevadas cargas	Maquina no podría soportar las elevadas cargas	Fisuras en el chasis	Reparaciones costosas	Inspección de fisuras en el chasis	5	3	2	0.4	1	0.1	1	0.05	4	0.2	3.75	1	3.75
3	Bastidor	Paneles de cuerpo	Alojar el ATAAC y radiador	Daños en el ATAAC y radiador	Fisuras por pernos rotos	Acorta la vida de los componentes	Inspecciones frecuentes	3	1.8	2	0.4	1	0.1	1	0.05	3	0.15	2.5	1	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detallan los modos de falla de los componentes del FRAME ninguno de los modos de falla se considera critico

Tabla 64. AMFE - Sistema de lubricación automatica

Ítem	Sub sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de falla (consecuencia)	Recomendaciones	Gravedad										Ocurrencia	Npr	
								Impacto en el equipo		Costo de reparación		Impacto en la seguridad		Impacto ambiental		Detección				Valor total
								Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV	Val	PxV			
1	Automático sistema grasa de lubricación	Líneas de grasa	Suministrar grasa a los puntos de engrase	Desgaste de los diferentes Bering y daños en alojamiento	Fugas o taponamiento del sistema	Reparaciones costosas	Inspecciones frecuentes	4	2.4	1	0.2	2	0.2	2	0.1	2	0.1	3	2	6
2	Automático sistema grasa de lubricación	Lubricación bomba	Presurizar la grasa y suministrar grasa a los puntos de engrase	Desgaste de los diferentes Bering y daños en alojamiento	Fugas, bajos niveles	Reparaciones costosas	Inspecciones frecuentes	4	2.4	2	0.4	1	0.1	2	0.1	2	0.1	3.1	1	3.1
3	Automático sistema grasa de lubricación	Automático sistema grasa de lubricación	Lubricación mediante grasa en las diferentes articulaciones de la maquina	Desgaste de los diferentes Bering y daños en alojamiento	Sistema defectuoso	Reparaciones costosas	Realizar pruebas de funcionamiento en los PMS y llenado de grasa al tanque	4	2.4	2	0.4	1	0.1	2	0.1	2	0.1	3.1	1	3.1
4	Automático sistema grasa de lubricación	Grasa inyector	Controla la cantidad de suministro de grasa a determinado punto	Desgaste de los diferentes Bering y daños en alojamiento	Excesivo/ cero suministro de grasa	Eventos de baja presión de grasa, Reparaciones costosas	Inspecciones frecuentes y backlog	4	2.4	2	0.4	1	0.1	2	0.1	2	0.1	3.1	1	3.1

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detallan los modos de falla de los componentes del FRAME ninguno de los modos de falla se considera critico excepción de las líneas de grasa, que por lo general se rajan y fuga aceite.

Una vez elaborado la matriz AMFE se elecciona solo los de NPR de media y alta criticidad. Estas son las fallas a las que se debe prestar mayor atencion ya que afectan directamente la disponibilidad y la confiabilidad de la flota. A continuación se presenta la matriz AMFE de Fallas de Alta criticidad y media criticidad.

Tabla 65. Tabla AMFE Fallas de Alta y mediana criticidad

Ítem	Sistema	Sub sistema	Componente	Modo de falla (causa)	Npr
1	Motor	sistema de enfriamiento de motor	sistema de enfriamiento de motor	Funcionamiento deficiente de las partes que componen el sistema por Fugas en las líneas	12.75
2	Motor	sistema de enfriamiento de motor	bomba de agua	Fuga de refrigerante por falla de sellos internos de la bomba	10.4
3	Motor	motor	motor	Componentes internos del motor con funcionamiento deficiente	13.5
4	Motor	sistema de combustible	inyector	Daños en las toberas de inyector	7.6
5	Motor	sistema de lubricación	sistema de lubricación	Excesivo desgaste, excesivo calentamiento en partes internas del motor	8.55
6	Motor	sistema de enfriamiento de motor	radiador	Taponamiento de conductos de refrigerante y celdas externas del radiador	6.75
7	Motor	sistema de arranque	sistema de arranque	Falla motor de arranque, relay , falta de aire	6.8
8	Tren motriz	Mando final	Mando final	Fuga de aceite por Deformación de sello Duo cone	7.8
9	Tren motriz	sistema de frenos	Líneas de freno	Fugas de aceite o aire en el sistema	5.7
10	Tren motriz	sistema de frenos	acumulador de freno	Fugas internas y externas	5.7
11	Tren motriz	sistema de dirección	líneas de dirección	Fugas de aceite o aire en el sistema	9.25
12	Tren motriz	sistema de dirección	bomba de dirección	Falla interna de la bomba	9.75
13	Tren motriz	sistema de dirección	válvula de dirección	Atascamiento de válvulas ,Fugas internas y externas	7.5
14	Tren motriz	sistema de dirección	acumulador de dirección	Fugas internas y externas	5.85
15	Implementos	tolva	tolva	Material es abrasivo	8.7
16	Maquina	sistema eléctrico	sistema eléctrico	Eventos, códigos eléctricos activos	8
17	Maquina	sistema eléctrico	baterías	Eventos, códigos eléctricos activos	6.4
18	Maquina	sistema eléctrico	Arnés de cableado	Eventos, códigos eléctricos activos	8
19	Maquina	sistema eléctrico	luces	Filamentos del bulbo s e queman	8.75
20	Maquina	maquina	maquina	Fisuras en bastidor	8.85
21	Maquina	maquina	Escalera	Peldaños rotos o faltantes	6.15
22	Maquina	maquina	centro de servicio de llenado rápido	Falta de sistemas compatibles al centro de llenado rápido	5.25
23	Maquina	cabina de operador	cabina de operador	Excesivo ingreso de polvo y ruido	5.1
24	Maquina	cabina de operador	calefactor y aire acondicionado	Fuga de gas refrigerador, falla de embrague de acople	5.1
25	Sistema de lubricación automática	sistema de lubricación automática	líneas de grasa	Fugas o taponamiento del sistema	6

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detallan los modos de alta criticidad y los de mediana criticidad de toda la maquina son 25 modos de falla a los que debemos prestarle mas atención y 3 modos de falla del motor de los que debemos estar siempre alerta para que no lleguen a fallar.

• Análisis Pareto

El análisis Pareto tiene por finalidad determinar cuáles son los subsistemas con mayor tiempo de paradas y en base a ello plantear planes de acción.

Tabla 66. Tiempo de paradas en subsistemas

Subsistema	Tiempo de paradas Hrs	T. de paradas acumulado	% Total	% Total Acumulado
Rueda	2087.82	2087.82	22.4%	22.4%
Sistema eléctrico	1257.97	3345.79	13.5%	35.9%
Sistema de combustible	673.98	4019.77	7.2%	43.1%
Sistema de enfriamiento de motor	507.83	4527.6	5.4%	48.6%
tolva	496.64	5024.24	5.3%	53.9%
Motor	414.56	5438.8	4.4%	58.4%
Maquina	383.15	5821.95	4.1%	62.5%
Sistema de inducción y escape de aire	377.53	6199.48	4.1%	66.5%
Cabina de operador	341.32	6540.8	3.7%	70.2%
Sistema de frenos	325.02	6865.82	3.5%	73.7%
Sistema de dirección	308.3	7174.12	3.3%	77.0%
Sistema de arranque	249.91	7424.03	2.7%	79.7%
Mando final	235.92	7659.95	2.5%	82.2%
Sistema de lubricación	223.32	7883.27	2.4%	84.6%
Sistema de lubricación automática	220.14	8103.41	2.4%	87.0%
Sistema hidráulico	179.58	8282.99	1.9%	88.9%
Bloque corto	177.07	8460.06	1.9%	90.8%
Transmisión	141.78	8601.84	1.5%	92.3%
Sistema de control electrónico de motor	123.1	8724.94	1.3%	93.6%
Conjunto de culata de cilindro	100.9	8825.84	1.1%	94.7%
Máquina elec ctrls y data mgmt sys	98.32	8924.16	1.1%	95.8%
Suspensión	94.66	9018.82	1.0%	96.8%
diferencial	93.5	9112.32	1.0%	97.8%
Sistema de control de aire	37.9	9150.22	0.4%	98.2%
convertidor	36.57	9186.79	0.4%	98.6%
Mantenimiento preventivo	34.18	9220.97	0.4%	98.9%
Control de transmisión electrónica	28.2	9249.17	0.3%	99.2%
Transmisión de la bomba	14	9263.17	0.2%	99.4%
Control electrónico del tren de transmisión	11.8	9274.97	0.1%	99.5%
Enfriamiento de accionamiento eléctrico	8.8	9283.77	0.1%	99.6%
Transmisión y línea de transmisión	8.7	9292.47	0.1%	99.7%
Hardware y comunicación sibas	7.7	9300.17	0.1%	99.8%
Compresor de aire	7.3	9307.47	0.1%	99.9%
Bastidor	4.2	9311.67	0.0%	99.9%
Armario inversor	2.7	9314.37	0.0%	99.9%
Líneas y hardware hidráulicos	1.3	9315.67	0.0%	100.0%
Transmisión hidrostática	1	9316.67	0.0%	100.0%
El motor de tracción	0.9	9317.57	0.0%	100.0%
Tren de conducción	0.8	9318.37	0.0%	100.0%
Implementos	0.8	9319.17	0.0%	100.0%
Colector de control de cilindro	0.4	9319.57	0.0%	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la tabla se detallan las horas de los tiempos de paradas por cada subsistema de toda la flota, los tiempos de paradas acumuladas, el porcentaje del tiempo tiempo total de cada subsistema y porcentaje acumulado de cada subsistema, con el fin de armar el diagrama de Pareto que nos permitirá identificar el 20 % responsable del 80% de las fallas.

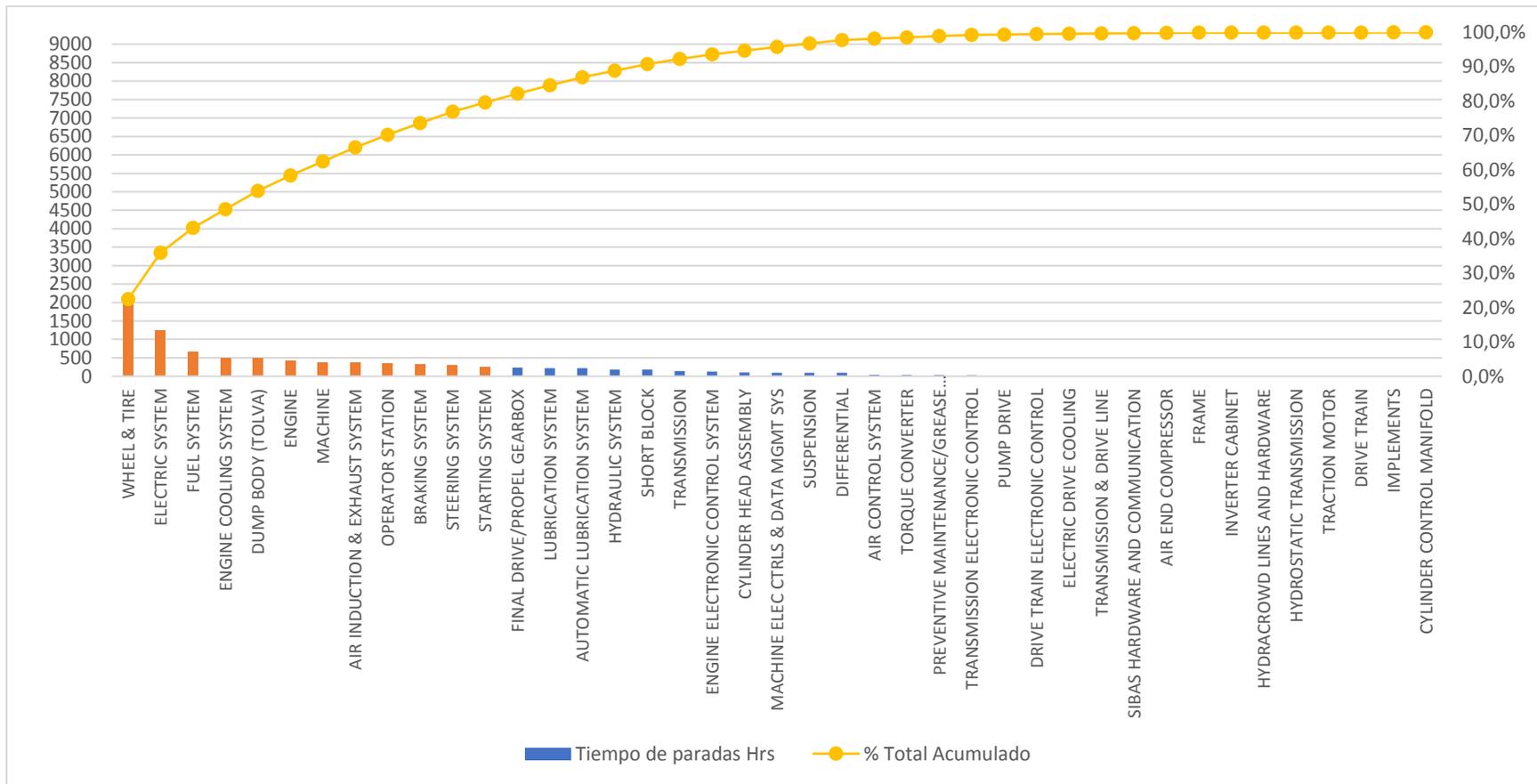


Figura 27. Diagrama Pareto

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: Observamos que 12 subsistemas son responsables del 80% del tiempo producidas por las fallas en la flota 797F, los subsistemas que más nos afectan están señalados en color rojo.

- **Análisis Jackknife**

El Jack Knife es utilizado para clasificar las fallas causantes de detenciones en equipos y con ello analizar comparativamente la criticidad de las causas, es necesario contar con los siguientes datos para su realización:

1. Tipo de falla o componente dañado, para nuestro análisis el objeto de estudio serán los sistemas asociados a los modos de falla.
2. Frecuencia de detenciones acumuladas durante un de un año (2017).
3. Tiempo fuera de servicio acumulado por subsistema.

El Jack-knife un diagrama de dispersión con el MTTR (tiempo promedio para reparar) en el eje de las ordenadas y la frecuencia o número de paradas en el eje de las abscisas, el grafico debe ser en escala logarítmica debido a la dispersión de los datos. Una vez construido el grafico se procede a incorporar un eje vertical que representara la confiabilidad y un eje horizontal que representa la mantenibilidad, ambos ejes basados en los promedios de la frecuencia y tiempos fuera de servicio respectivamente, por último se agregan curvas de indisponibilidad las cuales se construyen mediante el promedio de la indisponibilidad dividida por la frecuencia más baja y así encontrar su punto más alto y para su punto más bajo la misma indisponibilidad promedio dividida por la frecuencia. La interpretación del diagrama se basa en la ubicación en los cuadrantes de los puntos determinados por la dispersión entre los TFS y su frecuencia, aquellos puntos que se encuentren sobre el eje de la mantenibilidad indicaran las fallas que inciden sobre ella, aquellos puntos que se encuentren a la derecha del eje de confiabilidad serán las fallas que empeoren esta probabilidad, y los puntos que se encuentren por sobre la línea de la indisponibilidad serán los que afecten la disponibilidad de los equipos en mayor medida.

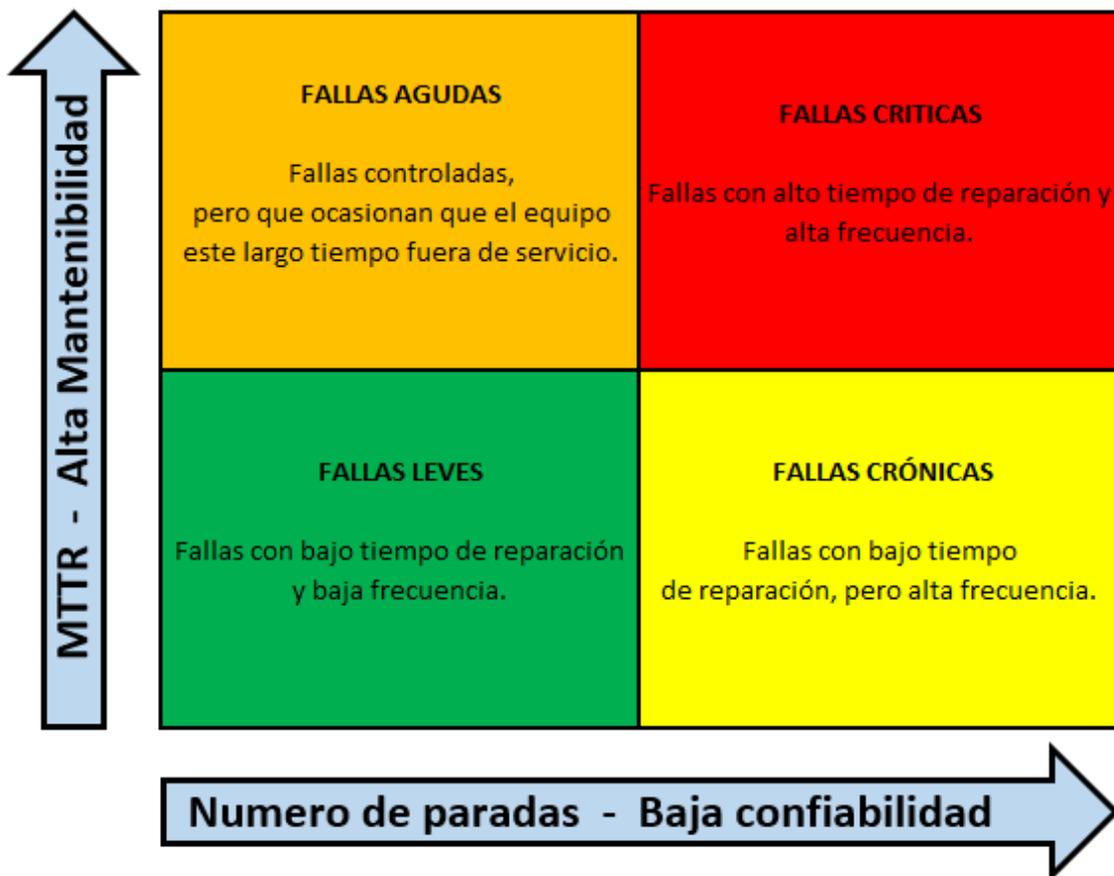


Figura 28. Interpretación de cuadrantes del Jacknife

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: Los cuadrantes ofrecen una caracterización de las fallas, siendo los que se encuentren en el cuadrante superior derecho las fallas críticas, el cuadrante superior izquierdo representa a las fallas agudas, en el cuadrante inferior izquierdo quedaran las fallas leves y en el cuadrante inferior derecho quedaran determinadas las fallas crónicas. A continuación, en la gráfica se detalla el significado de cada cuadrante, se espera que las fallas asociadas a los subsistemas se encuentren en su mayoría en el cuadrante verde de fallas leves.

Tabla 67. Datos Jackknife

#	Subsistema	N° de paradas	Tiempo de paradas Hrs	MTTR (horas)
1	Rueda	1579	2087.82	1.32
2	Sistema eléctrico	735	1257.97	1.71
3	Sistema de combustible	330	673.98	2.04
4	Sistema de refrigeración del motor	141	507.83	3.60
5	Tolva	86	496.64	5.77
6	Motor	110	414.56	3.77
7	Máquina	100	383.15	3.83
8	Sistema de inducción de aire y escape	97	377.53	3.89
9	Estación del operador	207	341.32	1.65
10	Sistema de frenado	105	325.02	3.10
11	Sistema de dirección	122	308.3	2.53
12	Sistema de arranque	139	249.91	1.80
13	Transmisión final / caja de cambios de propel	54	235.92	4.37
14	Sistema de lubricación	84	223.32	2.66
15	Sistema de lubricación automático	143	220.14	1.54
16	Sistema hidráulico	58	179.58	3.10
17	Bloque corto	20	177.07	8.85
18	Transmisión	45	141.78	3.15
19	Sistema de control electrónico del motor	46	123.1	2.68
20	Conjunto de culata de cilindro	13	100.9	7.76
21	Máquina elec ctrl y data mgmt sys	35	98.32	2.81
22	Suspensión	28	94.66	3.38
23	Diferencial	25	93.5	3.74
24	Sistema de control de aire	13	37.9	2.92
25	Convertidor de par	28	36.57	1.31
26	Mantenimiento preventivo / lubricación con grasa	13	34.18	2.63
27	Control electrónico de transmisión	7	28.2	4.03
28	Transmisión de la bomba	1	14	14.00
29	Control electrónico del tren de transmisión	4	11.8	2.95
30	Enfriamiento de accionamiento eléctrico	5	8.8	1.76
31	Transmisión y línea de transmisión	4	8.7	2.18
32	Hardware y comunicación sibas	1	7.7	7.70
33	Compresor de aire	4	7.3	1.83
34	Cuadro	4	4.2	1.05
35	Armario inversor	2	2.7	1.35
36	Líneas y hardware hidráulicos	1	1.3	1.30
37	Transmisión hidrostática	1	1	1.00
38	El motor de tracción	1	0.9	0.90
39	Tren de conducción	1	0.8	0.80
40	Implementos	2	0.8	0.40
41	Colector de control de cilindro	1	0.4	0.40

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detallan las frecuencias de falla, el tiempo de falla y el MTTR de cada subsistema con estos datos se elaborará el Jackknife para priorizar las fallas detectadas en el periodo 2017.

Tabla 68. Curvas de indisponibilidad

	Horas de indisponibilidad	Horas de indisponibilidad	Horas de indisponibilidad	Horas de indisponibilidad
N° paradas	1500	1000	500	100
2	750	500	250	50
4	375	250	125	25
8	187.5	125	62.5	12.5
16	93.75	62.5	31.25	6.25
32	46.875	31.25	15.625	3.125
64	23.4375	15.625	7.8125	1.5625
128	11.71875	7.8125	3.90625	0.78125
256	5.859375	3.90625	1.953125	0.390625
512	2.9296875	1.953125	0.9765625	0.1953125
1579	0.94996833	0.63331222	0.31665611	0.06333122

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: La tabla nos muestra los puntos necesarios para las curvas de indisponibilidad las cuales se construyen mediante el promedio de las horas de indisponibilidad dividida por la frecuencia más baja y así encontrar su punto más alto y para su punto más bajo la misma indisponibilidad promedio dividida por la frecuencia.

Tabla 69. Límites o ejes del Jack knife

Limite MTTR (horas)	2.12049374
Limite # de paradas	107.195122

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: La tabla nos muestra los puntos para un eje vertical que representara la confiabilidad y un eje horizontal que representa la mantenibilidad, ambos ejes basados en los promedios de la frecuencia y tiempos fuera de servicio respectivamente

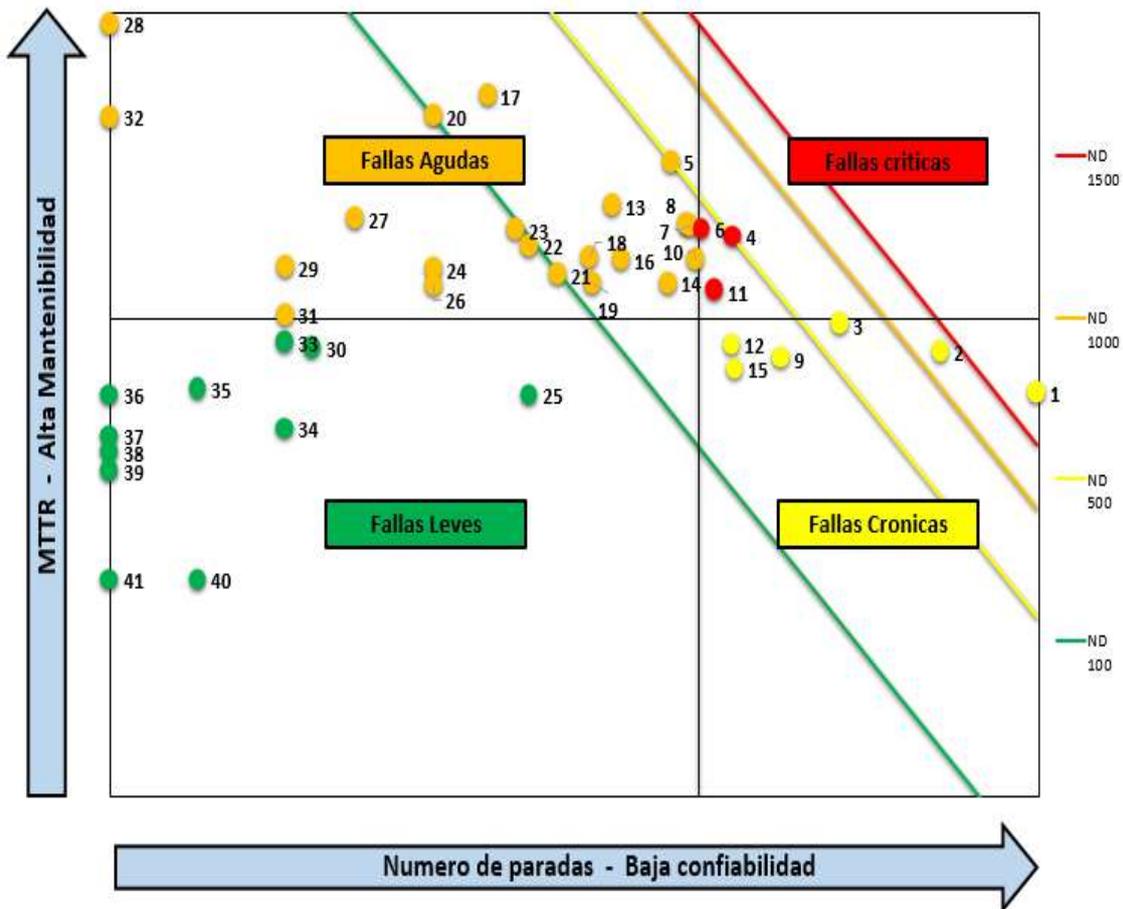


Figura 29. Diagrama Jack Knife – Periodo 2017

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En este diagrama se pueden observar la distribución de las fallas en cada cuadrante siendo las más críticas el sistema de motor, sistema de dirección y sistema de enfriamiento de motor, las cuales deben prestar toda la atención del equipo RCM para que ya nos sean críticas.

Otros subsistemas a los que tenemos que prestarles mucha atención son los que se encuentran en el cuadrante de paradas crónicas, ya que están son la que generan básicamente la básica confiabilidad de la flota, generan numerosas paradas y paradas de corto tiempo.

Tabla 70. Clasificación de fallas según Jack knife

Tipo de Falla	#	Subsistema	Nº de paradas	Tiempo de paradas (Hrs)	MTTR (Hrs)	Rango de Disponibilidad
Crítica	4	Sistema de refrigeración del motor	141	507.83	3.60	500 < x < 1000
Crítica	6	Motor	110	414.56	3.77	100 < x < 500
Crítica	11	Sistema de dirección	122	308.3	2.53	100 < x < 500
Aguda	5	Cuerpo volquete (tolva)	86	496.64	5.77	100 < x < 500
Aguda	7	Máquina	100	383.15	3.83	100 < x < 500
Aguda	8	Sistema de inducción de aire y escape	97	377.53	3.89	100 < x < 500
Aguda	10	Sistema de frenado	105	325.02	3.10	100 < x < 500
Aguda	13	Transmisión final / caja de cambios de propel	54	235.92	4.37	100 < x < 500
Aguda	14	Sistema de lubricación	84	223.32	2.66	100 < x < 500
Aguda	16	Sistema hidráulico	58	179.58	3.10	100 < x < 500
Aguda	17	Bloque corto	20	177.07	8.85	100 < x < 500
Aguda	18	Transmisión	45	141.78	3.15	100 < x < 500
Aguda	19	Sistema de control electrónico del motor	46	123.1	2.68	100 < x < 500
Aguda	20	Conjunto de culata de cilindro	13	100.9	7.76	100 < x < 500
Aguda	21	Máquina elec ctrls y data mgmt sys	35	98.32	2.81	< 100
Aguda	22	Suspensión	28	94.66	3.38	< 100
Aguda	23	Diferencial	25	93.5	3.74	< 100
Aguda	24	Sistema de control de aire	13	37.9	2.92	< 100
Aguda	26	Mantenimiento preventivo / lubricación con grasa	13	34.18	2.63	< 100
Aguda	27	Control electrónico de transmisión	7	28.2	4.03	< 100
Aguda	28	Transmisión de la bomba	1	14	14.00	< 100
Aguda	29	Control electrónico del tren de transmisión	4	11.8	2.95	< 100
Aguda	31	Transmisión y línea de transmisión	4	8.7	2.18	< 100
Aguda	32	Hardware y comunicación sibas	1	7.7	7.70	< 100
Crónica	1	Neumático de la rueda	1579	2087.82	1.32	>1500
Crónica	2	Sistema eléctrico	735	1257.97	1.71	1000 < x < 1500
Crónica	3	Sistema de combustible	330	673.98	2.04	500 < x < 1000
Crónica	9	Estación del operador	207	341.32	1.65	100 < x < 500
Crónica	12	Sistema de arranque	139	249.91	1.80	100 < x < 500
Crónica	15	Sistema de lubricación automático	143	220.14	1.54	100 < x < 500
Leve	25	Convertidor de par	28	36.57	1.31	< 100
Leve	30	Enfriamiento de accionamiento eléctrico	5	8.8	1.76	< 100
Leve	33	Compresor de aire	4	7.3	1.83	< 100
Leve	34	Cuadro	4	4.2	1.05	< 100
Leve	35	Armario inversor	2	2.7	1.35	< 100
Leve	36	Líneas y hardware hidráulicos	1	1.3	1.30	< 100
Leve	37	Transmisión hidrostática	1	1	1.00	< 100
Leve	38	El motor de tracción	1	0.9	0.90	< 100
Leve	40	Implementos	2	0.8	0.40	< 100
Leve	39	Tren de conducción	1	0.8	0.80	< 100
Leve	41	Colector de control de cilindro	1	0.4	0.40	< 100

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se puede observar la clasificación de las fallas según el cuadrante donde pertenecen se deben dar prioridad a las fallas que se encuentran en el cuadrante de críticas, pero también a las agudas y a la crónica que afectan severamente la confiabilidad y disponibilidad de la flota, llantas y sistema eléctrico tienen paradas repetitivas que afectan severamente la confiabilidad.

Tabla 71. Clasificación por indisponibilidad de fallas

Tipo de Falla	Indisponibilidad (Hrs)					Total
	>1500	1000 < x < 1500	500 < x < 1000	100 < x < 500	< 100	
Crítica			1	2		3
Aguda				11	10	21
Crónica	1	1	1	3		6
Leve					11	11
Total	1	1	2	16	21	41

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se puede apreciar la indisponibilidad que genera cada tipo de falla según los cuadrantes de Jack-knife, las crónicas al ser repetitivas han generado una indisponibilidad de más de 1500 horas en todo el año 2017, por lo que hay que reducir el número de paradas por estas fallas.

4.1.1.1. Análisis Weibull

Para determinar la confiabilidad de nuestra unidad de proceso (Camión 797F) es necesario determinar está a nivel de componentes mayores que conforman al camión.

Para determinar la confiabilidad de los componentes mayores se usa la confiabilidad probabilística.

El volquete 797F cuenta con 6 componentes mayores los cuales tienen un tiempo de vida, una vez terminado este, los componentes deben remplazarse por uno nuevo o uno reparado.

El análisis Weibull es el más utilizado en la gestión del mantenimiento para determinar la confiabilidad de los componentes.

Tabla 72. PCR de componentes mayores 797F

componentes	PCR 2017	PCR Objetivo
Motor	14000	16000
Convertidor	14000	16000
Transmisión	14000	16000
Diferencial	16000	18000
Mandos Finales	16000	18000
Ruedas	18000	18000

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detallan los PCR de los componentes mayores de los equipos 797F, también se detallan los PCR a los que se quiere llegar debido a que otros dealer de Caterpillar en el mundo trabajan con los PCR objetivo, lo cual reduce los costos del mantenimiento significativamente.

A continuación, se analizarán los datos de vida de los componentes mayores desde el inicio del contrato MARC al final del periodo 2017, para el análisis de la confiabilidad se usara el programa MINITAB el cual es un paquete estadístico y posee la función para el cálculo de la distribución Weibull.

a) Componente: Motor

Al ser el componente más importante del camión y el más costoso es al que se le debe dar más importancia

A continuación, se detallan los datos de vida de los motores 797F cambiados del inicio del Marc al cierre del 2017, en el caso de los motores cambiados por falla se considera los que se cambiaron por desgaste abrasivo de metales de biela y bancada por contaminación el cual es el modo de falla más común.

Tabla 73. Datos de vida - motores

Equipo	Plaqueo	Objetivo PCR	Fecha Out	Motivo	Total Horas	Censura	Modo de falla
CA T-03	CAT100 071503	14000	15/10 /2014	Después de Falla	2400	0	desgaste abrasivo de metales de biela y bancada por contaminación externa
CA T-07	CAT100 074017	14000	16/11 /2017	Después de Falla	4318	0	desgaste abrasivo de metales de biela y bancada por contaminación externa
CA T-04	CAT100 071007	14000	07/07 /2014	Después de Falla	5779	0	desgaste abrasivo de metales de biela y bancada por contaminación externa
CA T-07	CAT100 000510	14000	01/03 /2017	Después de Falla	6182	0	desgaste abrasivo de metales de biela y bancada por contaminación externa
CA T-01	CAT100 000513	14000	16/07 /2015	Después de Falla	10967	0	desgaste abrasivo de metales de biela y bancada por contaminación externa
CA T-09	CAT100 000513	14000	17/10 /2017	Después de Falla	11312	0	desgaste abrasivo de metales de biela y bancada por contaminación externa
CA T-02	CAT100 000505	14000	26/06 /2015	PCR	14002	1	
CA T-08	CAT100 071502	14000	09/04 /2016	PCR	14085	1	
CA T-07	CAT100 071501	14000	10/03 /2016	PCR	14309	1	
CA T-04	CAT100 071504	14000	29/08 /2016	PCR	14418	1	
CA T-09	CAT100 000506	14000	20/12 /2015	PCR	14951	1	
CA T-01	CAT100 071505	14000	24/11 /2017	PCR	15128	1	
CA T-02	CAT100 000521	14000	04/12 /2017	PCR	15190	1	
CA T-03	CAT100 000517	14000	22/01 /2017	PCR	15217	1	
CA T-06	CAT100 000518	14000	23/02 /2017	PCR	15373	1	
CA T-05	CAT100 000511	14000	06/02 /2016	PCR	15843	1	

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Al cierre del 2017 se analizan 17 cambios de motores de los cuales 6 son por falla

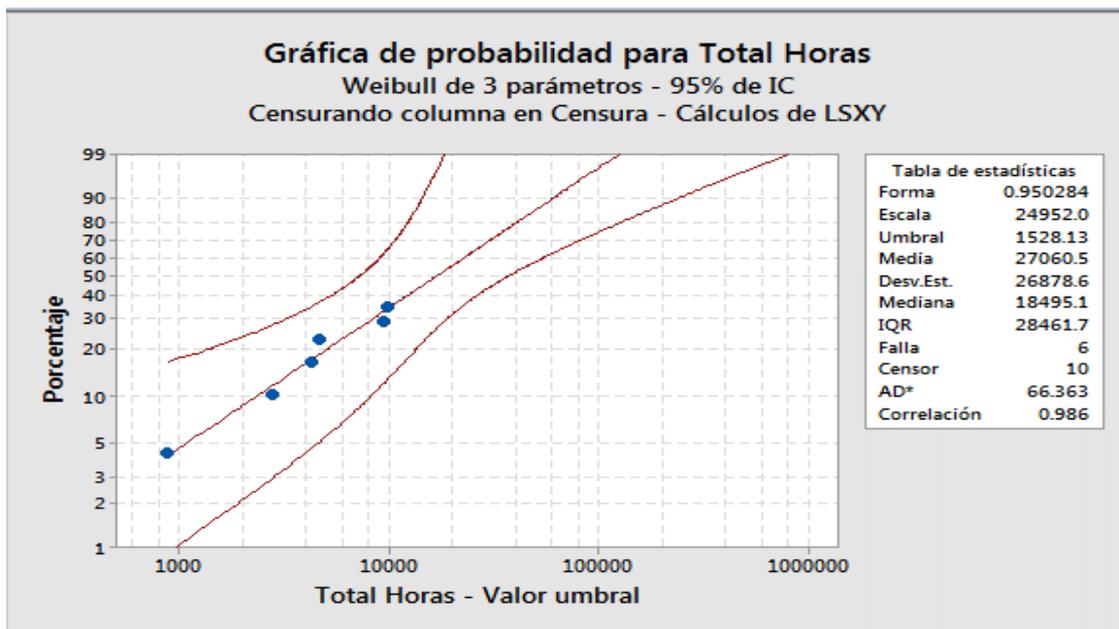


Figura 30. Grafica de probabilidad- Weibull – Motores

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la gráfica Minitab determino que la distribución más adecuada es la weibull de 3 parámetros.

```

Distribución: Weibull de 3 parámetros

Cálculos del parámetro

Parámetro      Estimación      Error estándar      IC normal de 95.0%
Forma          0.950284        0.366005            Inferior Superior
Escala        24952.0         11746.7             9917.07 62780.9
Valor umbral  1528.13         0                   1528.13 1528.13

Tabla de probabilidades de supervivencia

Tiempo      Probabilidad      IC normal de 95.0%
14000      0.596087          Inferior Superior
           0.334906          0.782946
    
```

Figura 31. Cálculos con Minitab - Motores

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la figura se observa los parámetros cálculos y la probabilidad a las 14000 hrs de cambio. Minitab calculo que hay una probabilidad de éxito de 59.6% de cambiar un motor a las 14000 hrs, en el escenario más optimista hay una probabilidad de 78% de éxito por lo que el PCR actual es aceptable.

b) Componente: Convertidor

Tabla 74. Datos de vida convertidores

Equipo	Paqueteo	Objetivo PCR	Fecha Out	Motivo	Total Horas	Censura	Modo de falla
CAT-02	CAT310171007	14000	07/06/2013	ACCIDENTE	8117	0	
CAT-04	CAT310171009	14000	07/07/2014	PCR	13880	1	
CAT-03	CAT310171006	14000	03/06/2014	PCR	14091	1	
CAT-04	CAT310100503	14000	29/08/2016	PCR	14416	1	
CAT-08	CAT310174006	14000	16/12/2017	PCR	14440	1	
CAT-05	CAT310174001	14000	17/05/2017	PCR	14498	1	
CAT-07	CAT310174002	14000	09/10/2017	PCR	14677	1	
CAT-02	CAT310173002	14000	07/08/2015	PCR	14682	1	
CAT-03	CAT310171001	14000	07/08/2016	PCR	14721	1	
CAT-09	CAT310171007	14000	20/12/2015	PCR	14956	1	
CAT-06	CAT310174500	14000	23/02/2017	PCR	15373	1	
CAT-06	CAT310174004	14000	14/11/2014	PCR	15531	1	
CAT-05	CAT310174002	14000	05/02/2015	PCR	16474	1	
CAT-01	CAT310171008	14000	24/05/2016	PCR	16537	1	
CAT-07	CAT310174003	14000	24/06/2015	PCR	17842	1	
CAT-08	CAT310171002	14000	09/10/2015	PCR	19132	1	

Fuente: Elaboración propia

Comentario: se detallan los datos de 16 convertidores cambiados al cierre del periodo 2017, ningún convertidor fallo antes de las 14000 horas por lo que se deduce que en la unidad minera los convertidores duran 14000 hrs o más con una probabilidad de éxito del 100%, Los convertidores son unos de los componentes más confiables, desde el inicio del MARC al final del periodo 2017 no se cambió ningún convertidor por falla, solos e cambio uno por accidente, por lo que se puede determinar que a las 14000 horas los convertidores tienen una probabilidad de éxito de llegar a 14000 hrs del 100% .

c) **Componente: Transmisión**

Tabla 75. Datos de vida Transmisiones

Equipo	Paqueteo	Objetivo PCR	Fecha Out	Motivo	Total Horas	Censura	Modo de falla
CAT-08	CAT3150 73002	14000	06/05/2016	Después de Falla	3893	0	Desprendimiento de material de paquetes de embrague
CAT-03	CAT3150 73002	14000	30/05/2017	Después de Falla	4059	0	Desprendimiento de material de paquetes de embrague
CAT-08	CAT3150 71002	14000	09/08/2013	Después de Falla	4399	0	Desprendimiento de material de paquetes de embrague
CAT-02	CAT3150 00502	14000	24/06/2016	PCR	13791	1	
CAT-03	CAT3150 71007	14000	18/09/2016	PCR	14335	1	
CAT-01	CAT3150 71001	14000	20/09/2013	PCR	14403	1	
CAT-06	CAT3150 71001	14000	13/04/2017	PCR	14408	1	
CAT-05	CAT3150 00506	14000	17/05/2017	PCR	14498	1	
CAT-07	CAT3150 74002	14000	09/10/2017	PCR	14677	1	
CAT-08	CAT3150 74003	14000	09/10/2015	PCR	14733	1	
CAT-02	CAT3150 71007	14000	27/05/2014	PCR	14903	1	
CAT-09	CAT3150 71010	14000	20/12/2015	PCR	14956	1	
CAT-03	CAT3150 71006	14000	04/08/2014	PCR	15215	1	
CAT-01	CAT3150 74006	14000	10/11/2014	PCR	15222	1	
CAT-01	CAT3150 71003	14000	10/03/2017	PCR	15249	1	
CAT-04	CAT3150 71002	14000	17/03/2016	PCR	15359	1	
CAT-05	CAT3150 74002	14000	05/02/2015	PCR	16474	1	
CAT-06	CAT3150 74004	14000	10/02/2015	PCR	17178	1	
CAT-07	CAT3150 00501	14000	24/06/2015	PCR	17613	1	

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se detallan los datos de vida de 19 transmisiones cambiadas al periodo 2020, el modo de falla de las 3 transmisiones cambiadas por falla es por desprendimiento de material de paquetes de embrague

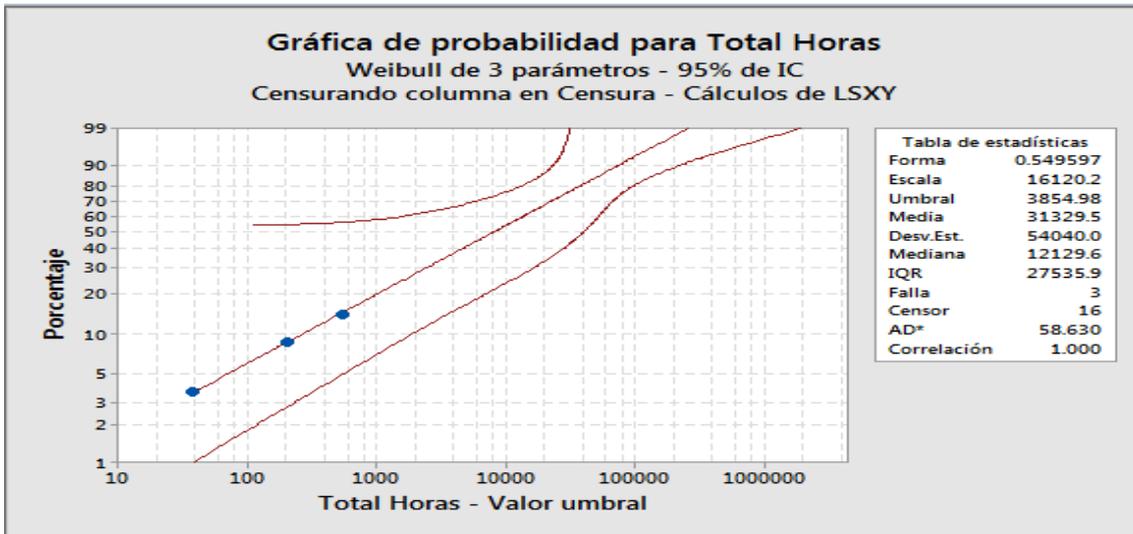


Figura 32. Grafica de probabilidad- Weibull – transmisiones

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la gráfica Minitab determino que la distribución más adecuada es la weibull de 3 parámetros.

Parámetro	Estimación	Error estándar	IC normal de 95.0% Inferior	Superior
Forma	0.549597	0.279103	0.203131	1.48700
Escala	16120.2	11353.5	4053.84	64102.4
Valor umbral	3854.98	0	3854.98	3854.98

Tabla de probabilidades de supervivencia

Tiempo	Probabilidad	IC normal de 95.0% Inferior	Superior
14000	0.460568	0.133275	0.742114

Figura 33. Cálculos con Minitab- transmisiones.

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la imagen se observa los parámetros cálculos y la probabilidad a las 14000 horas de cambio, Minitab calculo que hay una probabilidad de éxito de 46.05 de cambiar una transmisión a las 14000 horas, en el escenario más optimista hay una probabilidad de 74% de éxito por lo que el PCR actual es aceptable ya que se con un buen seguimiento y monitoreo del componente se puede llegar al escenario optimista.

d) Componente: Diferencial

Tabla 76. Datos de vida diferenciales

Equipo	Paqueteo	Objetivo PCR	Fecha Out	Motivo	Total Horas
CAT-07	CAT325874008	16000	09/04/2017	PCR	15019
CAT-09	CAT325871008	16000	30/01/2016	PCR	15134
CAT-03	CAT325871006	16000	29/08/2014	PCR	15656
CAT-04	CAT325871009	16000	26/10/2014	PCR	15943
CAT-03	CAT325800504	16000	22/01/2017	PCR	16047
CAT-02	CAT325871007	16000	09/08/2014	PCR	16106
CAT-01	CAT325800503	16000	15/10/2016	PCR	16310
CAT-05	CAT325874004	16000	19/12/2017	PCR	16318
CAT-06	CAT325800506	16000	07/09/2017	PCR	16394
CAT-08	CAT325874003	16000	16/12/2017	PCR	16441
CAT-02	CAT325871001	16000	14/03/2017	PCR	16622
CAT-08	CAT325871002	16000	23/06/2015	PCR	17131
CAT-04	CAT325871007	16000	18/06/2017	PCR	17253
CAT-06	CAT325874004	16000	14/03/2015	PCR	17712
CAT-01	CAT325871001	16000	27/04/2014	PCR	18472
CAT-05	CAT325874002	16000	25/05/2015	PCR	18478

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Al cierre del periodo 2017 se cambiaron 16 diferenciales, Los diferenciales son unos de los componentes más confiables, desde el inicio del MARC al final del periodo 2017 no se cambió ningún diferencial por falla, por lo que se puede determinar que a las 16000 horas los diferenciales tienen una probabilidad de 100% de no fallar a continuación se presentan los datos de vida de los diferenciales cambiados

e) Componente: Mandos

A continuación, se analizará los datos de vida de los mandos finales de los cuales 15 se cambiaron por falla siendo el modo de falla deformación del sello Duocone.

Tabla 77. Datos de vida Mandos finales

Equipo	Objetivo PCR	Fecha Out	Motivo	Total Horas	Censura	Modo de falla
CAT-05	16000	19/11/2015	Después de Falla	3386	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-14	16000	17/03/2017	Después de Falla	3939	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-09	16000	11/11/2017	Después de Falla	4854	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-09	16000	16/07/2014	Después de Falla	5142	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-03	16000	02/10/2016	Después de Falla	5618	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-05	16000	30/07/2016	Después de Falla	7519	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-03	16000	26/11/2015	Después de Falla	8505	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-07	16000	11/07/2016	Después de Falla	10495	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-09	16000	25/04/2015	Después de Falla	10518	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-04	16000	14/01/2014	Después de Falla	11075	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-04	16000	14/01/2014	Después de Falla	11075	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-03	16000	10/06/2016	Después de Falla	12133	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-02	16000	22/07/2016	Después de Falla	12640	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-02	16000	22/07/2016	Después de Falla	12640	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-01	16000	25/04/2016	Después de Falla	13217	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-07	16000	09/04/2017	PCR	15019	1	
CAT-03	16000	29/08/2014	PCR	15656	1	
CAT-03	16000	29/08/2014	PCR	15656	1	
CAT-02	16000	09/08/2014	PCR	16106	1	
CAT-02	16000	09/08/2014	PCR	16106	1	
CAT-06	16000	25/08/2017	PCR	16415	1	
CAT-09	16000	13/12/2017	PCR	16516	1	
CAT-09	16000	31/01/2017	PCR	16649	1	
CAT-06	16000	07/09/2017	PCR	16660	1	
CAT-01	16000	20/11/2016	PCR	16942	1	
CAT-08	16000	29/12/2016	PCR	17042	1	
CAT-08	16000	29/12/2016	PCR	17042	1	
CAT-06	16000	26/02/2015	PCR	17446	1	
CAT-06	16000	26/02/2015	PCR	17446	1	
CAT-04	16000	29/09/2016	PCR	17693	1	
CAT-04	16000	29/09/2016	PCR	17693	1	
CAT-05	16000	25/05/2015	PCR	18478	1	
CAT-05	16000	25/05/2015	PCR	18478	1	

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la tabla se muestran los datos de vida de 33 mandos finales cambiados al cierre del periodo 2017, 15 se cambiaron por falla siendo el modo de falla deformación del sello Duocone.

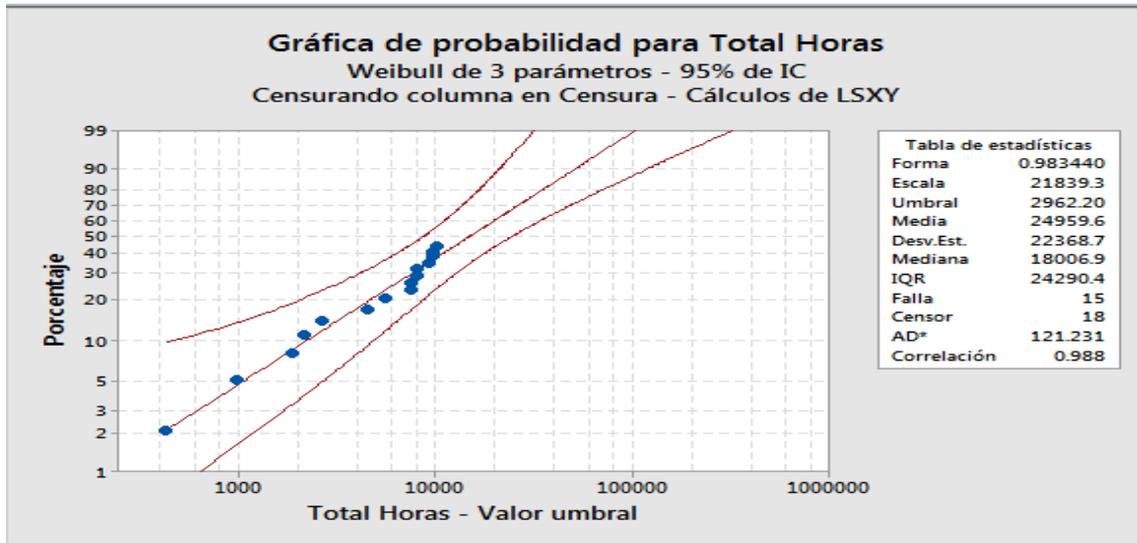


Figura 34. Grafica de probabilidad- Weibull – Mandos finales

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la gráfica Minitab determino que la distribución más adecuada es la weibull de 3 parámetros.

Parámetro	Estimación	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
Forma	0.983440	0.242668	0.606332	1.59509
Escala	21839.3	6440.12	12252.7	38926.7
Valor umbral	2962.20	0	2962.20	2962.20

Tiempo	Probabilidad	IC normal de 95.0%	
		Inferior	Superior
16000	0.547655	0.371788	0.693220

Figura 41. Cálculos con Minitab- Mandos finales

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la imagen se observa los parámetros cálculos y la probabilidad a las 16000 hrs de cambio. Minitab calculo que hay una probabilidad de éxito de 54.76 de cambiar un mando final a las 16000 hrs, en el escenario más optimista hay una probabilidad de 69% de éxito por lo que el PCR actual es aceptable ya que se con un buen seguimiento y monitoreo del componente se puede llegar al escenario optimista

f) Componente: Ruedas

A continuación, se analizará los datos de vida de las ruedas de los cuales 5 se cambiaron por falla siendo el modo de falla deformación del sello Duocone.

Tabla 78. Datos de vida de Ruedas delanteras.

Equipo	Objetivo o PCR	Fecha Out	Motivo	Total Horas	Censura	Modo de falla
CAT-01	18000	06/07/2016	Después de Falla	6934	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-04	18000	01/12/2016	Después de Falla	9797	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-02	18000	24/06/2016	Después de Falla	12267	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-07	18000	21/10/2014	Después de Falla	13319	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-02	18000	29/10/2015	Después de Falla	13685	0	Deformación de sello Duo Cone por temperatura
CAT-03	18000	19/07/2014	PCR	14910	1	
CAT-04	18000	30/09/2014	PCR	15461	1	
CAT-01	18000	15/09/2016	PCR	16034	1	
CAT-03	18000	11/05/2017	PCR	16104	1	
CAT-02	18000	27/08/2014	PCR	16427	1	
CAT-08	18000	29/05/2015	PCR	16673	1	
CAT-08	18000	02/12/2017	PCR	16741	1	
CAT-06	18000	14/10/2015	PCR	17073	1	
CAT-03	18000	13/02/2017	PCR	17119	1	
CAT-03	18000	27/11/2014	PCR	17214	1	
CAT-08	18000	10/02/2017	PCR	18161	1	
CAT-09	18000	17/07/2016	PCR	18306	1	
CAT-07	18000	11/09/2017	PCR	18693	1	
CAT-05	18000	01/08/2015	PCR	19752	1	
CAT-05	18000	01/08/2015	PCR	19752	1	
CAT-04	18000	13/06/2016	PCR	20342	1	
CAT-07	18000	20/03/2016	PCR	22715	1	
CAT-06	18000	09/12/2015	PCR	22769	1	
CAT-01	18000	15/06/2015	PCR	26026	1	

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la tabla se muestran los datos de vida de 24 ruedas cambiadas al cierre del periodo 2017.

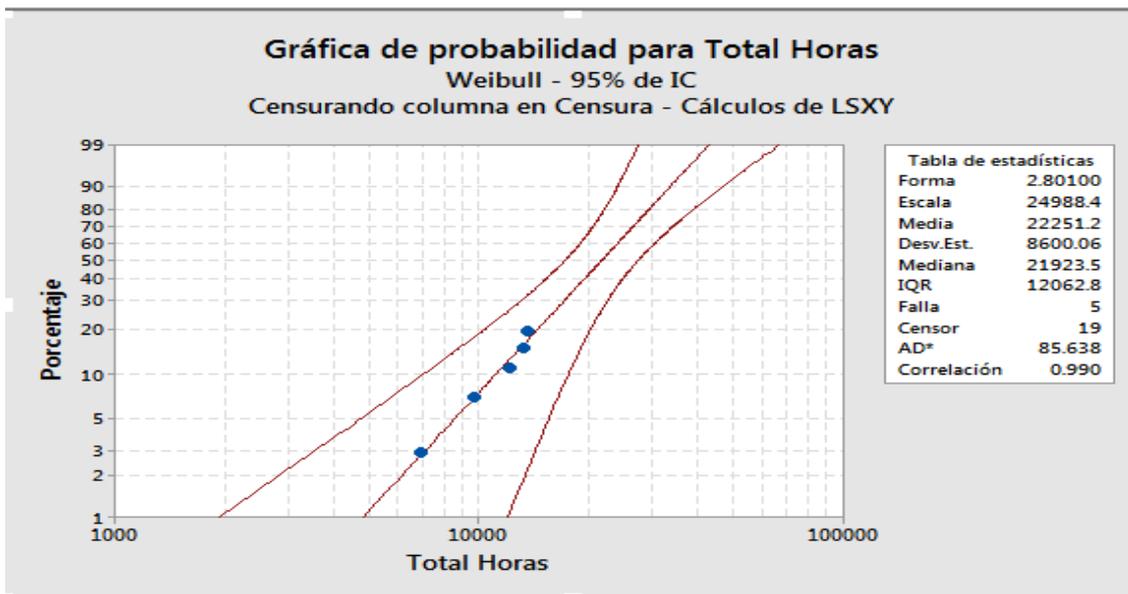


Figura 35. Grafica de probabilidad- Weibull – Ruedas

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la gráfica Minitab determino que la distribución más adecuada es la weibull de 2 parámetros.

```

Distribución: Weibull

Cálculos del parámetro

Parámetro  Estimación  Error estándar  IC normal de 95.0%
Forma      2.80100     0.827168       Inferior Superior
Escala     24988.4     3061.97        19653.3 31771.7

Tabla de probabilidades de supervivencia

Tiempo  Probabilidad  IC normal de 95.0%
16000   0.750613     Inferior Superior
0.514541 0.883518
    
```

Figura 36. Cálculos con Minitab - ruedas

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la imagen se observa los parámetros cálculos y la probabilidad a las 16000 hrs de cambio. Minitab calculo que hay una probabilidad de éxito de 75.06% de cambiar una rueda a las 16000 horas, en el escenario más optimista hay una probabilidad de 88% de éxito por lo que el PCR actual es aceptable ya que se con un buen seguimiento y monitoreo del componente se puede llegar al escenario optimista.

4.2.2. Planes de acción basado en RCM

4.2.2.1. Mejoras organizacionales y de procesos

Para la implementación del RCM en primer lugar se debe establecer el equipo de trabajo que se encarga de su implementación y monitoreo continuo.

Las empresas de clase mundial aplican el RCM y el área encargada de esto es el área de planeamiento y confiabilidad la cual existe en muchas mineras a nivel mundial, por tal motivo el primer paso para lograr el RCM es adecuar el área de planeamiento a la estructura de estas empresas de clase mundial, para esto el área de planeamiento estará a cargo de todos los especialistas de flota y de monitoreo de condiciones.

A continuación, se detalla el organigrama propuesto y aprobado para el año 2018 y 2019.

Se observa que el área de planeamiento ahora está conformada por el jefe de planeamiento, planificadores, asistentes de planeamiento, especialistas y monitoristas.

La jefatura de mantenimiento ahora solo está a cargo de supervisores y estos de técnicos mecánicos y eléctricos

Al igual que el periodo 2017 hay un asistente administrativo que da soporte al equipo del contrato MARC 797F.

ORGANIGRAMA OPERACIÓN TOQUEPALA FESA DIVISIÓN MINERÍA ENERO 2018-2019

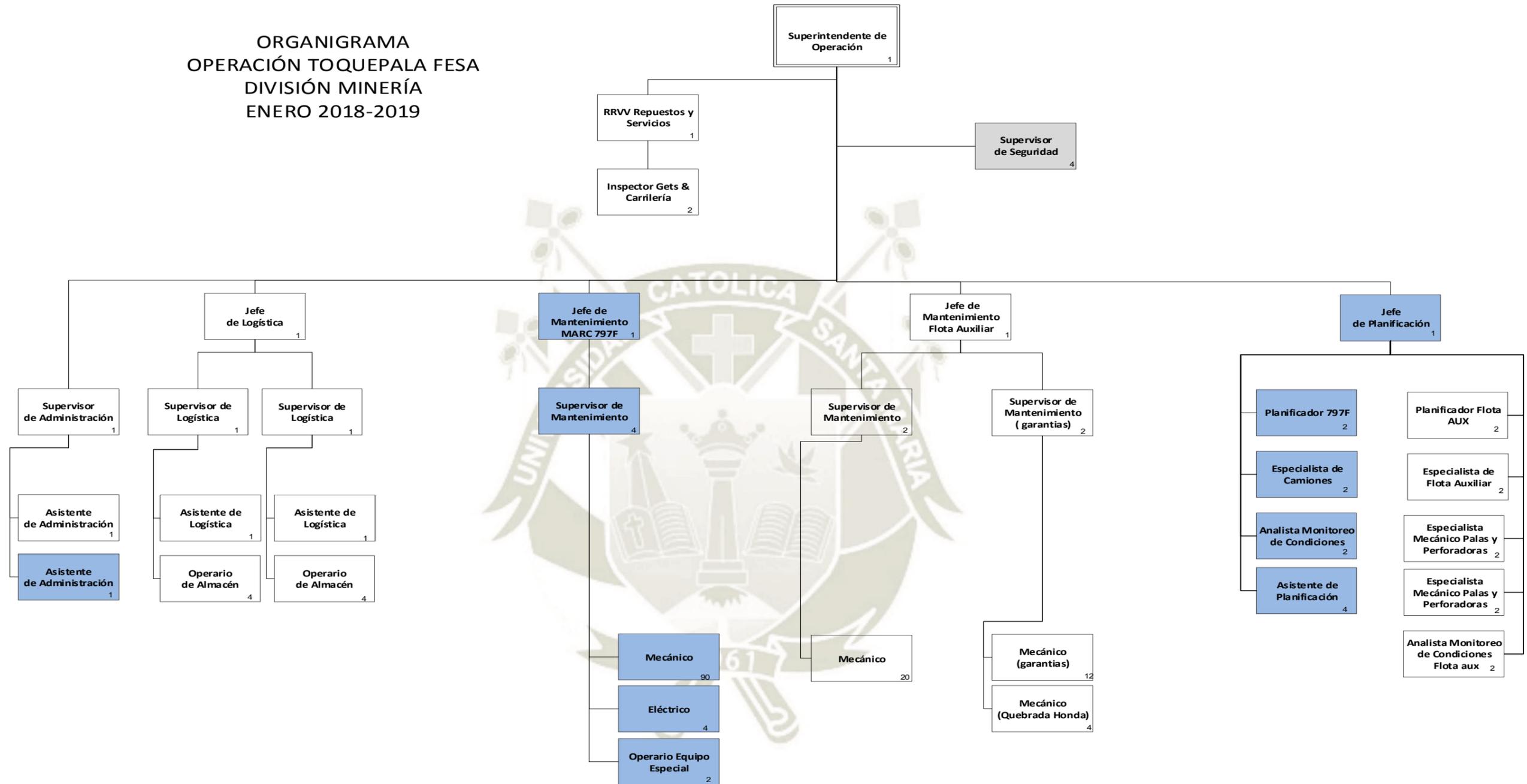


Figura 37. Organigrama Propuesto 2018-2019

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Organigrama periodo 2018-2019 de empresa contratista, en azul se detalla personal exclusivo para el contrato MARC 797F Para la elaboración del nuevo organigrama fue necesario saber la cantidad de equipos nuevos que el cliente iba a adquirir en el periodo 2018.

Tabla 79. Listado de equipos nuevos en el periodo 2018

Descripción del equipo	Código	Entrega de camión	Observación
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 27	CAT-27	01/01/2018	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 28	CAT-28	05/02/2018	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 29	CAT-29	31/01/2018	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 30	CAT-30	01/03/2018	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 31	CAT-31	15/02/2018	Permanente
Camión de Acarreo Caterpillar 797F N° 32	CAT-32	22/02/2018	Permanente

Fuente: Elaboración propia

Comentario: También se retiraría de la operación el camión CAT 21 debido a que su contrato fue temporal solo hasta que termine el periodo 2017. Entonces la cantidad requerida de personal para el periodo 2018 – 2019 debe soportar una flota de 31 camiones 797F.

Tabla 80. Resumen de personal contrato MARC del periodo 2018-2019

Área	Centro de Costo	Puesto	Cantidad	Guardia	Jefe directo
Planeamiento	Marc 797F	Jefe de Planificación	1	5X2	Superintendente
	Marc 797F	Planificador 797F	2	8x6	Jefe de Planificación
	Marc 797F	Analista de Monitoreo de Condiciones	2	8x6	Jefe de Planificación
	Marc 797F	Especialista de Camiones	2	8x6	Jefe de Planificación
	Marc 797F	Asistente de planificación (Programador)	4	8x6	Planificador 797F
	Marc 797F	Asistente de planificación	4	8x6	Planificador 797F
Mantenimiento	Marc 797F	Jefe de Mantenimiento	1	5X2	Superintendente
	Marc 797F	Supervisor de Mantenimiento	4	8x6	Jefe de Mantenimiento
	Marc 797F	Técnico Mecánico	90	8x6	Supervisor
	Marc 797F	Técnico Eléctrico	4	8x6	Supervisor
	Marc 797F	Operador de Equipo especial	2	8x6	Supervisor
Administración	Marc 797F	Asistente de Administración	1	5x2	supervisor de administración
Total			117		

Fuente: elaboración propia

Comentario: Se detalla el personal encargado del contrato MARC 797F, Una vez conformado el nuevo equipo de trabajo es necesario detallar las funciones que cumplirán estos para el sostenimiento del área y la aplicación y seguimiento del RCM.

Tabla 81. Resumen de organigrama del periodo 2018-2019

Área	Centro de Costo	Puesto	Cantidad
Súper Intendencia	Súper Intendencia	Súper Intendente	1
Comercial	Comercial	RRW Repuestos y servicios	1
	Comercial	Inspector de Gets y carrilería	2
Seguridad	Seguridad	Supervisor de Seguridad	4
Planeamiento	Marc 797F	Jefe de Planificación	1
	Marc 797F	Planificador 797F	2
	Marc 797F	Analista de Monitoreo de Condiciones	2
	Marc 797F	Especialista de Camiones	2
	Marc 797F	Asistente de planificación	4
	Marc Flota Aux	Planificador	2
	Marc Flota Aux	Especialista de flota	2
	Palas	Especialista mecánico	2
	Palas	Especialista Eléctrico	2
	Garantías	Analista de Monitoreo de Condiciones	2
Mantenimiento	Marc 797F	Jefe de Mantenimiento	1
	Marc 797F	Supervisor de Mantenimiento	4
	Marc 797F	Técnico Mecánico	90
	Marc 797F	Técnico Eléctrico	4
	Marc 797F	Operador de Equipo especial	2
	Marc Flota Aux	Jefe de Mantenimiento	1
	Marc Flota Aux	Supervisor de Mantenimiento	2
	garantías	Supervisor de Mantenimiento	2
	Marc Flota Aux	Técnico Mecánico	20
	garantías	Técnico Mecánico	12
	garantías	Técnico Mecánico QH	4
Logística	Logística	Jefe de Logística	1
	Logística	Supervisor de Logística	2
	Logística	Asistente de Logística	2
	Logística	Operario de almacén	8
Administración	Administración	Supervisor de Administración	1
	Marc 797F	Asistente de Administración	1
	Administración	Asistente de Administración	1
Total			187

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se detalla la cantidad de personal por áreas, Dado el incremento de equipos en el periodo 2018, fue necesaria la contratación de más personal técnico, de 52 técnicos mecánicos a 90, a continuación, se detalla el personal encargado de la estrategia RCM todos pertenecientes ahora al área de planeamiento y mantenimiento.

A continuación, se detalla el MOF del personal de planeamiento.

a) **Jefe de Planeamiento.**

Tabla 82. Funciones del Jefe de Planeamiento

Cargo:	Jefe de planeamiento
Operación:	Mina Toquepala
Cumplimientos de seguridad	
1	Cumplir con todas las normas y procedimientos de seguridad relacionados a sus funciones , a los estándares del cliente y empresa contratista
2	Asegurar la buena imagen (Uniforme , chaleco, casco , botas, guantes, lentes, etc.) limpios y en buen estado
3	Asegurar su asistencia en la charla de seguridad de inicio de guardia y en las charlas diarias de 5 minutos
4	Mantener limpias, ordenadas y libres de contaminación su respectiva área de trabajo
Funciones específicas	
1	Aprobación de estrategias de mantenimiento para mejoras en nivel de servicio
2	Aprobación de informes de mantenimiento
3	Aprobación de Presupuestos de reparación de componentes
4	Aprobación de backlogs en AMT
5	Elaboración de informes KPI´s gerenciales hacia el cliente y empresa contratista
6	Responsables de estrategias de confiabilidad de equipos RCM
7	Responsable de integrar a todo el equipo de planeamiento para logro de objetivos
8	Responsable de elaboración de presupuestos anuales OPEX y CAPEX
Entregables	
1	Informe de gestión mensual, trimestral y Anual e informes para directorio cliente y empresa contratista
Dependencia Jerárquica	
1	Superintendente de Operación
Requisitos del puesto	
1	Bachiller o titulado en Ingeniería Industrial , mecánica o eléctrica ; Técnico mecánico, eléctrico
2	Experiencia de 3 año en labores similares
3	Cursos de especialización en gestión del mantenimiento
4	Conocimientos de maquinaria pesada
Habilidades	
1	Liderazgo
2	Enfoque al cliente
3	Trabajo en equipo
4	Iniciativa
5	Comunicación eficaz

Fuente. Elaboración propia.

Comentario: En la tabla se detalla las funciones del jefe de planeamiento, cuyas responsabilidades principales son las dirigir y aprobar los planes RCM para la mejora de la gestión del mantenimiento.

b) Planificador.

Tabla 83. Funciones del Planificador

Cargo:	Planificador
Operación:	Mina Toquepala
Cumplimientos de seguridad	
1	Cumplir con todas las normas y procedimientos de seguridad relacionados a sus funciones , a los estándares del cliente y la empresa contratista
2	Asegurar la buena imagen (Uniforme , chaleco, casco , botas, guantes, lentes, etc.) limpios y en buen estado
3	Asegurar su asistencia en la charla de seguridad de inicio de guardia y en las charlas diarias de 5 minutos
4	Mantener limpias, ordenadas y libres de contaminación su respectiva área de trabajo
Funciones específicas	
1	Elaborar el programa semanal , mensual y anual de cambio de componentes mayores en coordinación con el programador y planner central
2	Actualizar el cambio de componentes mayores en AMT
3	Llevar el control de cambio de componentes menores
4	Actualizar permanentemente la estrategia en coordinación con planeamiento central
5	Asegurar que los files de PM contengan: carta Gantt(programador), Procedimientos (especialista), procedimientos de seguridad (seguridad), formatos de evaluación (especialista), Check list de lavado y de calidad (monitorista), listado de backlogs generados (programador).
6	Revisar que las solicitudes de generación de backlogs cuenten con toda la información (fotos, partes, detalle, etc.)antes de aperturar las OT's en AMT
7	Realizar el seguimiento de repuestos de OT's por garantía como reservas para su programación y ejecución
8	Solicitar y coordinar los pedidos por emergencia con el área de almacén
9	Realizar el seguimiento y control de aplicación de mejoras a la flota
10	Participar en la reunión semanal de planeamiento con el cliente
11	Elaborar solicitud de servicio de reparación de componentes
12	Coordinar con almacén el transporte de componentes a reparar en talleres.
13	Llevar el control y seguimiento de los componentes enviados a reparación
14	Actualizar parque de máquinas en caso de inclusión de equipos nuevos o equipos dados de baja
15	Apoyar a la jefatura de planeamiento al cierre de reclamos hechos por el cliente
16	Participar en la elaboración del presupuesto anual OPEX y CAPEX
17	Auditar la calidad de información del AMT
18	Definir y reclamar ordenes de trabajo por garantías
19	Elaborar reporte mensual de planeamiento
20	Aperturar y cerrar OT's mensuales de soporte al contrato
21	Asegurar los componentes en piso para los cambios programados de estos
22	Proteger stock de repuestos críticos en coordinación con almacén
23	Revisar y aprobar presupuesto de reparación de componentes emitidos por el CRC
24	Realizar el análisis de los KPI's y plantear planes de acción
Entregables	
1	Plan de cambio de componentes mensual y anual
2	Control de horas de componentes mayores y menores
3	Estado de reparación de componentes
4	Informe de gestión mensual
5	Reporte semanal de reclamo de garantías
6	Reporte semanal de envío de componentes a taller
Dependencia Jerárquica	
1	Jefe de Planeamiento
Requisitos del puesto	
1	Bachiller o titulado en Ingeniería Industrial , mecánica o eléctrica ; Técnico mecánico, eléctrico
2	Experiencia de 3 año en labores similares
3	Cursos de especialización en gestión del mantenimiento
4	Conocimientos de maquinaria pesada
Habilidades	
1	Liderazgo
2	Enfoque al cliente
3	Trabajo en equipo
4	Iniciativa
5	Comunicación eficaz

Fuente. Elaboración propia.

Comentario: En la tabla se detalla las funciones del planificador, cuyas responsabilidades principales son la planificación a largo plazo y la apertura de órdenes de trabajo en los sistemas .

c) Especialista de flota.

Tabla 84. Funciones del Especialista de flota.

Cargo:	Especialista de flota
Operación:	Mina Toquepala
Cumplimientos de seguridad	
1	Cumplir con todas las normas y procedimientos de seguridad relacionados a sus funciones , a los estándares del cliente y la empresa.
2	Asegurar la buena imagen (Uniforme , chaleco, casco , botas, guantes, lentes, etc.) limpios y en buen estado
3	Asegurar su asistencia en la charla de seguridad de inicio de guardia y en las charlas diarias de 5 minutos
4	Mantener limpias, ordenadas y libres de contaminación su respectiva área de trabajo
Funciones específicas	
1	Asegurar que la información que ingresa al AMT el personal técnico sea de calidad.
2	Realizar el reporte semanal; estado de AFAs, análisis de data de parada de equipos, Top Ten y planes de acción.
3	Informar problemas técnicos en los equipos al Ingeniero de Soporte Central.
4	Participar en el cumplimiento de tareas específicas indicados por el área de Soporte Técnico Centralizado.
5	Asegurar la correcta aplicación de los procedimientos específicos de diagnóstico y reparaciones en campo y taller por parte de nuestros técnicos.
6	Asegurar la entrega, control y actualización de la información técnica en la operación tanto de consulta como de utilización en taller asegurando que sigan las guías y especificaciones del fabricante, como por ejemplo los checklist del PM, evaluaciones, etc.
7	Asegurar que la información técnica nueva, procedimientos y otros sean publicados, difundidos y aplicados correctamente en el mantenimiento o reparación.
8	Dar aviso oportuno al Ingeniero de Soporte Central cuando los procedimientos de Diagnostico o Ejecución de algún trabajo no existen y/o no son claros para su desarrollo.
9	Elaborar los reclamos Goodwill e ingresarlos en el FTS.
10	Participar aleatoriamente en las inspecciones de PM para verificar la correcta identificación de problemas. Brindar retroalimentación a los Jefes, Supervisores y técnicos encargados de la tarea.
11	Soporte técnico para diagnóstico de fallas, partes necesarias para reparaciones y R&I.
12	Elaborar el reporte de Pre-AFAs, registrarlo en el Sistema FTS, hacer el seguimiento de los AFAs, ver la situación de los componentes, revisión de AFAs, llevar un registro interno de AFAs.
13	Revisar los sustentos respectivos a las órdenes de trabajo realizadas por el área de mantenimiento para su posterior facturación.
14	Elaboración del Service Report.
15	Coordinar el envío a fabrica de los repuestos y componentes que sean requeridos para investigación por causa de problema de producto.
16	Administración y custodia de partes y componentes menores reclamables a fábrica o que necesiten reparación hasta que salga de reclamo.
17	Realizar el checklist y evaluación de los cores para la devolución a fabrica.
18	Difundir el BIT, SM, SI, NPR con el cliente en reuniones quincenales.
19	Asesoría técnica al cliente en números de parte, procedimientos de reparación, etc.
20	Comunicación constante con el área de Soporte Lima.
21	Asegurar o ingresar las tareas estratégicas en el AMT.
22	Elaboración de reportes para los reclamos al seguro.
23	Realizar trimestralmente 01 proyecto de mejora continua en su área.
Entregables	
1	Top Five de fallas mensual
2	Plan de acción en base a Top Five
3	Reporte semanal de seguimiento de mejoras
Dependencia Jerárquica	
1	Jefe de Planeamiento
Requisitos del puesto	
1	Bachiller o titulado en Ingeniería Industrial , mecánica o eléctrica ; Técnico mecánico, eléctrico
2	Experiencia de 3 año en labores similares
3	Cursos de especialización en gestión del mantenimiento
4	Conocimientos de maquinaria pesada
Habilidades	
1	Liderazgo
2	Enfoque al cliente
3	Trabajo en equipo
4	Iniciativa
5	Comunicación eficaz

Fuente. Elaboración propia.

Comentario: En la tabla se detalla las funciones del especialista, cuya función principal es brindar soporte del producto.

d) Asistente de planeamiento.

Tabla 85. Funciones del Asistente de planeamiento.

Cargo:	Asistente de Planeamiento
Operación:	Mina Toquepala
Cumplimientos de seguridad	
1	Cumplir con todas las normas y procedimientos de seguridad relacionados a sus funciones , a los estándares del cliente y la empresa.
2	Asegurar la buena imagen (Uniforme , chaleco, casco , botas, guantes, lentes, etc.) limpios y en buen estado
3	Asegurar su asistencia en la charla de seguridad de inicio de guardia y en las charlas diarias de 5 minutos
4	Mantener limpias, ordenadas y libres de contaminación su respectiva área de trabajo
Funciones específicas	
1	Recepcionar llamadas del M10 (Jefe de turno mina) sobre la paradas de equipos en mina y comunicar.
2	Comunicar al cliente cuando el equipo está operativo después de un mantenimiento
3	Recepcionar llamadas del M10 (Jefe de turno mina) sobre las paradas de equipos en mina y comunicar a los supervisores de turno
4	Reportar las paradas NO PROGRAMADAS a las jefaturas
5	Llevar el control de los trabajos programados (tiempos)
6	Llevar el control del estado de las paradas
7	Asegurar el correcto relevo en los cambios de guardia
8	Llevar el control diario de las paradas de equipos para las conciliación y calculo posterior de la disponibilidad
9	Generar OTS no programadas en el AMT y proveer al supervisor los procedimientos del fabricante para la ejecución de los trabajos en campo o en taller
10	Ingresar el reporte de los trabajos al AMT y SAP
11	Asegurar el correcto llenado del feedback de las OTS en el AMT
12	Coordinar con el cliente y jefe de mantenimiento el apoyo de facilidades para la ejecución de los trabajos (grúas , montacargas, camión lubricador, etc.)
13	Coordinar con almacén la atención oportuna de repuestos para trabajos en campo o taller
14	Absolver consultas de cobertura de garantías de las intervenciones no programadas
15	Carga de horómetros de las maquinas en el AMT a Diario
16	Realizar reporte del estado de los repuestos de las OTS
17	Generar avisos y ordenes de tareas programadas y no programadas en SAP
18	Control de notificaciones y cierre técnico de órdenes y avisos
19	Ingreso de paradas por enllantes al AMT
20	Revisión y envío de reportes de llenado de feedback a las jefaturas
21	Pedido de repuestos para mantenimientos correctivos en SAP
22	Armar fólderes de mantenimiento preventivo
23	Solicitud de repuestos para los mantenimientos preventivos en SAP
24	Pedido de repuestos de OT's por garantías
25	Carga diaria de los eventos en AMT
26	Carga diaria de tonelaje y horómetros de palas y perforadoras
27	Reporte diario de equipos parados
28	Carga diaria y conciliación de SIO LA MINERA a sistema de la empresa
Entregables	
1	Reporte diario de paradas
2	Reporte de KPI's a jefaturas
3	Reporte semanal de eventos relevantes
Dependencia Jerárquica	
1	Planificador
Requisitos del puesto	
1	Bachiller o titulado en Ingeniería Industrial , mecánica o eléctrica ; Técnico mecánico, eléctrico
2	Experiencia de 1 año en labores similares
3	Cursos de especialización en gestión del mantenimiento
4	Conocimientos de maquinaria pesada
Habilidades	
1	Liderazgo
2	Enfoque al cliente
3	Trabajo en equipo
4	Iniciativa
5	Comunicación eficaz

Fuente. Elaboración propia.

Comentario: En la tabla se detalla las funciones del especialista, cuya función principal es brindar soporte al área de planeamiento.

e) Programador.

Tabla 86. Funciones del Programador.

Cargo:	Programador
Operación:	Mina Toquepala
Cumplimientos de seguridad	
1	Cumplir con todas las normas y procedimientos de seguridad relacionados a sus funciones , a los estándares del cliente y la empresa.
2	Asegurar la buena imagen (Uniforme , chaleco, casco , botas, guantes, lentes, etc.) limpios y en buen estado
3	Asegurar su asistencia en la charla de seguridad de inicio de guardia y en las charlas diarias de 5 minutos
4	Mantener limpias, ordenadas y libres de contaminación su respectiva área de trabajo
Funciones específicas	
1	Revisión del cumplimiento de backlogs programados en el Gantt de trabajo
2	Actualizar la información de los trabajos programados en AMT
3	Revisar y hacer cumplir el llenado de información de las tareas en AMT
4	Apoyar al planner en la revisión de backlogs generados
5	Llevar el control y orden del container de baklogs
6	Generar el Gantt y plan de trabajo
7	Realizar la entrega de backlogs según Gantt
8	Revisión de folder de trabajo culminados
9	Recepcionar los repuestos de los trabajos que no se ejecutaron para su posterior reprogramación
10	Aperturar los eventos de mantenimiento programado en el AMT En coordinación con el planner para la programación de tareas
11	Generar y enviar el programa tentativo de mantenimiento al cliente
12	Revisión que la carga de horómetros se encuentre de manera correcta en el AMT
13	Enviar la programación de despacho de backlogs generados a almacén
14	Hacer seguimiento a la ejecución de los backlogs programados
15	Realizar la programación y seguimiento de elementos de desgaste GETS
16	Realizar el ajuste diario de la programación de mantenimiento
17	Enviar la programación diaria de trabajos
18	Realizar la devolución de repuestos a almacén en caso de error de pedidos
19	Registrar en MAT los cambios de componentes mayores y menores
20	Elaborar el reporte semanal de gestión para el cliente
Entregables	
1	Informe de gestión semanal (Precisión de servicio , Backlogs programados VS Ejecutados)
2	Plan de mantenimiento diario y diagrama de Gantt
3	Plan de mantenimiento semanal y quincenal
4	Estado de backlogs
Dependencia Jerárquica	
1	Planificador
Requisitos del puesto	
1	Bachiller o titulado en Ingeniería Industrial , mecánica o eléctrica ; Técnico mecánico, eléctrico
2	Experiencia de 3 año en labores similares
3	Cursos de especialización en gestión del mantenimiento
4	Conocimientos de maquinaria pesada
Habilidades	
1	Liderazgo
2	Enfoque al cliente
3	Trabajo en equipo
4	Iniciativa
5	Comunicación eficaz

Fuente. Elaboración propia.

Comentario: En la tabla se detalla las funciones del especialista, cuya función principal es la de planificación a corto plazo del mantenimiento de los camiones 797F, sus funciones son la programación del mantenimiento y asegurar todos los repuestos y recursos para la ejecución de estos.

f) Analista de monitoreo.

Tabla 87. Funciones del Analista de monitoreo.

Cargo:	Analista de monitoreo
Operación:	Mina Toquepala
Cumplimientos de seguridad	
1	Cumplir con todas las normas y procedimientos de seguridad relacionados a sus funciones , a los estándares del cliente y la empresa.
2	Asegurar la buena imagen (Uniforme , chaleco, casco , botas, guantes, lentes, etc.) limpios y en buen estado
3	Asegurar su asistencia en la charla de seguridad de inicio de guardia y en las charlas diarias de 5 minutos
4	Mantener limpias, ordenadas y libres de contaminación su respectiva área de trabajo
Funciones específicas	
1	Recolectar muestras de fluidos, documentar con fotos, estado de rejillas, tapones, filtros y luego cargarlas al FMMS y AMT.
2	Gestión y tramite de envío de muestras al laboratorio de SOS Lima para componentes en garantía, lo que este fuera de garantía entregar a la minera y hacer seguimiento hasta la llegada de los resultados tanto a FSA como a LA MINERA.
3	Carga de archivos VIMS y ESTADO DE PRODUCTO, descargados manualmente al FMMS y AMT.
4	Realizar mediciones de caminos para análisis FPO mensuales (Fleet Productivity Optimization) por parte del Analista de Monitoreo I Central.
5	Revisar la carta GANTT un día antes del PM con el Analista de Planeamiento, Especialista de Flota, Supervisores y Jefe de Contrato.
6	Realizar la supervisión y/o soporte de inspecciones de Pre-PM, PM según la programación de planeamiento.
7	Ingresar al AMT la data de pruebas (Test de Rendimiento) y evaluaciones captadas durante los
8	PMs o paradas no programadas.
9	Abrir tareas a solicitud del Especialista Flota relacionadas a Monitoreo.
10	Llevar control de cambios y rellenos de aceite de flota por mantenimientos programados y monitoreo de condiciones en campo.
11	Envíos mensuales de fluidos nuevos al laboratorio (aceites, refrigerante, combustible), llevar control en Excel.
12	Generar tareas de VIMS y SOS específicas por resultados anormales en las muestras de aceites, tapones, rejillas, filtros, inspecciones y pruebas de rendimiento en el AMT.
13	Digitalizar (foto) información de pruebas de rendimiento y cargarlas al AMT y FMMS.
14	En casos de problemas de producto fuera de garantía, generar planes de acción para trabajarlos en conjunto con el cliente y con monitoreo central.
15	Seguimiento a lo9s eventos de mala operación y enviar información de acciones a tomar al Analista de Monitoreo I para su análisis.
16	Debe llevar el control de que la maleta de monitoreo, cuente con los frascos, tapones, rejillas, tomas rápidas, etc. Al inicio del PM y al termino del PM.
17	Capacitación del personal técnico encargado de las tomas de muestras de aceite, filtros, rejillas, tapones, descarga de estado de producto, ECM replacement, descarga de VIMS y etiquetado de muestras para envío al laboratorio.
18	Instalación y mantenimiento (cambio de filtros) de dializadores y equipos de monitoreo (contador de partículas, videoscopio, maleta, etc.)
19	Instalación y mantenimiento de modem inalámbrico, para asegurar la recepción vía remota de las descargas de VIMS.
20	Realizar eventuales trabajos en campo, según la necesidad de las evaluaciones coordinadas por monitoreo Centralizado (Ej. Pruebas con ET, VIMS, Toma de muestras SOS, inspección de líquidos penetrantes, ultrasonido), con apoyo de mantenimiento.
21	Implementación de control de contaminación.
22	Llevar el control del ISO Code de los equipos de diálisis antes y después.
23	Actualizar diariamente el formato de “Rutinas de monitoreo de condiciones” para el control de indicadores.
24	Control diario de reporte de eventos y tendencias de los equipos CAT generados por MONITOREO CENTRAL, generando reportes de condición y planes de acción nivel I y II.
25	Revisión, gestión de compra de repuestos (LA MINERA) y control en AMT de los backlogs por evaluaciones y reparaciones generales de los equipos CAT.
26	Gestión de backlogs por la compra de repuestos “KIT” para cambio de componentes mayores y menores por PCR.
27	Elaboración del reporte mensual en cuanto a la sección de monitoreo de condiciones de flota de equipos CAT.
28	Asistencia a reuniones semanales con el cliente; para coordinación de trabajos con el área de planeamiento, mantenimiento y predictivo del cliente.
Entregables	
1	Hotsheet de flota (Salud de componentes)
2	Reportes FPO
3	Reporte mensual de monitoreo de condiciones.
Dependencia Jerárquica	
1	Jefe de Planeamiento
Requisitos del puesto	
1	Bachiller o titulado en Ingeniería Industrial , mecánica o eléctrica ; Técnico mecánico, eléctrico
2	Experiencia de 3 año en labores similares
3	Cursos de especialización en gestión del mantenimiento
4	Conocimientos de maquinaria pesada
Habilidades	
1	Liderazgo
2	Enfoque al cliente
3	Trabajo en equipo
4	Iniciativa
5	Comunicación eficaz

Fuente. Elaboración propia.

Comentario: En la tabla se detalla las funciones del Analista de monitoreo, cuya función principal es la de brindar soporte de las condiciones de los equipos gracias al monitoreo constante de los equipos y de técnicas de mantenimiento preventivo.

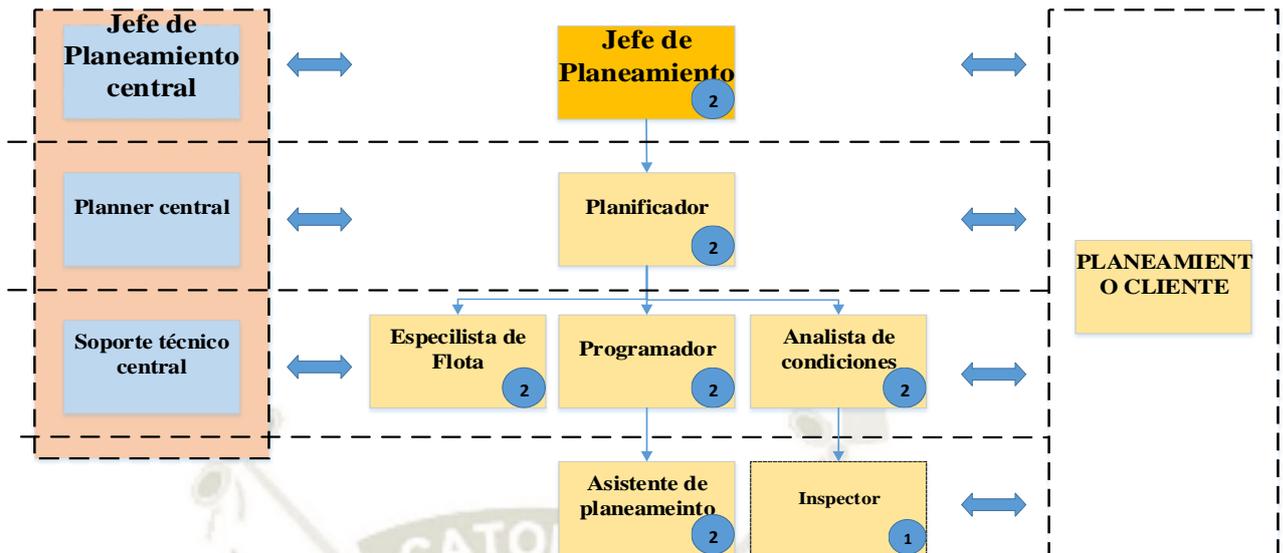


Figura 38. Organigrama Matricial de planeamiento 2018-2019

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Para la implementación del RCM es necesario que se trabaje de la mano con el cliente y las áreas de soporte de la empresa contratista. La colaboración del cliente es muy importante para el logro de nuestros objetivos ya que tramites ágiles y respectivas aprobaciones por parte de este son vitales para la rápida solución de problemas en temas de reparación de equipos y de todas las gestiones para la mejora de la confiabilidad de estos. La cooperación entre las áreas de soporte de la empresa contratista con el área de planeamiento de la operación también es vital, la operación en mina debe recibir el constante feedback y soporte de planeamiento y soporte técnico central para la implementación de mejoras a los equipos, implementación de nuevos KPI's, mejora de procesos, mejoras tecnológicas y revisión de la re portabilidad de los sistemas de la empresa.

Una vez definidos el personal encargado de la aplicación del RCM, sus funciones y como se interrelacionan con el cliente y soporte central de la empresa contratista, es necesario revisar y corregir los principales procesos para lograr nuestro objetivo

A.-Mantenimiento Preventivo (corto plazo)

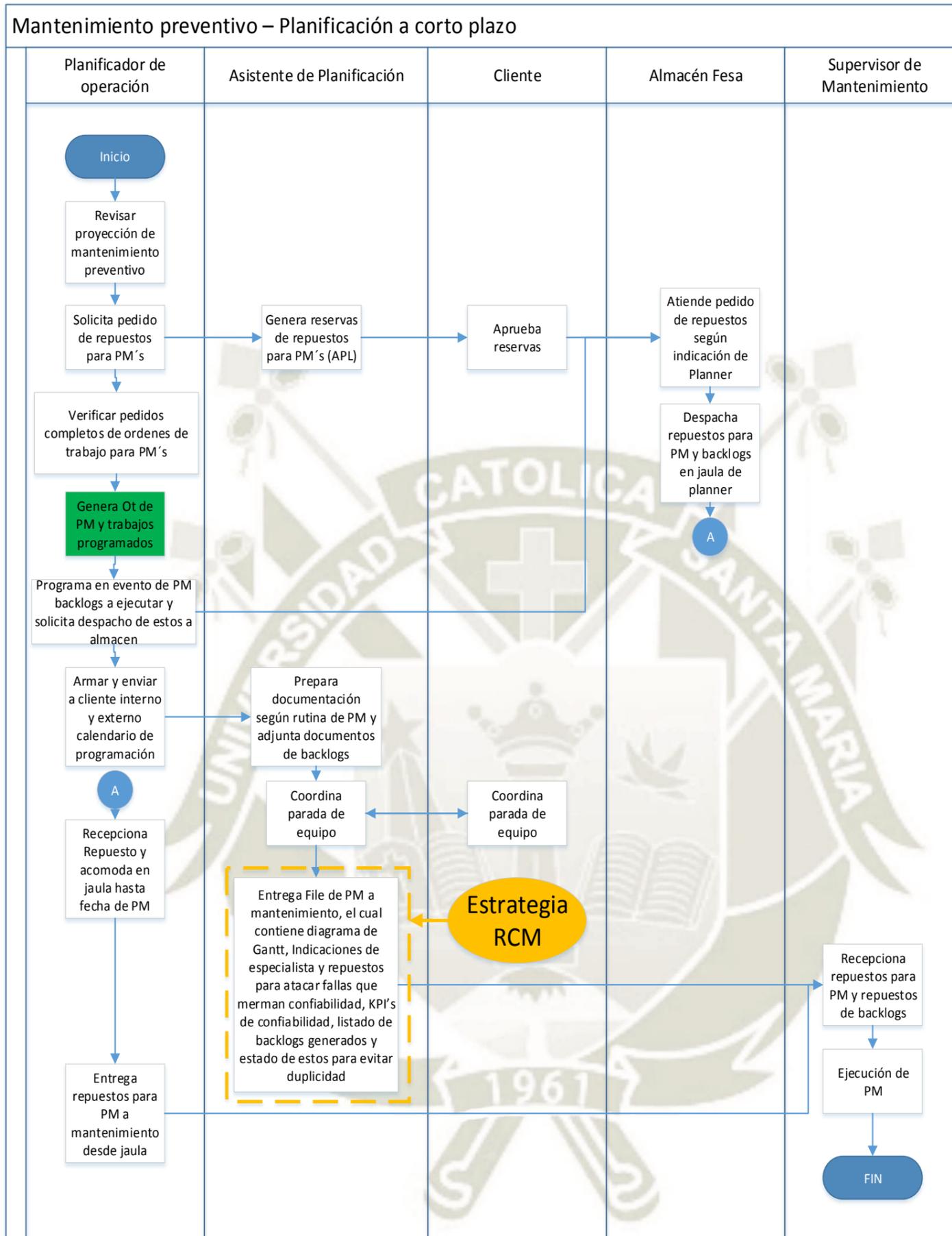


Figura 39. Flujograma de Mantenimiento preventivo – Planificación a corto plazo

Fuente: Elaboración propia

Comentario: El procedimiento nuevo respecto al anterior del periodo 2017 no varía ya que es el estándar en todas las operaciones de la empresa contratista sin embargo se potencia la documentación entregada a mantenimiento para la ejecución del PM, Este nuevo File contiene:

- Diagrama de Gantt
- Indicaciones de especialista en base Top Five para corregir fallas que merman la confiabilidad.
- Kpi's de disponibilidad y confiabilidad de los últimos seis meses del equipo para evaluación del supervisor y personal técnico.
- Listado de backlogs en proceso, ya que se observó que había mucha duplicidad, con este reporte el técnico evita pedir nuevamente repuestos para la misma falla

B.-Mantenimiento Predictivo (Generación de backlogs según la condición del equipo)

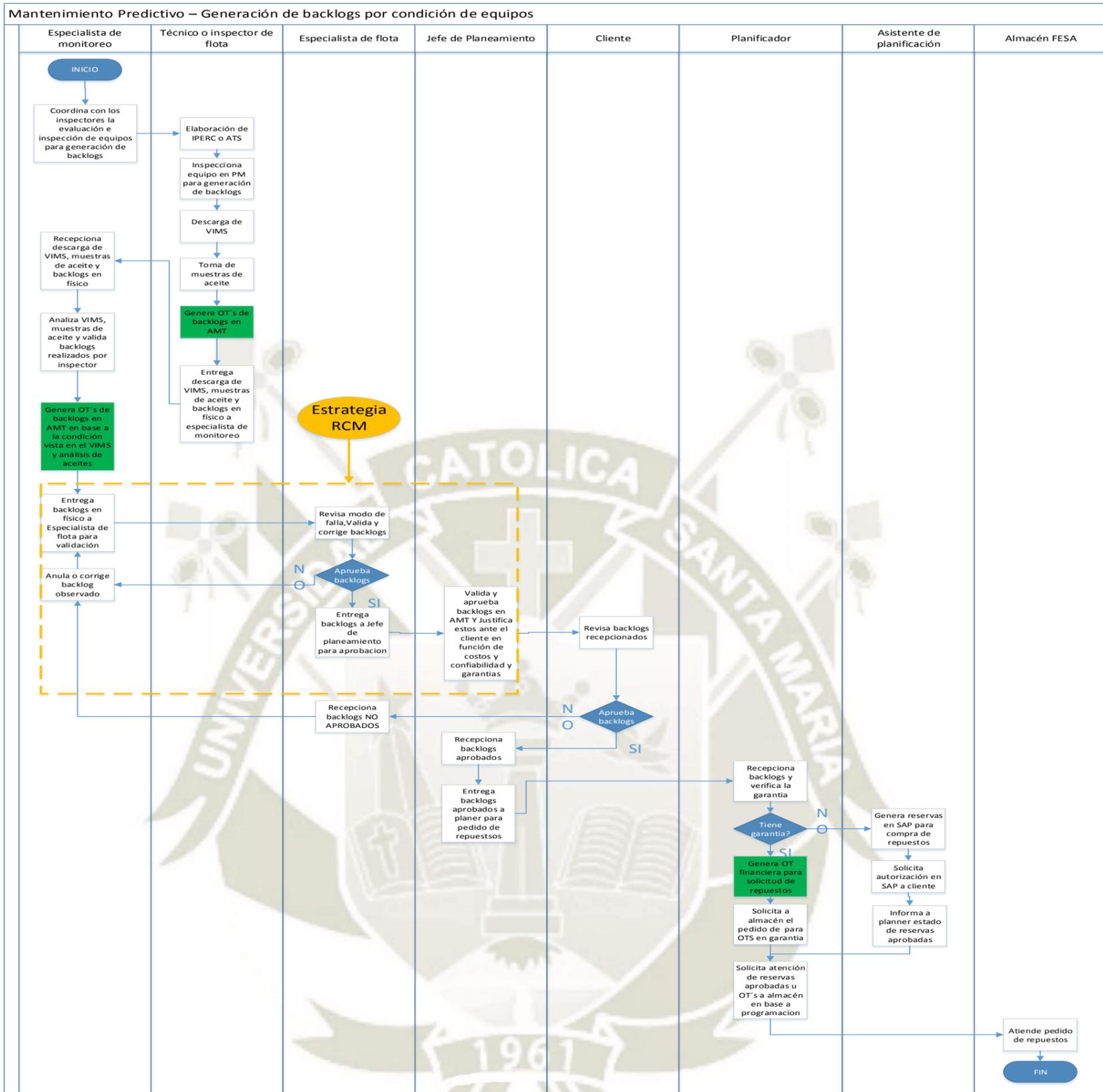


Figura 40. Flujograma de Mantenimiento predictivo – Generación de backlogs por condición de equipo

Fuente: Elaboración propia

Comentario: El proceso nuevo es parecido al anterior, la diferencia es que los backlogs una vez elaborados y revisados por el especialista de monitoreo estos son entregados al especialista de flota para su revisión y corrección, esto con fin de que se determine el verdadero modo de falla de los eventos observados, después los backlogs serán aprobados por el jefe de planeamiento y él se encargara de sustentar al cliente la aprobación de estos, sustentara la compra y costo de los repuestos.

Esta es una estrategia muy importante para lograr nuestro objetivo ya que los backlogs que se generaban anteriormente se tenía la percepción que no eran de calidad , porque eran aplicados y las fallas continuaban, con el feedback del especialista se logra determinar el verdadero modo de falla y nos aseguramos que las fallas encontradas sean corregidas y no se vuelvan a repetir en el corto plazo, algunas veces la correcciones de las fallas tienen costos muy elevados y el cliente optaba por no aprobar el backlogs y darles otras soluciones a las fallas que solo eran temporales, el aporte del jefe de planeamiento para la aprobación de estos también es importante ya que asegura que el cliente compre los repuestos necesarios para eliminar la falla y mejorar la confiabilidad

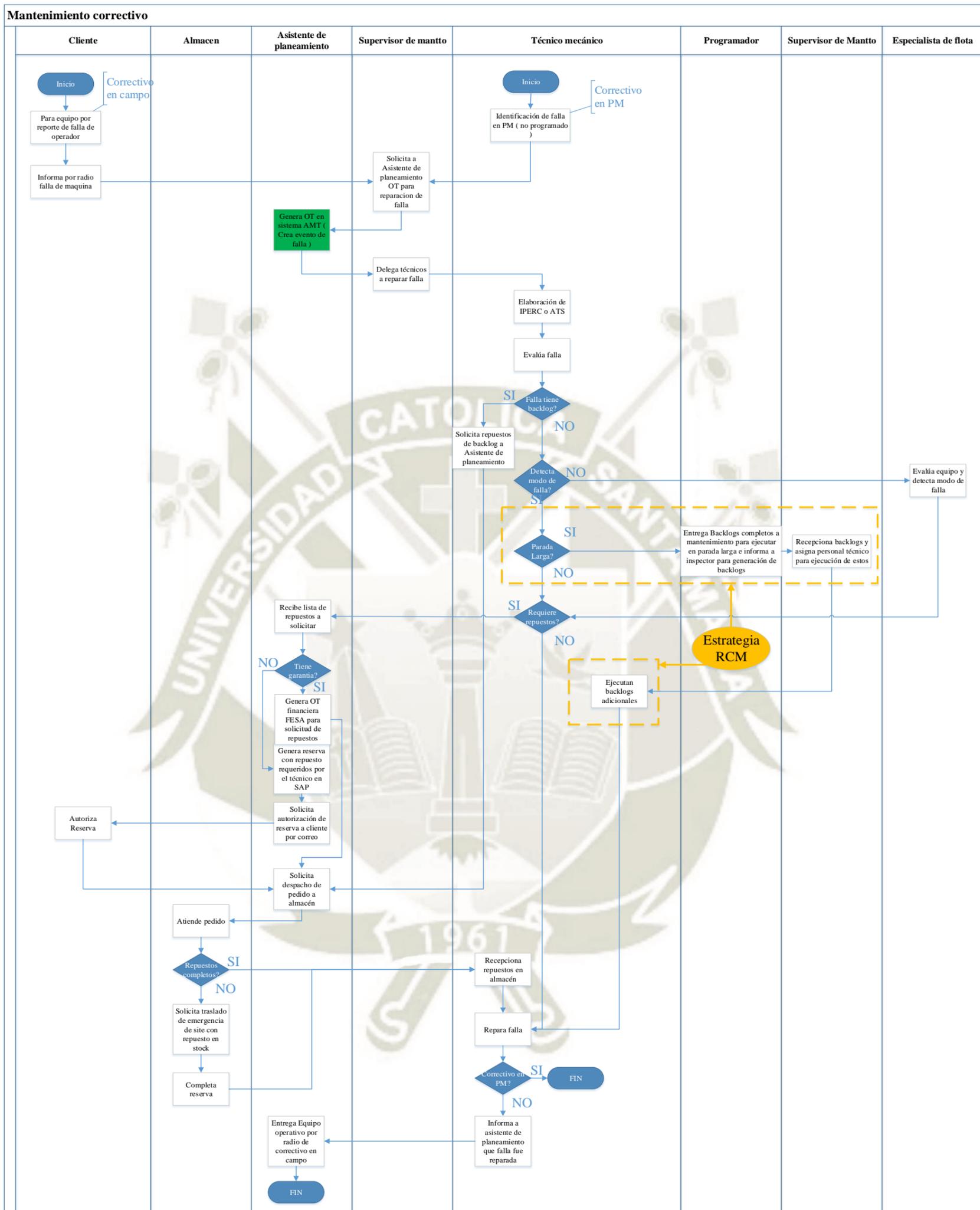


Figura 41. Flujograma de Mantenimiento correctivo

Fuente: Elaboración propia

Comentario: El proceso para la atención de paradas por mantenimiento correctivo también es parecido al del año 2017, sin embargo, la estrategia RCM para cumplir nuestro objetivo es aprovechar las paradas largas ya sean en correctivos encontrados en PM o paradas en campo para la ejecución de backlogs que tengamos en espera esto con el fin de que el equipo no pare a las pocas horas por otra falla.

4.-Cierre de OT's

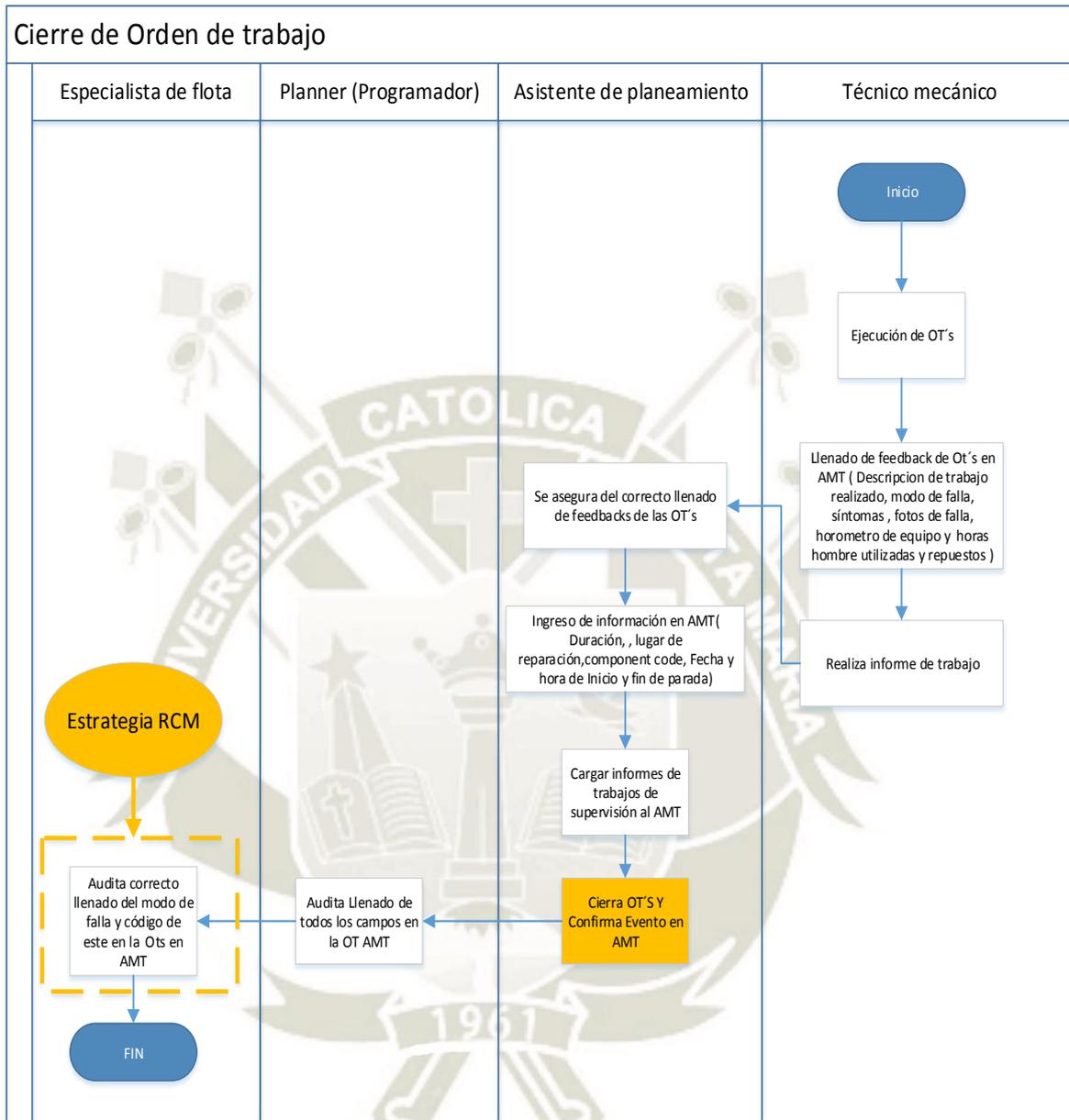


Figura 42. Cierre de órdenes de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se incluye al final del proceso la participación del especialista de flota con el objetivo que revise el correcto llenado de las OT's en el programa, se asegurara que se llene el verdadero modo de falla y código de estos, con el fin que la data obtenida para futuros análisis sea fiable para la toma de decisiones.

4.2.2.2. Mejora de estrategias de mantenimiento

Una de las causas del bajo nivel de servicio identificadas en el diagrama de Ishikawa era que el personal técnico no estaba lo suficientemente capacitado

Superar este problema solo se logrará con el apoyo de la jefatura de mantenimiento, para esto planeamiento debe conocer el nivel de los técnicos con los que se cuenta y debe ser informado del progreso de las certificaciones de los técnicos. Se concientizo al jefe de mantenimiento para que sea más estricto y este más pendiente al avance de los técnicos ya que PM's de calidad solo se harán con técnicos de calidad. Cabe resaltar que las certificaciones del personal técnico no involucran un costo para el cliente ya que la empresa contratista se encarga de la capacitación y certificación del personal.



Figura 43. Niveles en la clasificación del personal técnico

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la siguiente figura se detalla los diferentes niveles que hay para la clasificación del personal técnico siendo el nivel 1 el nivel al que se desea llegar como objetivo final.

Tabla 88. Evolución del personal técnico

PERIODO	técnicos	M5	M4	M3	M2	M1	Total
2017	Cantidad	26	19	8	2	1	56
	Porcentaje	47%	34%	14%	3%	2%	100%
2018	Cantidad	30	42	17	3	2	94
	Porcentaje	32%	45%	18%	3%	2%	100%
2019	Cantidad	26	33	25	6	4	94
	Porcentaje	28%	35%	27%	6%	4%	100%

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: Se detalla la evolución del nivel técnico del periodo 2017 al 2019 del personal de la operación, donde se evidencia la evolución y avance de las certificaciones del personal, se puede ver el incremento de técnicos de nivel 3 hacia arriba, estos resultados son favorables ya que nos permitirán tener la confianza y la seguridad de que se cometerán menos errores al momento de corregir las fallas de los equipos.

Uno de los objetivos principales de la aplicación de la implementación del RCM es la reducción de costos aumentando y gestionando la confiabilidad de los equipos

A continuación, se detallan estrategias para la reducción de costos de mantenimiento en base a la confiabilidad de los equipos.

a) Incremento del intervalo entre Mantenimientos programados

En el periodo 2017 los intervalos de mantenimiento programados se dan cada 250 hrs., estas horas son definidas básicamente por la frecuencia del cambio de aceite de motor, la estrategia RCM para reducción de costos en base a la confiabilidad nos permite incrementar el tiempo de cambio de aceites, esto se logra con las muestras de aceite analizadas en cada PM , en función a esto y en colaboración con Caterpillar se determinó los siguientes valores para la toma de decisiones al momento de elegir la frecuencia de cambio de aceites. A continuación, se presentan una simulación de costos de consumo de aceite en el periodo de un año y el nivel de probabilidad de un buen funcionamiento de los componentes y del equipo en base al intervalo de cambio de los aceites.

Tabla 89. Aceite de motor 15W40

Frecuencia	Cantidad de PM'S																												N° Cambios	N° Equipos	Costo 15W40 (\$)	Costo 15W40 total (\$)	Probabilidad
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					
250	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	31	629.84	546,698.59	Muy Probable
350	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20	31	629.84	390,498.99	Muy Probable								
500	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	31	629.84	273,349.29	Muy Probable														
700	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	31	629.84	195,249.49	Probable																		
1000	1	2	3	4	5	6	7	7.1	31	629.84	138,627.14	Probable																					
1050	1	2	3	4	5	6	6.7	31	629.84	130,817.16	Poco Probable																						
1400	1	2	3	4	5	5	31	629.84	97,624.75	Poco Probable																							
1500	1	2	3	4	4.8	31	629.84	93,719.76	Poco Probable																								
1750	1	2	3	4	4	31	629.84	78,099.80	Poco Probable																								
2000	1	2	3	3.5	31	629.84	68,337.32	Poco Probable																									
2100	1	2	3	3.3	31	629.84	64,432.33	Poco Probable																									
3000	1	2	2.4	31	629.84	46,859.88	Poco Probable																										
4000	1	1.8	31	629.84	35,144.91	Poco Probable																											
6000	1	1.25	31	629.84	24,406.19	Poco Probable																											

Fuente: Empresa contratista

Comentario: En la tabla se observa que los intervalos cada 350 horas y 500 horas tienen probabilidad de éxito alta.

Tabla 90. Aceite hidráulico 10W

Frecuencia	Cantidad de PM'S																												N° Cambios	N° Equipos	Costo 10W (\$)	Costo 10W total (\$)	Probabilidad
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					
250	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	31	2,904.10	2,520,758.58	Poco Probable
350	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20	31	2,904.10	1,800,541.85	Poco Probable								
500	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14	31	2,904.10	1,260,379.29	Poco Probable														
700	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	31	2,904.10	900,270.92	Poco Probable																		
1000	1	2	3	4	5	6	7	7.1	31	2,904.10	639,192.35	Poco Probable																					
1050	1	2	3	4	5	6	6.7	31	2,904.10	603,181.52	Poco Probable																						
1400	1	2	3	4	5	5	31	2,904.10	450,135.46	Poco Probable																							
1500	1	2	3	4	4.8	31	2,904.10	432,130.04	Poco Probable																								
1750	1	2	3	4	4	31	2,904.10	360,108.37	Poco Probable																								
2000	1	2	3	3.5	31	2,904.10	315,094.82	Muy Probable																									
2100	1	2	3	3.3	31	2,904.10	297,089.40	Muy Probable																									
3000	1	2	2.4	31	2,904.10	216,065.02	Muy Probable																										
4000	1	1.8	31	2,904.10	162,048.77	Probable																											
6000	1	1.25	31	2,904.10	112,533.87	Probable																											

Fuente: Empresa contratista

Comentario: En la tabla se observa que los intervalos dados entre 2000 y 3000 horas tienen probabilidad de éxito alta.

Tabla 91. Aceite de transmisión y convertidor SAE30

Frecuencia	Cantidad de PM'S																												N° Cambios	N° Equipos	Costo SAE 30 (\$)	Costo SAE 30 total (\$)	Probabilidad
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					
250	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	31	1,042.99	905,319.31	Poco Probable
350	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20									20	31	1,042.99	646,656.65	Poco Probable
500	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14															14	31	1,042.99	452,659.66	Poco Probable
700	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																			10	31	1,042.99	323,328.33	Poco Probable
1000	1	2	3	4	5	6	7																						7.1	31	1,042.99	229,563.11	Muy Probable
1050	1	2	3	4	5	6																							6.7	31	1,042.99	216,629.98	Muy Probable
1400	1	2	3	4	5																								5	31	1,042.99	161,664.16	Muy Probable
1500	1	2	3	4																									4.8	31	1,042.99	155,197.60	Muy Probable
1750	1	2	3	4																									4	31	1,042.99	129,331.33	Muy Probable
2000	1	2	3																										3.5	31	1,042.99	113,164.91	Muy Probable
2100	1	2	3																										3.3	31	1,042.99	106,698.35	Probable
3000	1																												2.4	31	1,042.99	77,598.80	Probable
4000																													1.8	31	1,042.99	58,199.10	Poco Probable
6000																													1.25	31	1,042.99	40,416.04	Poco Probable

Fuente: Empresa contratista

Comentario: En la tabla se observa que los intervalos entre 1000 horas y 2000 horas tienen probabilidad de éxito alta

Tabla 92. Aceite de mandos finales y diferencial SAE60

Frecuencia	Cantidad de PM'S																												N° Cambios	N° Equipos	Costo SAE 60 (\$)	Costo SAE 60 total (\$)	Probabilidad
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					
250	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	31	3,270.66	2,838,936.28	Poco Probable
350	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20									20	31	3,270.66	2,027,811.63	Poco Probable
500	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14															14	31	3,270.66	1,419,468.14	Poco Probable
700	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																			10	31	3,270.66	1,013,905.82	Poco Probable
1000	1	2	3	4	5	6	7																						7.1	31	3,270.66	719,873.13	Poco Probable
1050	1	2	3	4	5	6																							6.7	31	3,270.66	679,316.90	Poco Probable
1400	1	2	3	4	5																								5	31	3,270.66	506,952.91	Poco Probable
1500	1	2	3	4																									4.8	31	3,270.66	486,674.79	Poco Probable
1750	1	2	3	4																									4	31	3,270.66	405,562.33	Poco Probable
2000	1	2	3																										3.5	31	3,270.66	354,867.04	Muy Probable
2100	1	2	3																										3.3	31	3,270.66	334,588.92	Muy Probable
3000	1																												2.4	31	3,270.66	243,337.40	Muy Probable
4000																													1.8	31	3,270.66	182,503.05	Muy Probable
6000																													1.25	31	3,270.66	126,738.23	probable

Fuente: Empresa contratista

Comentario: En la tabla se observa que los intervalos entre 2000 horas y 4000 horas tienen probabilidad de éxito alta.

Tabla 93. Frecuencias de cambio de aceite periodo 2017-2019

Aceite de Maquina	Tipo de aceite	Galones	Frecuencia a 2017	Frecuencia 2018-2019	Probabilidad de éxito
Aceite de Motor	15W40	110.2	250	350	muy probable
Aceite de Transmisión y convertidor	SAE30	166	1000	2000	muy probable
Aceite de Ruedas delanteras	SAE60	32	500	350	muy probable
Aceite de Mandos finales y Diferencial	SAE60	407.6	2000	4000	muy probable
Aceite de Sistema Dirección	SAE30	95.1	2000	4000	Probable
Aceite de Sistema Levante / Frenos	10W	488.7	2000	4000	Probable

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Una vez detallados todas las posibles frecuencias de cambios de aceites con su respectivo costo y probabilidad de éxito en el camión se llegaron a la conclusión de los nuevos intervalos para cambio, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Se logró definir que no hay ningún problema al incrementar la frecuencia de todos los aceites a excepción del aceite de ruedas, ya que el cliente no acepto este incremento debido a las continuas fallas de las ruedas y la gran cantidad de cambios que hubo hasta el periodo 2017.

Consideraciones para la extensión de la rutina de cambios de aceites

1.-Disponer de dos dializadores de fluidos para intervenir durante los PMs y monitorear la vida útil del aceite.

Es necesario contar con 2 como mínimo por los diferentes tipos de aceites que usa el volquete 797F, se usaran para la limpieza del aceite de motor y de tren posterior.

2.-Toma de muestras

La toma de muestras será realizada por parte de la empresa contratista. Estas serán analizadas en los laboratorios del site minero y de la empresa contratista. La empresa contratista suministrará los frascos para de 2.5 onc (np: 169-7373) para el muestreo y posterior envío a laboratorio. En el caso que los resultados indiquen que los rangos están fuera de los límites permisibles, se procederá con la evaluación del componente y se realizará un proceso de análisis de causa raíz de la condición anormal. Para la ejecución de la prueba se debe difundir y comunicar a todo el personal en la operación de los cambios de rutina generada en la flota.

La frecuencia de reporte de datos y el respectivo análisis VIMS se realizará por el área de monitoreo de la empresa contratista. Donde se tomará en cuenta para el análisis lo siguiente:

- ✓ Descargas de VIMS.
- ✓ Descarga de ET en cada PM.
- ✓ Grabación de Data Logger con VIMS e ET para verificar las condiciones de los sistemas.
- ✓ Reportes de análisis de datos:
- ✓ Reportes de eventos de sistemas.
- ✓ Reporte de tendencias
- ✓ Reporte de estado de filtros, tapones, rejillas, SOS.

3.-Revisar continuamente:

- ✓ Condiciones severas de operación
 - ✓ Temperatura de salida del convertidor de par excesivo
 - ✓ Muestras frecuentes de S.O.S e inspecciones visuales para determinar los intervalos óptimos de cambio de aceite. Para obtener información adicional sobre el muestreo S.O.S, consulte la documentación que se mencionó anteriormente.
 - ✓ Decoloración y cambio de viscosidad.
 - ✓ Una gran cantidad de metal en el tapón magnético.
 - ✓ Fugas de aceite en el área alrededor de los cojinetes de las ruedas motrices.
 - ✓ Los últimos resultados y tendencias de las muestras S · O · S
 - ✓ Los cojinetes de las ruedas traseras no necesitan ser ajustados o inspeccionados hasta la reparación en CRC. A menos que aparezca un síntoma de una falla obvia, no ajuste ni inspeccione los cojinetes de los mandos finales.
- **Nueva estrategia de PM,s 2018-2019**

Tabla 94. Estrategia de PM 2018-2019

Estrategia de Mantenimientos programados 2018-2019					
PM1 - 350 HRS	PM2 - 700 HRS	PM3 - 1050 HRS	PM4 - 1400 HRS	PM5 - 1750 HRS	PM6 - 2100 HRS

Fuente: Empresa contratista

Comentario: Una vez definida la nueva rutina de cambio de aceites, se procede a generar la nueva estrategia o rutinas de Mantenimientos preventivos, se toma como punto de partida la frecuencia de cambio de aceites de motor, por lo que la nueva rutina de mantenimientos preventivos será cada 350 hrs.

Tabla 95. Listado de repuestos por PM -2018-2019

IT	Repuesto / material	Sistema	Cant.	Unidad	PM 1	PM 2	PM 3	PM 4	PM 5	PM 6
					350	700	1050	1400	1750	2100
1	Secador de aire	Motor d.	2	C/U						X
2	Respiradero t/c - xmsn - dirección - levante y frenos	Tren de fuerza	3	C/U	X			X		
3	Respiradero de tanque combustible	Motor d.	1	C/U	X		X		X	
4	Respiradero de ruedas delanteras	Tren de fuerza	2	C/U		X			X	
5	Respiradero de motor	Motor d.	4	C/U	X			X		
6	Respiradero de diferencial	Tren de fuerza	1	C/U		X			X	
7	Filtros de interior de cabina	Cabina	1	C/U		X		X		X
8	Filtros de exterior de cabina	Cabina	1	C/U		X		X		X
9	Filtros de combustible secundario	Motor d.	4	C/U	X	X	X	X	X	X
10	Filtros de combustible primario	Motor d.	3	C/U	X	X	X	X	X	X
11	Filtros de aire secundarios donaldson	Admisión	4	C/U						
13	Filtros de aire primarios donaldson	Admisión	4	C/U						
15	Filtros de aceite transmisión	Tren de fuerza	2	C/U		X				
16	Filtros de aceite convertidor	Tren de fuerza	1	C/U		X				
17	Filtros aceite motor	Motor d.	2	C/U	X	X	X	X	X	X
18	Filtro drenaje caja dirección	Hidráulico	2	C/U	X					
19	Filtro de enfriamiento frenos lh y rh	Hidráulico	2	C/U	X					
20	Filtro actuación de frenos	Hidráulico	1	C/U	X					
21	Filtro aceite mando final	Tren de fuerza	1	C/U		X			X	
22	Filtro aceite dirección y fan	Hidráulico	1	C/U	X					
23	Filtro aceite diferencial	Tren de fuerza	1	C/U		X			X	

Fuente: Empresa contratista

Comentario: En la tabla se detalla el Listado de repuestos necesarios por PM para los periodos 2018-2019, la estrategia de uso de estos filtros esta adecuada a las nuevas frecuencias de mantenimiento preventivo de 6 pasos.

A continuación, se detalla los aceites necesarios en cada mantenimiento preventivo por rutina.

Tabla 96. Cambio de aceites por PM -2018-2019

Repuesto / material	Gal. Req	Unidad	350	700	1050	1400	1750	2100
Aceite 15W40 (Motor Diésel)	110.2	GLN	X	X	X	X	X	X
Aceite SAE60 (Ruedas Delanteras)	32	GLN	X	X	X	X	X	X
Aceite SAE30 (Convertidor & Transmisión)	166	GLN		X				
Aceite 10W (Hidráulico Levante - Frenos)	488.7	GLN	X					
Aceite SAE 30 (Dirección & Fan)	95.1	GLN				X		
Aceite SAE 60 (Mandos Finales & Diferencial)	407.6	GLN						X

Fuente: Empresa contratista

Comentario: En la tabla se detalla el listado de los aceites necesarios para cada PM en base a las nuevas frecuencias de mantenimiento.

Tabla 97. Listado de repuestos adicionales por PM -2018-2019

Ítem.	Repuesto / material	Sistema	Cant	Unidad	350	700	1050	1400	1750	2100
01	O-ring de screen transmisión	Tren de fuerza	02	C/u		X				
02	O-ring de screen motor a	Motor d.	01	C/u	X	X	X	X	X	X
03	O-ring de screen motor b	Motor d.	01	C/u	X	X	X	X	X	X
04	O-ring de screen de sistema de levante a	Hidráulico	02	C/u	X					
05	O-ring de screen de sistema de levante b	Hidráulico	02	C/u	X					
06	O-ring de screen de sistema de levante c	Hidráulico	02	C/u	X					
07	O-ring de screen de retorno de transmisión a	Tren de fuerza	01	C/u		X				
08	O-ring de screen de retorno de transmisión b	Tren de fuerza	01	C/u		X				
09	O-ring de filtro de transmisión	Tren de fuerza	01	C/u		X				
10	Filter element as-oil (standard efficiency) (ccr part)	Tren de fuerza	01	C/u			X			
11	O-ring de screen de enfriadores de frenos	Hidráulico	02	C/u	X					
12	O-ring de screen de eje posterior	Tren de fuerza	01	C/u						X
13	O-ring de screen de diferencial a	Tren de fuerza	01	C/u						X
14	O-ring de screen de diferencial b	Tren de fuerza	01	C/u						X
15	O-ring de screen convertidor a	Tren de fuerza	02	C/u		X				
16	O-ring de screen convertidor b	Tren de fuerza	04	C/u		X				
17	O-ring de screen convertidor c	Tren de fuerza	01	C/u		X				
18	O-ring de filtro de transmisión	Tren de fuerza	01	C/u		X				
19	O-ring de filtro de enfriamiento frenos lh y rh	Hidráulico	02	C/u	X					
20	O-ring de filtro de convertidor	Tren de fuerza	01	C/u		X				
21	O-ring de filtro aceite dirección y fan	Hidráulico	01	C/u	X					
22	O-ring de respiradero de motor	Motor d.	04	C/u	X			X		
23	O-ring de tapón de drenaje de Carter posterior	Motor d.	01	C/u	X	X	X	X	X	X
24	O-ring de screen de retorno de mando de bombas	Hidráulico	01	C/u		X			X	
25	Paños	Consumibles	01	C/u	X	X	X	X	X	X
26	Frascos muestras	Consumibles	22	C/u	X	X	X	X	X	X
27	Tomas rápidas	Consumibles	10	C/u	X	X	X	X	X	X

Fuente: Empresa contratista

Comentario: En la tabla se detalla el listado de repuestos adicionales necesarios por mantenimiento preventivo y se especifica a que sistema pertenecen, estos repuestos se adicionaron con el fin de evitar pequeñas fallas rutinarias y mejorar la confiabilidad de la flota de camiones.

- **Diagramas de GANTT**

Otra de las falencias identificadas en el diagrama de Ishikawa era la falta de diagramas de Gantt para la ejecución de los PM, al término del 2017 se propusieron los siguientes diagramas Gantt los cuales fueron aprobados y actualmente se viene trabajando con los mismos.

Hay elaborados un diagrama de Gantt por cada PM, a continuación, se detallan los diagramas de Gantt, en el diagrama se consideran un total de 8 técnicos solo para las tareas principales de mantenimiento para la ejecución de backlogs se destinan otros técnicos en base a la dificultad de las tareas, los dializados se aceite se programan según indicación del especialista de monitoreo en coordinación con el planner programador en base a las horas desde el último cambio o dializado.

Los diagramas de Gantt consideran 7 tareas principales:

- 1.- Actividades iniciales
- 2.- Test general de sistemas zona de prueba
- 3.- Toma de muestras-taller (2 muestras motor, transmisión, sistema levante, diferencial
- 4.- Cambio de aceites y filtros-taller
- 5.- Limpieza de equipo
- 6.- Backlogs programados
- 7.-Inspección final - entrega del equipo

Diagrama de Gantt - Mantenimiento preventivo PM1 – 350 HRS

El diagrama de Gantt del PM1 considera una duración de 9.88 horas solo de tareas de PM y un total de 78 actividades.

A continuación, se muestra la tabla base para el diagrama de Gantt

Tabla 98. Base para diagrama de Gantt PM1 2018-2019

N° actividad	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Nombres de los recursos
1	Mantenimiento mec pm1 (350 hrs) 797f-vqtxxx	9.88 horas		
2	1.-actividades iniciales	1.63 horas		
3	Inspección de pre - lavado (f1)	10 mins		Inspector
4	Realizar prueba de sistema de ciods, verificación de cámaras, radar, alarma de proximidad de objetos	10 mins	3	T2,t3,t1
5	Lavado de equipo (f2) (proteger el módulo de control de temperatura antes de realizar lavado)	60 mins	4	T2,t3,t1
6	Traslado de equipo a zona de prueba	8 mins	5	T2,t3,t1
7	Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado, verificación de posibles eventos (gas, eléctrico) y sistema prelupe	10 mins	6	T2,t3,t1
8	2.-test generales de sistemas zona de prueba	2.58 horas		
9	Descarga del vims+ reporte psprt - revisar la bitacora del operador y firmar observaciones levantadas, reportar eventos activos	10 mins	7	T1,t2,t3
10	Realizar inspección pm 797f (inspector)	10 mins	9	T1,t2,t3
11	Realizar inspección de cabina	10 mins	9	T1,t2
12	Realizar inspección y test de sistema de aire acondicionado	10 mins	9	T1,t2
13	Realizar prueba de motor	10 mins	12	T1,t2
14	Realizar prueba de eficiencia de freno	10 mins	13	T1,t2
15	Realizar prueba de sistema de dirección y fan - acumuladores de dirección	10 mins	14	T1,t2
16	Realizar prueba de convertidor	10 mins	15	T1,t2
17	Realizar prueba de transmisión	10 mins	16	T1,t2
18	Inspección visual de tolva	5 mins	17	T1,t2
19	Prueba de descenso de escalera eléctrica	5 mins	18	T1,t2
20	Evaluación de sistema de enfriamiento (cada 4000 hrs)	10 mins	18	T5,t3,t4
21	Drenaje de bandejas	1 hora	20	T4,t5,t6
22	Ingreso de equipo a taller (pet-mant-15)	10 mins	21	Todos
23	3.-toma de muestras-taller (2 muestras motor, transmision, sistema levante, diferencial)	0.42 horas		
24	Muestras a mando final izquierdo - derecho + cambio de tapones	5 mins	22	T1
25	Drenaje de aceite de ruedas rh y lh	15 mins	22	T2,t3
26	Muestras de aceite de motor	5 mins	22	T4
27	Muestras de combustible y refrigerante (muestra combustible desde la toma para cebado)	5 mins	22	T5
28	Muestras de transmisión convertidor	5 mins	22	T6
29	Muestras de aceite de diferencial + cambio de tapon diferencial	5 mins	22	T7
30	Muestras de aceite dirección	5 mins	22	T8
31	Muestras de aceite hidráulico levante	5 mins	24	T1
32	Prueba de verificación del compresor de aire - paño blanco para motores con mas de 7000 horas	2.5 mins	25	T3,t2
33	Inspeccionar volante, probar funcionamiento de limpiaparabrisas de cabina. Verificación del correcto funcionamiento de la prelupe	5 mins	26	T4
34	Revisar luces interiores de cabina, luces direccionales, luces neblineros, luces de carretera, luces de frenos, luces del arc, luces de retroceso. Verificar estado de las bases (soportes) de las luces de carretera.	10 mins	27	T5
35	Bloqueo de equipo, bloqueo sistema afex (verificar en el advisor que las presiones acumulador dirección, frenos, etc, estén en 0 psi)	10 mins	34	Todos
36	4.-cambio de aceites y filtros-taller	4.25 horas		
37	Drenado aceite motor	20 mins	35	T2,t1
38	Cambio filtros de aceite de motor + corte de filtro	20 mins	37	T1
39	Intercambio de rejilla de motor, toma de fotografía	20 mins	38	T2
40	Llenado aceite motor	45 mins	39	T2,t1
41	Cambio de filtros de combustible primario y drenar el separador de agua	15 mins	40	T1
42	Cambio de filtros de combustible secundario	15 mins	40	T2
43	Rellenar tanque de grasa Lincoln, inspeccionar inyectores de grasa / depósito de grasa rellenar	15 mins	41	T1
44	Intercambio de tapones magnéticos de mando final lh y rh. Toma de fotografía	15 mins	42	T2
45	Cambio de filtros de aire primarios - inspección de ataac	1 hora	43,44	T2,t1
46	Inspección de rejilla de diferencial + rejilla de bombas de lubricación del eje trasero	30 mins	45	T1
47	Llenado de aceite de rueda delantera rh - cambio de tapón magnético (tomar fotografía)	30 mins	45	T2
48	Llenado de aceite de rueda delantera lh - cambio de tapón magnético (tomar fotografía)	30 mins	46	T1
49	Cambio de respiradero de ruedas delanteras.	10 mins	35	T4
50	Intercambio de rejilla magnética de convertidor. Toma de fotografía	20 mins	35	T3
51	Intercambio de rejilla magnética de transmisión. Toma de fotografía	40 mins	49	T4
52	Cambio de filtro de actuación de frenos + corte de filtro	60 mins	50	T3
53	Intercambio de rejilla de levante, brake y sis. De levante. Toma de fotografía	60 mins	51	T4
54	Cambio de filtro de enfriamiento de frenos rh y lh + corte de filtro	60 mins	52	T3
55	Intercambio de rejilla de enfriamiento de frenos (líneas). Toma de fotografía	60 mins	53	T4
56	Cambio de filtro de drenaje de caja de dirección.	30 mins	54	T3
57	Cambio de filtro de aceite de dirección y fan + corte de filtro	30 mins	55	T4
58	Cambio de respiradero sist. Levante y frenos	20 mins	56	T3
59	Cambio de respiradero de tanque de convertidor y transmisión	20 mins	57	T4
60	Intercambio de tapón de mando de bombas y tapón de bomba de alta presión combustible. Toma de fotografía	20 mins	58,59	T3,t4
61	5.-limpieza de equipo	2.92 horas		
62	Inspección de abrazaderas de acumulador de dirección. Toma de fotografía	5 mins	35	T5
63	Drenar agua y sedimentos tanques de aire (dejar que se drene todo el tanque de aire para limpiar el sistema)	15 mins	35	T6
64	Drenar agua y sedimentos tanques de combustible	10 mins	62	T5
65	Verificación de secadores de tanque de aire informar si requiere cambio	20 mins	63	T6
66	Limpieza de decantadores de polvo filtro de aire	20 mins	64	T5
67	Limpieza precleaner de aire	20 mins	65	T6
68	Limpieza cámaras y pantallas de wavs y ciods	25 mins	66	T5
69	Verificar que el compresor de a/c tenga aceite	25 mins	68	T5
70	Inspección y limpieza de cabina (formato n°11). Utilizar equipo para humos y detectar que partes no están completamente hermetizadas en la cabina. Limpiar los pedales del operador y atrás del asiento. Tomar fotos	45 mins	70	T5
71	6.-backlogs programados		35	
72	7.-inspección final - entrega del equipo	0.92 horas	72	
73	Desbloquear el equipo. Conectar el interruptor general de corriente.	10 mins	72	Todos
74	Inspección final: cebado del equipo, arrancar el motor en mínimo a baja en vacío e inspeccionar posibles fugas en los filtros cambiados y en todos los sistemas. *detener el motor y esperar 5 minutos para verificar los niveles de aceite.	33.3 mins	77	T1,t2,t3
75	Culminar inspección de calidad, según formato de entrega de equipo (con intervención del supervisor).	16.7 mins	77	T4,t5,t6
76	Retirar equipo de bahía o área de trabajo de pm. (pet-mant-15)	8 mins	78	T1,t2
77	Orden y limpieza de bahía o área de trabajo de pm. *depositar los residuos en los contenedores correspondientes.	8 mins	79	T3,t4,t5,t6,t7
78	Entrega de información del pm (debidamente revisada y firmada por el supervisor).	45 mins	77	T8

Fuente: Empresa contratista

Comentario: Se detalla actividades, duración y recursos del diagrama de Gantt para el mantenimiento preventivo numero 1 o de 350 horas. El diagrama de Gantt del PM1 considera una duración de 8.88 hrs solo de tareas de PM y un total de 78 actividades sin contar los backlogs programados y los correctivos que se encuentren en taller.

N° actividad	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Nombres de los recursos
1	Mantenimiento mec pm2 (700 horas) 797f-vqtxxx	8.71 horas		
2	1.-actividades iniciales	1.67 horas		
3	inspección de pre - lavado (f1)	20 mins		Inspector
4	realizar prueba de sistema de ciods, verificación de cámaras, radar, alarma de proximidad de objetos	10 mins	3	T1,t2,t3
5	lavado de equipo (f2) (proteger el módulo de control de temperatura antes de realizar lavado)	50 mins	4	T1,t2,t3
6	traslado de equipo a zona de prueba	10 mins	5	T1,t2,t3
7	inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado, verificación de posibles eventos (gas, eléctrico) y sistema prelupe	10 mins	6	T1,t2,t3
8	2.-test generales de sistemas zona de prueba	2.33 horas	7	
9	descarga del vims + reemplazo de ecm motor + reporte psrpt - revisar la bitacora del operador y firmar observaciones levantadas, reportar eventos activos	30 mins	7	T1
10	realizar inspección pm 797f (inspector)	15 mins	9	Inspector
11	realizar inspección de cabina	10 mins	9	T1
12	prueba de descenso de escalera eléctrica	10 mins	9	T2
13	realizar inspección y test de sistema de aire acondicionado	15 mins	11	T1
14	realizar prueba de motor	15 mins	13	T1,t2
15	realizar prueba de eficiencia de frenos	10 mins	14	T1,t2,t3
16	inspeccionar la altura y carga de suspensiones	30 mins	15	T1
17	inspección visual de tolva	15 mins	15	T2
18	drenaje de bandejas	60 mins	15	T4,t3
19	ingreso de equipo a taller	10 mins	17,16	T1,t2
20	3.-toma de muestras-taller (2 muestras motor, transmisión, sistema levante, diferencial)	0.58 horas	19	
21	muestras a mando final izquierdo - derecho + cambio de tapones	5 mins	19	T1
22	drenaje de aceite de rueda rh y lh	20 mins	19	T2
23	muestras de aceite de motor	5 mins	19	T3
24	muestras de combustible y refrigerante (muestra combustible desde la toma para cebado)	5 mins	19	T4
25	muestras de transmisión convertidor	5 mins	19	T5
26	muestras de aceite de diferencial + cambio de tapón diferencial	5 mins	19	T6
27	muestras de aceite dirección	5 mins	21	T1
28	muestras de aceite hidráulico levante	5 mins	22	T2
29	inspeccionar volante, probar funcionamiento de limpiaparabrisas de cabina. Verificación del correcto funcionamiento de la prelupe	5 mins	23	T3
30	revisar luces interiores de cabina, luces direccionales, luces neblineros, luces de carretera, luces de frenos, luces del arc, luces de retroceso. Verificar estado de las bases (soportes) de las luces de carretera.	20 mins	24,25	T4,t5
31	bloqueo de equipo, bloqueo sistema afex (verificar en el advisor que las presiones acumulador dirección, frenos, etc, estén en 0 psi)	10 mins	30,28,26,27,29	Todos
32	4.-cambio de aceites y filtros-taller	2 horas		
33	drenado aceite motor	40 mins	31	T1
34	cambio filtros de aceite de motor + corte de filtro	20 mins	31	T2
35	intercambio de rejilla de motor, toma de fotografía	20 mins	33	T1
36	llenado de aceite de motor	45 mins	34	T2
37	cambio de filtros de combustible primario y drenar el separador de agua	15 mins	35	T1
38	cambio de filtros de combustible secundario	15 mins	36	T2
39	cambio de filtros de aire primarios y secundarios- inspección de ataac	20 mins	37,38	T1,t2
40	rellenar tanque de grasa lincoln (verificar la presión de la reguladora del sist. Auto lubricación) / poner operativo el interruptor de nivel de grasa	15 mins	39	T1,t2
41	drenado de aceite de transmisión y convertidor	40 mins	31	T3
42	intercambio de rejilla magnética de la transmisión y convertidor , toma de fotografía, verificar rejillas de conv y tx tanto la magnética como la rejilla metálica	20 mins	31	T4
43	intercambio de rejilla de retorno de transmisión, toma de fotografía	20 mins	42	T4
44	cambio de filtro de aceite de entrada al convertidor + corte de filtro	20 mins	41	T3
45	cambio de filtro de transmisión + corte de filtro	20 mins	43	T4
46	llenado aceite transmisión y convertidor	60 mins	45	T4
47	cambio de respiradero de tanque de sist. De dirección	10 mins	44	T3
48	cambio de respiradero de tanque de convertidor y transmisión	10 mins	47	T3
49	cambio de respiradero sist. Levante y frenos	10 mins	48	T3
50	cambio de respirador de tanque de combustible	10 mins	49	T3
51	cambio de filtro de aceite de mando final. (cortar y tomar foto)	20 mins	50	T3
52	cambio de filtro de aceite de diferencial (cortar y tomar foto)	20 mins	31	T5
53	cambio de respiradero de diferencial	40 mins	31	T6
54	llenado de aceite de rueda delantera rh - cambio de tapón magnético (tomar fotografía)	30 mins	52	T5
55	llenado de aceite de rueda delantera lh - cambio de tapón magnético (tomar fotografía)	30 mins	53	T6
56	cambio de respiradero de ruedas delanteras.	10 mins	54	T5
57	intercambio de tapón de mando de bombas y tapón de bomba de alta presión combustible, toma de fotografía	20 mins	56	T5
58	5.-limpieza de equipo	1.58 horas	55	
59	inspección de abrazaderas de acumulador de dirección. Toma de fotografía	5 mins	31	T6
60	drenar agua y sedimentos tanques de aire (dejar que se drene todo el tanque de aire para limpiar el sistema)	5 mins	59	T6
61	drenar agua y sedimentos tanques de combustible	10 mins	57	T5
62	verificación de secadores de tanque de aire informar si requiere cambio	20 mins	60	T6
63	limpieza de decantadores de polvo filtro de aire	20 mins	61	T5
64	limpiar precleaner de aire	20 mins	62	T6
65	limpiar cámaras y pantallas de wavs y ciods	25 mins	63	T5
66	verificar que el compresor de a/c tenga aceite	12.5 mins	40	T1,t2
67	inspección y limpieza de cabina (f11). Utilizar equipo para humos y detectar que partes no están completamente hermetizadas en la cabina. Limpiar los pedales del operador y atrás del asiento. Tomar fotos	45 mins	46,51	T4,t3
68	6.-backlogs programados		31	
69	7.-inspección final - entrega del equipo	0.83 horas	71,72,73,70,69	
70	desbloquear el equipo. Conectar el interruptor general de corriente.	8 mins	71	Todos
71	inspección final: cebado del equipo, arrancar el motor en mínimo a baja en vacío e inspeccionar posibles fugas en los filtros cambiados y en todos los sistemas. *detener el motor y esperar 5 minutos para verificar los niveles de aceite.	50 mins	71	T1,t2
72	culminar inspección de calidad, según formato de entrega de equipo (con intervención del supervisor).	25 mins	71	T3,t4
73	retirar equipo de bahía o área de trabajo de pm.	8 mins	71	T5,t6
74	orden y limpieza de bahía o área de trabajo de pm. *depositar los residuos en los contenedores correspondientes.	20 mins	71	T7,t8
75	entrega de información del pm (debidamente revisada y firmada por el supervisor).	15 mins	78	T1,t6

Fuente: Empresa contratista

Comentario: Se detalla actividades, duración y recursos del diagrama de Gantt para el mantenimiento preventivo numero 2 o de 700 horas. El diagrama de Gantt del PM2 considera una duración de 8.71 hrs solo de tareas de PM y un total de 75 actividades sin contar los backlogs programados y los correctivos que se encuentren en taller.

Tabla 100. Base para diagrama de Gantt PM3 2018-2019

N° actividad	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Nombres de los recursos
1	Mantenimiento mec pm3 - 1050 hrs 797f vqtxxx	9.83 horas		
2	1.-actividades iniciales	1.33 horas		
3	inspección de pre - lavado (f1)	10 mins		
4	realizar prueba de sistema de ciods, verificación de camaras, radar, alarma de proximidad de objetos	10 mins	3	T1,t2,t3
5	lavado de equipo (f2) (proteger el modulo de control de temperatura antes de realizar lavado)	50 mins	4	T3,t2,t1
6	traslado de equipo a zona de prueba	10 mins	5	T1,t2,t3
7	2.-test generales de sistemas -zona de prueba	3.87 horas		
8	descarga del vims + transport file+ reporte psrpt - revisar la bitacora del operador y firmar observaciones levantadas, reportar eventos activos	1.75 horas	6	T1,t2,t3
9	realizar inspección pm 797f (inspector)	30 mins	5	Inspector
10	realizar inspección de cabina	45 mins	5	T1
11	realizar inspección y test de sistema de aire acondicionado	30 mins	5	T2
12	realizar pruebas de motor	60 mins	5	T3
13	realizar prueba de eficiencia de freno	10 mins	12	T1,t2,t3
14	realizar prueba de actuacion de frenos	30 mins	13	T1,t2,t3
15	probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de frenos	60 mins	14	T1,t2,t3
16	realizar prueba de sistema de levante	30 mins	15	T1,t2,t3
17	inspeccion visual de tolva	30 mins	16	T1
18	realizar prueba de sistema de direccion y fan - acumuladores de direccion	15 mins	16	T2,t3
19	drenaje de bandejas	90 mins	5	T4,t5
20	ingreso a taller	12 mins	17	T1,t2,t3,t4,t5
21	3.-toma de muestras-taller (2 muestras motor, transmision, sistema levante, diferencial)	1.25 horas	19,20	
22	muestra de aceite de rueda derecha	5 mins	20	T1
23	muestras a mando final izquierdo - derecho	5 mins	20	T2
24	muestra de aceite rdi y rdd	5 mins	20	T3
25	muestras de aceite de motor	5 mins	20	T4
26	muestras de refrigerante y combustible (muestra de combustible del punto de cebado)	5 mins	20	T5
27	muestras de transmisión convertidor	5 mins	20	T6
28	muestras de aceite de diferencial	5 mins	20	T7
29	muestras de aceite dirección	5 mins	20	T8
30	muestras de aceite hidráulico levante	5 mins	22	T1
31	inspeccionar volante, probar funcionamiento de limpiaparabrisas de cabina, sistema de a/c y sistema prelube	5 mins	23	T2
32	revisar luces interiores de cabina,luces direccionales,luces neblineras,luces de carretera, luces de frenos, luces del arc, luces de retroceso. Verificar estado de las bases (soportes) de las luces de carretera.	10 mins	24,25	T3,t4
33	drenado de aceite de ruedas delanteras rh y lh	60 mins	26,27	T5,t6
34	bloqueo de equipo - bloqueo afex (verificar que la presión de los acumuladores de dirección y frenos estén en 0 psi en el advisor)	10 mins	33	Todos
35	4.-cambio de aceites y filtros-taller	2.67 horas	33	
36	drenado aceite motor	40 mins	33	T1
37	cambio filtros de aceite de motor + corte de filtro	20 mins	33	T2
38	inspeccionar rejillas de motor	20 mins	36	T1
39	llenado aceite motor	60 mins	37	T2
40	filtros de combustible primario y drenar el separador de agua	15 mins	38	T1
41	filtros de combustible secundario	15 mins	40	T1
42	rellenar tanque de grasa lincoln (verificar el posicionamiento correcto del indicador de nivel, verificar la presión de la válvula reguladora)	1 hora	39	T2
43	intercambio de tapones magnéticos del diferencial y mandos finales (tomar fotografías a los tapones magnéticos)	15 mins	41	T1
44	cambio filtros de aire primarios - inspección de ataac.	20 mins	43	T1
45	llenado de aceite de rueda delantera rh - cambio de tapón magnético (tomar fotografía)	20 mins	44	T1
46	llenado de aceite de rueda delantera lh - cambio de tapón magnético (tomar fotografía)	20 mins	42	T2
47	cambio de respiradero de ruedas delanteras.	20 mins	34	T3
48	intercambio de tapon de mando de bombas y tapon de bomba de alta presión combustible. Toma de fotografía	20 mins	34	T4
49	intercambio de rejilla magnética de la transmisión y convertidor	20 mins	47	T3
50	5.-limpieza de equipo	1.75 horas	48	
51	inspección de abrazaderas de acumulador de dirección. Toma de fotografia	5 mins	48	T4
52	drenar agua y sedimentos tanques de aire (dejar que se drene todo el tanque de aire para limpiar el sistema)	5 mins	51	T4
53	drenar agua y sedimentos tanques de combustible	10 mins	52	T4
54	verificación de secadores de tanque de aire informar si requiere cambio	20 mins	49	T4
55	limpieza de decantadores de polvo filtro de aire	20 mins	53	T3
56	limpiar precleaner de aire	20 mins	54	T4
57	limpiar cámaras y pantallas de wavs y ciods	25 mins	55	T3
58	cambio de filtros interior y exterior de cabina.	25 mins	56	T4
59	inspección y limpieza de cabina (f11). Utilizar equipo para humos y detectar que partes no están completamente hermetizadas en la cabina. Limpiar los pedales del operador y atrás del asiento. Tomar fotos	40 mins	57	T3
60	6.-backlogs programados			
71	7.-inspección final - entrega del equipo	2.05 horas		
72	desbloquear el equipo. Conectar el interruptor general de corriente.	8 mins	68,69,70,59	Todos
73	inspección final: cebado del equipo, arrancar el motor en mínimo a baja en vacío e inspeccionar posibles fugas en los filtros cambiados y en todos los sistemas. *detener el motor y esperar 5 minutos para verificar los niveles de aceite.	50 mins	72	T1,t2
74	culminar inspección de calidad, según formato de entrega de equipo (con intervención del supervisor).	25 mins	73	T3,t4
75	retirar equipo de bahía o área de trabajo de pm.	15 mins	74	T5,t6
76	orden y limpieza de bahía o área de trabajo de pm. *depositar los residuos en los contenedores correspondientes.	10 mins	75	T7,t8
77	entrega de información del pm (debidamente revisada y firmada por el supervisor).	15 mins	76	T7,t8

Fuente: Empresa contratista

Comentario: Se detalla actividades, duración y recursos del diagrama de Gantt para el mantenimiento preventivo numero 3 o de 1050 horas. El diagrama de Gantt del PM3 considera una duración de 9.83 hrs solo de tareas de PM y un total de 77 actividades sin contar los backlogs programados y los correctivos que se encuentren en taller.

Tabla 101. Base para diagrama de Gantt PM4 2018-2019

N° actividad	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Nombres de los recursos
1	Mantenimiento mec pm4 (1400 hrs) 797f-vqtxxx	8.65 horas		
2	1.-actividades iniciales	1.5 horas		
3	inspección de pre - lavado (f1)	10 mins		Inspector
4	realizar prueba de sistema de ciods, verificación de cámaras, radar, alarma de proximidad de objetos	20 mins	3	T1,t2
5	lavado de equipo (f2) (proteger el modulo de control de temperatura antes de realizar lavado)	50 mins	4	T3,t2,t1
6	traslado de equipo a zona de prueba	10 mins	5	T1,t2,t3
7	2.-test generales de sistemas -zona de prueba	2.56 horas	6	
8	descarga del vims + reemplazo de ecm motor + reporte psrpt - revisar la bitacora del operador y firmar observaciones levantadas, reportar eventos activos	10 mins	6	T1,t2
9	realizar inspección pm 797f (inspector)	30 mins	6	Inspector
10	realizar inspección de cabina	45 mins	8	T1
11	realizar inspección y test de sistema de aire acondicionado	45 mins	8	T2
12	realizar prueba de motor	20 mins	10	T1
13	realizar prueba de eficiencia de freno	40 mins	11	T2
14	inspeccionar la altura y carga de suspensiones	20 mins	12	T1
15	realizar prueba de convertidor	10 mins	13	T2
16	realizar prueba de transmisión	10 mins	14	T1
17	inspeccion visual de tolva	30 mins	15	T2
18	inspección con ultrasonido de tolvas (cada 4000 hrs)	30 mins	16	T1
19	drenaje de bandejas	1.5 horas	5	T4,t3
20	ingreso de equipo a taller	18.8 mins	18,17,19	T1,t2,t3,t4
21	3.-toma de muestras-taller (2 muestras motor, transmision, sistema levante, diferencial)	0.58 horas	20	
22	muestras a mando final izquierdo - derecho + cambio de tapones fotografía	5 mins	20	T1
23	drenaje de aceite de ruedas lh y rh	30 mins	20	T2
24	muestras de aceite de motor	5 mins	20	T3
25	muestras de combustible (muestra desde el tap presión para cebado del sistema)	5 mins	20	T4
26	muestras de refrigerante	5 mins	20	T5
27	muestras de transmisión convertidor	5 mins	20	T6
28	muestras de aceite de diferencial + cambio de tapón diferencial	5 mins	20	T7
29	muestras de aceite dirección	5 mins	20	T8
30	muestra de aceite sistema de levante y enfriamiento	5 mins	22	T1
31	prueba de verificacion del compresor de aire - paño blanco para motores con mas de 7000 horas	5 mins	26	T5
32	inspeccionar volante, probar funcionamiento de limpia parabrisas de cabina	10 mins	24	T3
33	revisar luces interiores de cabina, luces direccionales, luces neblineras, luces de carretera, luces de frenos, luces del arc, luces de retroceso. Verificar estado de las bases (soportes) de las luces de carretera.	20 mins	25	T4
34	bloqueo del equipo - bloqueo afex (verificar que las presiones de los acumuladores de freno y dirección sean 0 psi, confirmar en el advisor).	10 mins	33	Todos
35	4.-cambio de aceites y filtros-taller	2.92 horas	34	
36	drenado aceite motor	40 mins	34	T1
37	cambio filtros de aceite de motor + corte de filtro + toma fotografía	20 mins	34	T2
38	intercambio de rejilla de motor (inspeccion minuciosa + toma fotografia)	20 mins	37	T2
39	llenado de aceite motor	60 mins	36	T1
40	cambio de filtros de combustible primario y drenar el separador de agua	15 mins	38	T2
41	cambio de filtros de combustible secundario	15 mins	40	T2
42	rellenar tanque de grasa lincoln, inspeccionar inyector de grasa / depósito de grasa rellenar.	15 mins	41	T2
43	cambio filtros de aire primarios y secundarios /- inspeccion de ataac	1 hora	42	T2
44	intercambio de rejilla magnética de convertidor + tomar fotografia	15 mins	39	T1
45	intercambio de rejilla magnética de transmisión + tomar fotografia	15 mins	44	T1
46	cambio de filtro de aceite de dirección y fan + corte de filtros. Tomar fotografia	15 mins	45	T1
47	cambio de los 02 filtros de drenaje de caja de dirección. Corte y toma de fotografia	30 mins	43	T2
48	cambio de filtro de enfriamiento de frenos rh y lh corte y toma de fotografia	20 mins	34	T3
49	cambio de filtro de actuación frenos corte y toma de fotografia	20 mins	34	T4
50	intercambio de rejilla de sistema de levante. Tomar fotografia.	30 mins	48	T3
51	cambio de filtro de aceite de mando final. (cortar y tomar foto)	20 mins	49	T4
52	cambio de filtro de aceite de diferencial (cortar y tomar foto)	10 mins	51	T4
53	cambio de respiradero de diferencial	10 mins	50	T3
54	cambio de respiradero sist. Levante y frenos	10 mins	52	T4
55	cambio de respiradero de tanque de sistema de direccion	10 mins	53	T3
56	cambio de respiradero de tanque de convertidor y transmision	10 mins	54	T4
57	cambio de respiradero tanque de combustible	20 mins	55	T3
58	cambio de filtros de aire de cabina interno y externo	20 mins	56	T4
59	llenado de aceite de rueda delantera rh - cambio de tapón magnético (tomar fotografia)	30 mins	34	T5
60	llenado de aceite de rueda delantera lh - cambio de tapón magnético (tomar fotografia)	30 mins	34	T6
71	intercambio de tapon de mando de bombas y tapon de bomba de alta presion combustible. Tomar fotografia	20 mins	60	T5
72	5.-limpieza de equipo	1.58 horas	59	
73	inspeccionar abrazadera de acumulador de direccion	5 mins	59	T6
74	drenar agua y sedimentos tanques de aire (dejar que se drene todo el tanque de aire para limpiar el sistema)	5 mins	61	T5
75	drenar agua y sedimentos tanques de combustible	10 mins	63	T6
76	verificación de secadores de tanque de aire	10 mins	64	T5
77	limpieza de decantadores de polvo filtro de aire	20 mins	65	T6
78	limpiar precleaner de aire	20 mins	66	T5
79	limpiar cámaras y pantallas de wavs y ciods	20 mins	67	T6
80	inspección y limpieza de cabina (f11). Utilizar equipo para humos y detectar que partes no están completamente hermetizadas en la cabina. Limpiar los pedales del operador y atrás del asiento. Tomar fotos	40 mins	68	T5
81	6.-backlogs programados			
82	7.-inspección final - entrega del equipo	0.42 horas	73,74,89	
83	desbloquear el equipo. Conectar el interruptor general de corriente.	10 mins	73	Todos
84	inspección final: cebado del equipo, arrancar el motor en mínimo a baja en vacío e inspeccionar posibles fugas en los filtros cambiados y en todos los sistemas. *detener el motor y esperar 5 minutos para verificar los niveles de aceite.	25 mins	73	T1,t2
85	culminar inspección de calidad, según formato de entrega de equipo (con intervención del supervisor).	25 mins	73	T3,t4
86	retirar equipo de bahía o área de trabajo de pm.	10 mins	73	T5,t6
87	orden y limpieza de bahía o área de trabajo de pm. *depositar los residuos en los contenedores correspondientes.	20 mins	73	T7,t8
88	entrega de información del pm (debidamente revisada y firmada por el supervisor).	15 mins	94	T5,t6

Fuente: Empresa contratista

Comentario: Se detalla actividades, duración y recursos del diagrama de Gantt para el mantenimiento preventivo numero 4 o de 1400 horas. El diagrama de Gantt del PM4 considera una duración de 8.65 horas

solo de tareas de PM y un total de 88 actividades sin contar los backlogs programados y los correctivos que se encuentren en taller.

Tabla 102. Base para diagrama de Gantt PM5 2018-2019

N° actividad	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Nombres de los recursos
1	Mantenimiento mec pm5 - 1750 hrs 797f vqtxxx	9.83 horas		
2	1.-actividades iniciales	1.92 horas		
3	Inspección de pre - lavado (f1)	10 mins		Inspector
4	Realizar prueba de sistema de ciods, verificación de cámaras, radar, alarma de proximidad de objetos	30 mins		T1,t2
5	Lavado de equipo (f2) (proteger el módulo de control de temperatura antes de realizar lavado)	60 mins	4	T1,t2
6	Traslado de equipo a zona de prueba	5 mins	5	T1,t2
7	Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado, verificación de posibles eventos (gas, electrico) y sistema prelube	10 mins	6	T1,t2
8	2.-test generales de sistemas -zona de prueba	1.92 horas	7	
9	Descarga del vims + reemplazo de ecm motor + reporte psrpt - revisar la bitacora del operador y firmar observaciones levantadas, reportar eventos activos	10 mins	7	T2,t1
10	Realizar inspección pm 797f (inspector)	60 mins	7	Inspector
11	Realizar inspección de cabina	34 mins	9	T1
12	Realizar inspección y test de sistema de aire acondicionado	20 mins	9	T2
13	Realizar pruebas de motor	15 mins	12,11	T1,t2
14	Realizar pruebas de eficiencia de freno	10 mins	13	T2,t1
15	Realizar prueba de sistema de dirección y fan - acumuladores de dirección	16 mins	14	T2,t1
16	Inspeccion visual de tolva	24 mins	15	T1
17	Drenaje de bandejas	45 mins	7	T5,t6
18	Ingreso a taller	6 mins	16	T2,t1
19	3.-toma de muestras-taller (2 muestras motor, transmision, sistema levante, diferencial)	0.58 horas	18	
20	Muestras a mando final izquierdo - derecho	5 mins	18	T1
21	Muestra de aceite rdi y rdd	5 mins	18	T2
22	Drenaje de aceite de ruedas rh y lh	30 mins	18	T3,t4
23	Muestras de aceite de motor	5 mins	18	T5
24	Muestras de refrigerante y combustible (muestra de combustible del punto de cebado)	5 mins	18	T6
25	Muestras de transmisión convertidor	5 mins	18	T7
26	Muestras de aceite de diferencial	5 mins	18	T8
27	Muestras de aceite dirección	5 mins	20	T1
28	Muestras de aceite hidráulico levante	5 mins	21	T2
29	Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado - inspeccionar volante, probar funcionamiento de limpiaparabrisas de cabina	5 mins	27	T1
30	Revisar luces interiores de cabina,luces direccionales,luces neblineras,luces de carretera, luces de frenos, luces del arc, luces de retroceso. Verificar estado de las bases (soportes) de las luces de carretera.	5 mins	28	T2
31	Drenado de aceite de ruedas delanteras rh y lh + intercambio de tapones magneticos y fotografías	2.5 mins	23,24	T5,t6
32	Bloqueo de equipo - bloqueo afex (verificar que la presión de los acumuladores de dirección y frenos estén en 0 psi en el advisor)	5 mins	22,31,30,29	Todos
33	4.-cambio de aceites y filtros-taller	2.83 horas		
34	Drenado aceite motor	30 mins	32	T1
35	Cambio filtros de aceite de motor + corte de filtro	20 mins	32	T2
36	Inspeccionar rejillas de motor	40 mins	34	T1
37	Llenado aceite motor	40 mins	35	T2
38	Filtros de combustible primario y drenar el separador de agua	20 mins	37	T2
39	Filtros de combustible secundario	20 mins	36	T1
40	Rellenar tanque de grasa lincoln (verificar el posicionamiento correcto del indicador de nivel, verificar la presión de la válvula reguladora)	20 mins	38	T2
41	Intercambio de tapones magneticos del diferencial y mandos finales (tomar fotografías a los tapones magnéticos)	20 mins	39	T1
42	Cambio de filtros de aire primarios - inspección de ataac	40 mins	40	T2
43	Llenado de aceite de rueda delantera rh - cambio de tapón magnético (tomar fotografía)	30 mins	41	T9
44	Llenado de aceite de rueda delantera lh - cambio de tapón magnético (tomar fotografía)	30 mins	42	T2
45	Cambio de respiradero de ruedas delanteras y respiradero de motor	10 mins	32	T3
46	Drenado de aceite de transmision y convertidor	60 mins	32	T4
47	Intercambio de rejilla magnética de la transmision y convertidor , toma de fotografía, verificar rejillas de conv y tx tanto la magnética como la rejilla metálica	20 mins	45	T3
48	Intercambio de rejilla de retorno de transmisión, toma de fotografía	20 mins	47	T3
49	Cambio de filtro de aceite de entrada al convertidor + corte de filtro	20 mins	46	T4
50	Cambio de filtro de transmision + corte de filtro	20 mins	48	T3
51	Llenado aceite transmision y convertidor	40 mins	50	T3
52	Cambio de respiradero de tanque de sist. De direccion	10 mins	49	T4
53	Cambio de respiradero de tanque de convertidor y transmision	10 mins	52	T4
54	Cambio de respiradero sist. Levante y frenos	10 mins	53	T4
55	Cambio de respiradero de tanque de combustible	10 mins	51	T3
56	Intercambio de tapon de mando de bombas y tapon de bomba de alta presion combustible. Toma de fotografia	15 mins	54	T4
57	5.-limpieza de equipo	1.83 horas		
58	Inspección de abrazaderas de acumulador de dirección. Toma de fotografia	10 mins	32	T5
59	Drenar agua y sedimentos tanques de aire (dejar que se drene todo el tanque de aire para limpiar el sistema)	10 mins	32	T6
60	Drenar agua y sedimentos tanques de combustible	40 mins	58	T5
71	Verificación de secadores de tanque de aire informar si requiere cambio	20 mins	59	T6
72	Limpieza de decantadores de polvo filtro de aire	20 mins	61	T6
73	Limpiar precleaner de aire	20 mins	60	T5
74	Limpiar cámaras y pantallas de wavs y ciods	20 mins	62	T6
75	Cambio de filtros interior y exterior de cabina.	20 mins	63	T5
76	Inspección y limpieza de cabina (f11). Utilizar equipo para humos y detectar que partes no están completamente hermetizadas en la cabina. Limpiar los pedales del operador y atrás del asiento. Tomar fotos	40 mins	64	T6
77	6.-backlogs programados			
82	7.-inspección final - entrega del equipo	0.58 horas	67,44	
83	Desbloquear el equipo. Conectar el interruptor general de corriente.	10 mins		Todos
84	Inspeccion final: cebado del equipo, arrancar el motor en mínimo a baja en vacío e inspeccionar posibles fugas en los filtros cambiados y en todos los sistemas. *detener el motor y esperar 5 minutos para verificar los niveles de aceite.	25 mins	73	T1,t2
85	Culminar inspección de calidad, según formato de entrega de equipo (con intervención del supervisor).	25 mins	73	T3,t4
86	Retirar equipo de bahía o área de trabajo de pm.	10 mins	73	T5,t6
87	Orden y limpieza de bahía o área de trabajo de pm. *depositar los residuos en los contenedores correspondientes.	20 mins	73	T7,t8
88	Entrega de información del pm (debidamente revisada y firmada por el supervisor).	15 mins	76	T5,t6

Fuente: Empresa contratista

Comentario: Se detalla actividades, duración y recursos del diagrama de Gantt para el mantenimiento preventivo numero 5 o de 1750 horas. El diagrama de Gantt del PM5 considera una duración de 9.83 horas solo de tareas de PM y un total de 88 actividades sin contar los backlogs programados y los correctivos que se encuentren en taller.

N° actividad	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Nombres de los recursos
1	Mantenimiento mec pm6 - 2100 hrs 797f vqtxxx	9.54 horas		
2	1.-actividades iniciales	1.5 horas		
3	Inspección de pre - lavado (f1)	10 mins		Inspector
4	Realizar prueba de sistema de ciods, verificación de cámaras, radar, alarma de proximidad de objetos	20 mins	3	T1,t2,t3
5	Lavado de equipo (f2) (proteger el módulo de control de temperatura antes de realizar lavado)	50 mins	4	T3,t2,t1
6	Traslado de equipo a zona de prueba	10 mins	5	T1,t2,t3
7	2.-test generales de sistemas -zona de prueba	1.92 horas	6	
8	Descarga del vims + reemplazo de ecm motor + reporte psrpt - revisar la bitacora del operador y firmar observaciones levantadas, reportar eventos activos	15 mins	6	T1,t2
9	Realizar inspección pm 797f (inspector)	30 mins	6	Insp
10	Realizar inspección de cabina	10 mins	8	T1
11	Realizar inspección y test de sistema de aire acondicionado	20 mins	8	T2
12	Realizar pruebas de motor	20 mins	11,10	T1,t2
13	Realizar prueba de eficiencia de freno	10 mins	12	T1,t2
14	Realizar prueba de actuacion de frenos	10 mins	13	T1,t2
15	Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de frenos	10 mins	14	T1,t2
16	Inspeccionar la altura y carga de suspensiones	10 mins	15	T1
17	Realizar prueba de sistema de levante	10 mins	16	T2
18	Inspección visual de tolva	10 mins	17	T1
19	Drenaje de bandejas	60 mins	6	T4,t3
20	Ingreso a taller	10 mins	19	T1,t2,t3,t4,t5,t6,t7
21	3.-toma de muestras-taller (2 muestras motor, transmisión, sistema levante, diferencial)	0.75 horas	18	
22	Muestra de aceite de rueda derecha	5 mins	18	T1
23	Muestras a mando final izquierdo - derecho	5 mins	18	T2
24	Muestra de aceite rdi y rdd	5 mins	18	T3
25	Muestras de aceite de motor	5 mins	18	T4
26	Muestras de refrigerante y combustible (muestra de combustible del punto de cebado)	5 mins	18	T5
27	Muestras de transmisión convertidor	5 mins	18	T6
28	Muestras de aceite de diferencial	5 mins	18	T7
29	Muestras de aceite dirección	5 mins	18	T8
30	Muestras de aceite hidráulico levante	5 mins	22	T1
31	Inspeccionar volante, probar funcionamiento de limpiaparabrisas de cabina, sistema de a/c y sistema prelude	5 mins	23	T2
32	Revisar luces interiores de cabina, luces direccionales, luces neblineros, luces de carretera, luces de frenos, luces del arc, luces de retroceso. Verificar estado de las bases (soportes) de las luces de carretera.	10 mins	24	T3
33	Drenado de aceite de ruedas delanteras rh y lh + intercambio de tapones magnéticos y fotografías	30 mins	25,26	T4,t5
34	Bloqueo de equipo - bloqueo afex (verificar que la presión de los acumuladores de dirección y frenos estén en 0 psi en el advisor)	10 mins	33	Todos
35	4.-cambio de aceites y filtros-taller	4.5 horas	34	
36	Drenado aceite motor	40 mins	34	T1
37	Cambio filtros de aceite de motor + corte de filtro	20 mins	34	T2
38	Inspeccionar rejillas de motor	20 mins	36	T1
39	Llenado aceite motor	45 mins	37	T2
40	Filtros de combustible primario y drenar el separador de agua	15 mins	38	T1
41	Filtros de combustible secundario	15 mins	39	T2
42	Rellenar tanque de grasa lincoln (verificar el posicionamiento correcto del indicador de nivel, verificar la presión de la válvula reguladora)	15 mins	40	T1
43	Intercambio de tapones magnéticos del diferencial y mandos finales (tomar fotografías a los tapones magnéticos)	15 mins	41	T2
44	Cambio filtros de aire primarios y secundarios - inspección de ataac	0.5 horas	42,43	T2,t1
45	Drenaje de aceite mandos finales y diferencial	1.5 horas	34	T3
46	Cambio de filtro de aceite de mando final. (cortar y tomar foto)	10 mins	34	T4
47	Cambio de filtro de aceite de diferencial (cortar y tomar foto)	10 mins	46	T4
48	Cambio de respiradero de diferencial	20 mins	47	T4
49	Inspección de rejilla de diferencial y bombas de lubricación del eje posterior	20 mins	48	T4
50	Llenado aceite mandos finales y diferencial	3 horas	34,45	T3
51	Llenado de aceite de rueda delantera rh - cambio de tapón magnético (tomar fotografía)	30 mins	49	T4
52	Llenado de aceite de rueda delantera lh - cambio de tapón magnético (tomar fotografía)	30 mins	51	T4
53	Cambio de respiradero de ruedas delanteras y respiradero de motor	10 mins	34	T5
54	Intercambio de tapón de mando de bombas y tapón de bomba de alta presión combustible. Toma de fotografía	15 mins	34	T6
55	Intercambio de rejilla magnética de la transmisión y convertidor	30 mins	53	T5
56	5.-limpieza de equipo	2 horas		
57	Inspección de abrazaderas de acumulador de dirección. Toma de fotografía	5 mins	54	T6
58	Drenar agua y sedimentos tanques de aire (dejar que se drene todo el tanque de aire para limpiar el sistema)	30 mins	57	T6
59	Drenar agua y sedimentos tanques de combustible	10 mins	58	T3
60	Verificación de secadores de tanque de aire informar si requiere cambio	20 mins	55	T4
71	Limpieza de decantadores de polvo filtro de aire	20 mins	59	T5
72	Limpiar precleaner de aire	20 mins	60	T6
73	Limpiar cámaras y pantallas de wavs y ciods	25 mins	61	T5
74	Cambio de filtros interior y exterior de cabina.	25 mins	62	T6
75	Lubricación manual de puntos de engrase de escalera eléctrica, verificación de ajuste de pernos de barandas y limpieza interna de escalera eléctrica	30 mins	63	T5
76	Inspección y limpieza de cabina (f11). Utilizar equipo para humos y detectar que partes no están completamente hermetizadas en la cabina. Limpiar los pedales del operador y atrás del asiento. Tomar fotos	30 mins	64	T6
77	6.-backlogs programados			
86	7.-inspección final - entrega del equipo	0.38 horas	50,69	
87	Desbloquear el equipo. Conectar el interruptor general de corriente.	10 mins	50	Todos
88	Inspección final: cebado del equipo, arrancar el motor en mínimo a baja en vacío e inspeccionar posibles fugas en los filtros cambiados y en todos los sistemas. *detener el motor y esperar 5 minutos para verificar los niveles de aceite.	15 mins	50	T1,t2
89	Culminar inspección de calidad, según formato de entrega de equipo (con intervención del supervisor).	10 mins	50	T3,t4
90	Retirar equipo de bahía o área de trabajo de pm.	7.5 mins	50	T5,t6
91	Orden y limpieza de bahía o área de trabajo de pm. *depositar los residuos en los contenedores correspondientes.	10 mins	50	T7,t8
92	Entrega de información del pm (debidamente revisada y firmada por el supervisor).	15 mins	76	T5,t6

Fuente: Empresa contratista

Comentario: Se detalla actividades, duración y recursos del diagrama de Gantt para el mantenimiento preventivo numero 6 o de 2100 horas. El diagrama de Gantt del PM6 considera una duración de 9.54 horas solo de tareas de PM y un total de 92 actividades sin contar los backlogs programados y los correctivos que se encuentren en taller.

- **Ahorro por equipo con el cambio de estrategia**

Para el cálculo del ahorro por equipo es necesario conocer el costo que daba con la anterior rutina de mantenimiento cada 250 horas y el costo de la nueva rutina cada 350 horas. El costo de mantenimiento de un camión 797F contempla

Costo de mano de obra: costo fijo mensual

Costo de repuestos para PM: La empresa contratista se hace responsable de la gestión y la venta de estos.

Costo de aceites: La empresa contratista se hace responsable de la gestión, pero no de la venta.

Costo de llantas: La gestión y la venta corresponde a otra contratista, por lo que no se tiene data para calcular el costo total de mantenimiento

Costo de soldadura: El cliente se encarga de la soldadura de tolvas que es lo que más trabajo requiere respecto a este tipo de mantenimiento.

De lo anteriormente mencionado, nuestra empresa contratista respecto a los consumibles se encarga de los repuestos y de los aceites. El ahorro en dólares es de \$ 71, 001,36 un importante monto si se multiplica por el total de equipo trabajando.

Tabla 104. Costo de mantenimiento por camión 797f – estrategia antigua vs nueva

RUTINA	CONSUMO POR AÑO / 1 CAMION		
	Consumibles	Aceites	COSTO PM ANUAL POR CAMION
250 HRS	\$99,162.26	\$51,736.96	\$150,899.22
350 HRS	\$45,492.07	\$34,405.79	\$79,897.86
Ahorro	\$53,670.19	\$17,331.17	\$71,001.36

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se detalla el ahorro en dólares de los mantenimientos de un camión 797F en el periodo de un año con las nuevas estrategias de mantenimiento.

b) Incremento del PCR de cambio de componentes

Para la realización de la extensión del PCR de los componentes mayores se analizó todos los modos de falla de Motor y componentes mayores que han afectado la vida de estos y se han establecido acciones para eliminar o mitigar el problema.

Adicional al análisis de confiabilidad de los componentes se detalla a continuación los resultados del análisis de vida en el año 2017 y su impacto en el presupuesto para el cliente.

Motor: De las inspecciones de reparaciones de los 10 motores que superaron el PCR de 14,000 horas al año 2017, se concluye que no se obtuvo ningún costo adicional al costo de reparación de la tarifa. El motor del cat 05 se cambió a las 15843 horas, cifra muy superior al PCR establecido a la fecha y por lo observado en el análisis weibull se decide incrementar su PCR a 16000 hrs

Convertidor: 15 convertidores de 16 superaron las 14000 hr. de vida útil y dichos componentes se repararon sin costos adicionales a la tarifa fija. Por lo que a las 14000 hrs su confiabilidad es de 100%, no hay observaciones para elevar su PCR a 16000 hrs.

Transmisión: 15 Transmisiones de 16 superaron las 14,000 horas de vida útil y dichos componentes se repararon sin costos adicionales. El camión CAT-07 alcanzó las 17,613 horas. de vida útil y dicho componente se reparó sin costos adicionales a la tarifa fija de reparación., no hay observaciones para elevar su PCR a 16000 horas.

Diferencial: 16 diferenciales se cambiaron por PCR, ninguno se cambió por falla, 12 de ellos superaron las 16,000 horas. de vida útil y el camión CAT- 05 alcanzó las 18,478 horas. Estos componentes se repararon sin costos adicionales a la tarifa fija. Se decidió elevar el PCR a 18000 horas.

Mando Final: 18 mandos finales de 33 llegaron al PCR, 15 superaron las 16,000 horas de vida útil y el camión CAT- 05 alcanzó las 18,478 horas. Los mandos finales se repararon sin costos adicionales a la tarifa fija. Se decidió elevar el PCR a 18000 horas.

Ruedas: 20 ruedas de 24 se cambiaron por PCR, 18 de ellas superaron el PCR, y la rueda derecha del camión CAT 01 alcanzo 26026 horas, Estos componentes se repararon sin costos adicionales a la tarifa fija. Se decidió elevar el PCR a 18000 horas.

Cilindros de dirección: El PCR se incrementa de 12000 en el periodo 2017 a 16000 en el 2020.

Cilindros de levante: Por indicación del cliente no se incrementa PCR

Suspensiones posteriores: Por indicación del cliente se iguala PCR de las ruedas posteriores debido a que se cambian juntas para cuidad disponibilidad. Se decidió elevar el PCR a 18000 horas

Suspensiones Delanteras: El PCR se incrementa de 16000 en el periodo 2017 a 18000 en el 2020. El costo de la reparación de componentes mayores representa aproximadamente el 60% de los costos de mantenimiento del equipo excluyendo el combustible y neumáticos. La mejor forma de reducir los costos operativos del equipo es a través del incremento de la vida de los componentes.

- **Costo de reparación de Componentes Mayores (PCR) de camiones 797F**

En el siguiente gráfico se muestra que los motores, los mandos finales y las transmisiones representan los mayores costos y de este modo son componentes importantes para la reducción de costos a través de la extensión de la vida de los mismos.

Tabla 105. Costos de reparación a tarifa fija en US \$ 2018-2019

Componente	Costo de reparación 2018 (\$)
Suspensión posterior	18,444.52
Cilindro de levante	18,444.52
Diferencial	74,347.73
Mando final	218,473.96
Ruedas	75,897.20
Suspensión delantera	16,883.92
Motor	582,473.55
Convertidor	83,826.20
Transmisión	167,746.68
Máquina	1,256,538.28
Total	1,256,538.28

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la tabla se detallan los costos de reparación de los principales componentes en el periodo 2018.

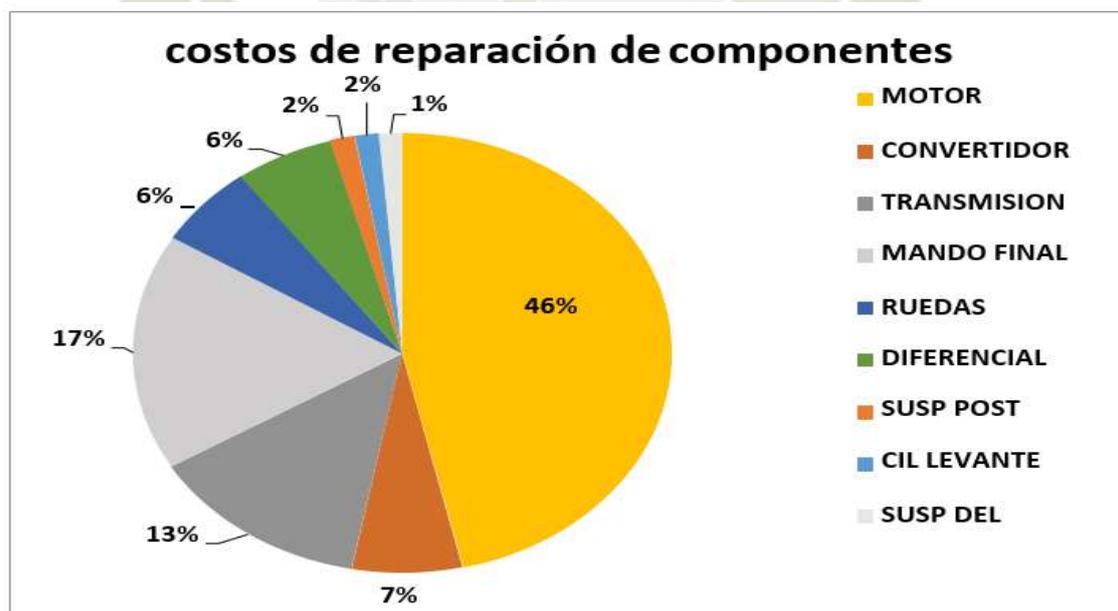


Figura 44. Porcentaje de Costos de reparación de componentes

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la gráfica se muestra el porcentaje del costo de las reparaciones de los principales componentes.

Tabla 106. Extensión de la vida de los componentes para la flota de camiones 797F

Componente	Pcr 2017	Pcr 2020
Motor	14,000	16,000
Convertidor	14,000	16,000
Transmisión	14,000	16,000
Diferencial	16,000	18,000
Mando final	16,000	18,000
Ruedas	16,000	18,000
Susp delanteras	16,000	18,000
Susp posteriores	25,000	25,000
Cil. Levante	25,000	25,000
Cil dirección	12,000	16,000

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: El incremento del PCR estará soportado por el análisis de monitoreo de condiciones constante en los componentes, para confirmar un correcto desempeño y comportamiento del camión Caterpillar 797F. Este incremento de horas se realizará en condiciones actuales de aplicación y operación de la mina.

- **Actividades a realizar por la extensión de PCR**
- ✓ **Toma de muestras**

La toma de muestras será realizada por parte de la empresa contratista. Estas serán analizadas en los laboratorios del site minero y de la empresa contratista, misma que suministrará los frascos para de 2.5 onc (np: 169-7373) para el muestreo y posterior envío a laboratorio de la empresa contratista ubicado en Lima.

En el caso que los resultados indiquen que los rangos están fuera de los límites permisibles, se procederá con la evaluación del componente y se realizará un proceso de análisis de causa raíz de la condición anormal.

✓ **Frecuencia de reporte y análisis de condiciones**

La frecuencia de reporte de datos y el respectivo análisis VIMS se realizará por el área de planeamiento, específicamente por el especialista de monitoreo.

Donde se tomará en cuenta para el análisis lo siguiente:

- Descarga de VIMS.
- Descarga de ET en cada PM.
- Grabación de Data Logger con VIMS e ET para verificar las condiciones de los sistemas.
- Reportes de análisis de datos:
- Reporte de eventos de sistemas.
- Reporte de tendencias.
- Reporte de estado de filtros, tapones, rejillas, SOS.

Tabla 107. Compromisos y responsabilidades

Cliente	Empresa contratista
- Asegurar el cumplimiento de inspección y relleno de aceite durante la operación del equipo.	- Dar prioridades en los talleres de reparaciones a componentes del cliente en caso de fallas de estos.
	- Disponibilidad de un short block (monoblock, cigüeñal y 20 cylinder pack) de respaldo libre de costo en caso de necesidad de uso para agilizar reparaciones de motores.

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detalla los compromisos y responsabilidades de la empresa contratista e la empresa minera respecto a la aplicación de todas las mejoras de las estrategias propuestas para la mejora de la confiabilidad de los volquetes 797F.

Beneficios.

- ✓ Mejora en la disponibilidad y producción
- ✓ La extensión de la vida de componentes reduce el costo por hora.

Tabla 108. Simulación de Costos de Componentes en el ciclo de vida de 120,000 horas de la flota de 797F (31 Camiones).

Equipo	PCR	Número de PRC																			N° Cambios	N° equipos	Costo unitario	Total (31 camiones)	Probabilidad	
797 F	6,000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20.0	31	1,256,538.28	779,053,733.60	Poco probable
	12,000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10.0	31	1,256,538.28	389,526,866.80	Poco probable										
	14,000	1	2	3	4	5	6	7	8	8.6	31	1,256,538.28	333,824,524.85	Muy Probable												
	16,000	1	2	3	4	5	6	7	7.5	31	1,256,538.28	292,145,150.10	Muy Probable													
	18,000	1	2	3	4	5	6	6.7	31	1,256,538.28	259,814,420.16	Muy Probable														
	20,000	1	2	3	4	5	6	6.0	31	1,256,538.28	233,716,120.08	Muy Probable														
	22,000	1	2	3	4	5	5.5	31	1,256,538.28	212,292,142.41	Probable															
	24,000	1	2	3	4	5	5.0	31	1,256,538.28	194,763,433.40	Probable															
	26,000	1	2	3	4	4.6	31	1,256,538.28	179,182,358.73	Poco probable																
	28,000	1	2	3	4	4.3	31	1,256,538.28	166,717,498.99	Poco probable																
	30,000	1	2	3	4	4.0	31	1,256,538.28	155,810,746.72	Poco probable																

12k	24k	36k	48k	60k	72k	84k	96k	108k	120k
Ciclo de vida del Equipo									

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la tabla se observa los PCR óptimos para los componentes siendo desde las 14000 horas hasta las 20000 horas lo más idóneo para implementar.

Conclusión:

- ✓ La extensión de la vida útil de los componentes reduce el costo/ton
- ✓ El cliente acepta la extensión de los PCR a partir del segundo semestre 2019

c) Incremento de PCR de componentes de media vida

Hasta finales del periodo 2017 los componentes menores de motor o denominados Midlift se cambiaban a la mitad de la vida del motor, por ello su nombre, esta era una estrategia del cliente para evitar paradas por fallas en estos componentes, se analizó el historial de cambios de estos componentes observando que solo un 11% de estos fallaron antes de las 7000, también se consideró los informes del taller de reparaciones , donde indican el estado de estos , teniendo resultado que no se encuentran observaciones de un mal estado de estos ,ahora considerando que Caterpillar lanza cada año mejoras en todos sus componentes , es que se toma la decisión de extender la vida de los componentes menores de motor a la vida del motor, en el periodo 2017-2018 el PCR aún es de 14000 a partir del año 2020 serán 16000 hrs

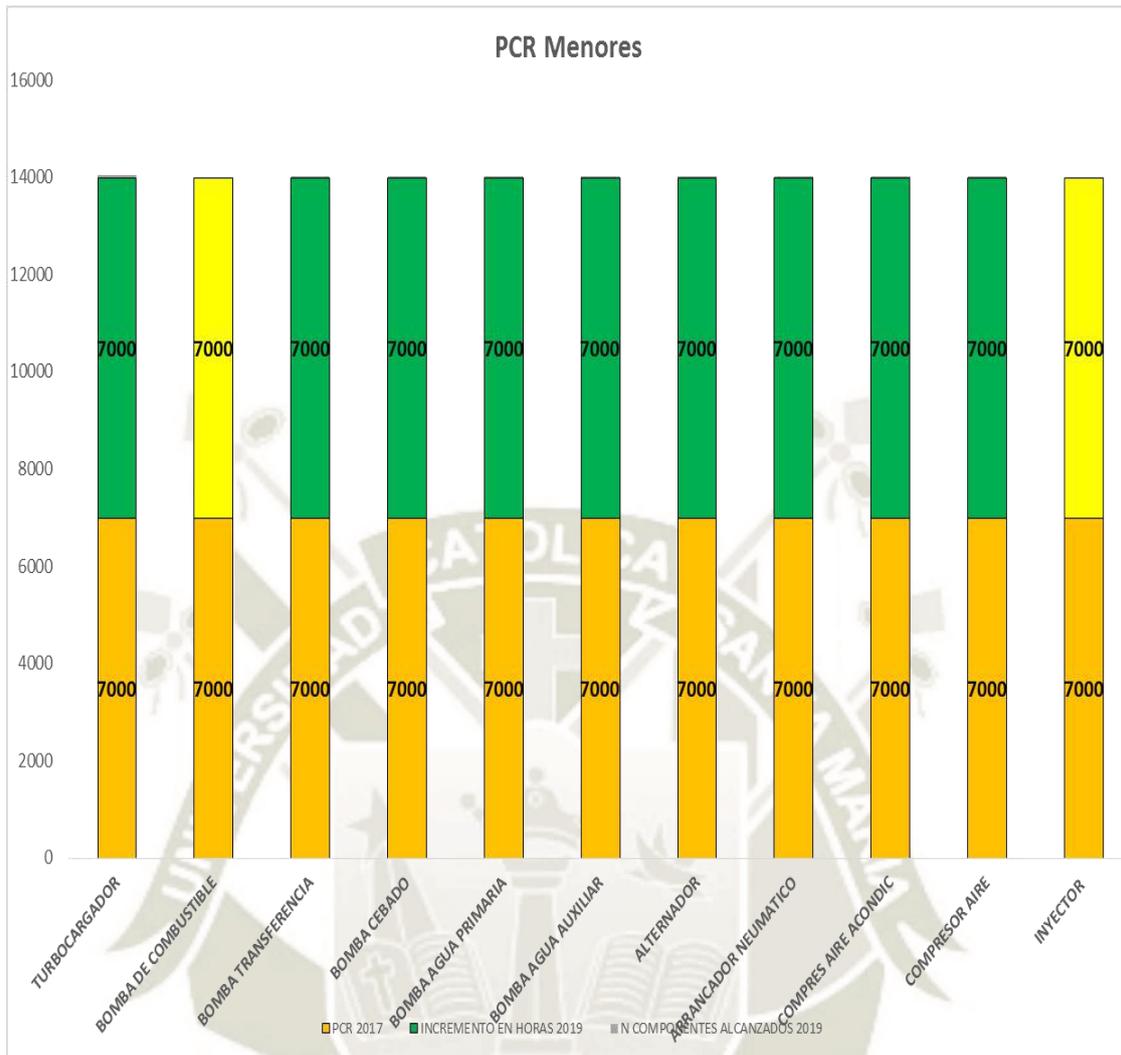


Figura 45. Extensión de PCR de componentes menores de motor

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se muestra PCR periodo 2017 y extensión al año 2019, para llevar a cabo la extensión de estos componentes es necesario conocer los modos de falla más comunes que afectan a estos y saber las medidas que debemos tomar para no tener paradas por cambio de estos por falla.

A continuación, se detalla los modos de falla y los planes de acción a tomar para evitar el cambio de estos componentes por falla.

Tabla 109. Modos de falla de componentes de Media vida.

Subcomponente	Pcr 2017	Pcr2019	Incremento en horas 2019	Modo de falla	Acción
Turbocargador	7000	14000	7000	Fractura del eje lado turbina	Kit en site.
					inspecciones aleatorias en maquina
Bomba de combustible	7000	14000	7000	T°>5°, fe en el tapón magnético	Kit en mina, monitoreo de t° de combustible en el motor mediante vims remoto
Bomba transferencia	7000	14000	7000	Falla por fuga interna	Repuesto en site
Bomba cebado	7000	14000	7000	Fuga externa-interna, no acciona	Repuesto en site
Bomba agua primaria	7000	14000	7000	Fuga por agujero testigo	Kits, y herramientas en mina
					Aplicación de sl por fuga
					Bomba rolling
Bomba agua auxiliar	7000	14000	7000	Fuga por agujero testigo	Kits, y herramientas en mina
					Aplicación de sl por fuga
					Bomba rolling
Alternador	7000	14000	7000	Alto voltaje, bajo voltaje	repuesto en site
Arrancador neumático	7000	14000	7000	Arrancador se queda sin aire y genera falla	Revisión tema operacional.
					Todas las semanas se comparte a la empresa minera los eventos operacionales
Compresor aire acondicionado	7000	14000	7000	Compresor falla por falta de recarga de ac	Revisión del procedimiento de recarga
				Partes internas secas del componente	
Compresor aire	7000	14000	7000	Aceite en el sistema neumático.	Caso aislado.
					Modificación del gobernador de aire ayuda al sistema en su limpieza
Inyector	7000	14000	7000	Vot	Descarga información electrónica en cada pm

Fuente: Elaboración propia

Comentario: se detalla modos de falla y planes de acción a tomar por cada uno de los componentes internos de motor considerados de media vida.

Tabla 110. Cumplimiento del plan de cambio de componentes media vida

SUBCOMPONENTE	PCR 2017	PCR2019-2020	INCREMENTO EN HORAS 2019 -2020	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL X MAQUINA	Proyeccion de cambio de componentes 2018	Proyeccion de cambio de componentes 2019	N° COMPONENTES ALCANZADOS 2018	Porcentaje de cumplimiento 2018	N COMPONENTES ALCANZADOS 2019	Porcentaje de cumplimiento 2019
TURBOCARGADOR	7000	14000	7000	\$ 10,637.00	4	\$ 42,548.00	32	32	30	94%	29	91%
BOMBA DE COMBUSTIBLE	7000	14000	7000	\$ 25,408.00	1	\$ 25,408.00	8	8	0	0%	0	0%
BOMBA TRANSFERENCIA	7000	14000	7000	\$ 1,354.00	1	\$ 1,354.00	8	8	7	88%	8	100%
BOMBA CEBADO	7000	14000	7000	\$ 779.00	1	\$ 779.00	8	8	8	100%	8	100%
BOMBA AGUA PRIMARIA	7000	14000	7000	\$ 3,811.00	1	\$ 3,811.00	8	8	6	75%	3	38%
BOMBA AGUA AUXILIAR	7000	14000	7000	\$ 2,239.00	1	\$ 2,239.00	8	8	5	63%	5	63%
ALTERNADOR	7000	14000	7000	\$ 4,205.00	1	\$ 4,205.00	8	8	6	75%	5	63%
ARRANCADOR NEUMATICO	7000	14000	7000	\$ 5,353.00	1	\$ 5,353.00	8	8	6	75%	7	88%
COMPRES AIRE ACONDIC	7000	14000	7000	\$ 789.00	1	\$ 789.00	8	8	7	88%	6	75%
COMPRESOR AIRE	7000	14000	7000	\$ 2,816.00	1	\$ 2,816.00	8	8	8	100%	7	88%
INVECTOR	7000	14000	7000	\$ 1,847.00	20	\$ 36,940.00	160	160	0	0%	0	0%

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la siguiente tabla se detallan las estrategias en el periodo 2017, 2018 y 2019, así como la proyección de componentes que se debían cambiar y el porcentaje de cumplimiento del plan, en los periodos 2018 y 2019 se cambiaron 8 motores por PCR a las 14000 horas.

Tabla 111. Ahorro por extensión de PCR de componentes menores ML

RESUMEN DE CAMBIO	SUBCOMPONENTE	TOTAL Cmm	AHORRO	ahorro 2018	ahorro 2019	
Teste de rendimiento y seguimiento VIMS	TURBOCARGADOR	59	\$ 627,583.00	\$ 319,110.00	\$ 308,473.00	m o t o r
Seguimiento por temperatura alta y rep en site	BOMBA DE COMBUSTIBLE	0	\$ -	\$ -	\$ -	
Con cambio de motor	BOMBA TRANSFERENCIA	15	\$ 20,310.00	\$ 9,478.00	\$ 10,832.00	
Con cambio de motor	BOMBA CEBADO	16	\$ 12,464.00	\$ 6,232.00	\$ 6,232.00	
Seguimiento por fuga y Kits de reparacion en mina	BOMBA AGUA PRIMARIA	9	\$ 34,299.00	\$ 22,866.00	\$ 11,433.00	
Seguimiento por fuga y Kits de reparacion en mina	BOMBA AGUA AUXILIAR	10	\$ 22,390.00	\$ 11,195.00	\$ 11,195.00	
Seguimiento por condiceno electrica y baterias	ALTERNADOR	11	\$ 46,255.00	\$ 25,230.00	\$ 21,025.00	
Sistema neumatico limpio sin aceite	ARRANCADOR NEUMATICO	13	\$ 69,589.00	\$ 32,118.00	\$ 37,471.00	
seguimiento por condicion de carga AC	COMPRES AIRE ACONDIC	13	\$ 10,257.00	\$ 5,523.00	\$ 4,734.00	
Sistema neumatico limpio sin aceite	COMPRESOR AIRE	15	\$ 42,240.00	\$ 22,528.00	\$ 19,712.00	
seguimiento mediante VOT (Tiempo de apertura de valvula)	INVECTOR	0	\$ -	\$ -	\$ -	

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Conociendo la cantidad de componentes que no fallaron y se cambiaron junto con el motor es posible determinar el ahorro.

En la tabla se detalla el ahorro en los periodos 2018 y 2019.

Tabla 112. Ahorro total media vida motor

AHORRO TOTAL MEDIA VIDA MOTOR	Periodo 2018	Periodo 2019
		\$ 454,280.00

Fuente: Elaboración propia

Comentario: El ahorro anual por la extensión de vida de los componentes menores de motor es de medio millón de dólares al año

Mejora de confiabilidad de reparaciones de componentes

Para mejorar la confiabilidad de los componentes reparados, es necesario que los todos los componentes menores que se cambian en estos sean nuevos, en hasta el periodo 2017 y parte del 2018 el taller de reparaciones usa en la mayoría de reparaciones componentes REMAN los cuales son componentes reparados a cero horas, los cuales originan paradas cuando el equipo opera con estos componentes.

Tabla 113. Mejora de confiabilidad de reparaciones de componentes

Componente	Costo de reparación 2017	Costo de reparación 2018-2019	Incremento	Incremento
Susp post	\$17,901.00	\$18,444.52	\$543.52	3%
Cil levante	\$17,329.00	\$18,444.52	\$1,115.52	6%
Diferencial	\$62,778.00	\$74,347.73	\$11,569.73	18%
Mando final	\$208,180.00	\$218,473.96	\$10,293.96	5%
Ruedas	\$73,747.00	\$75,897.20	\$2,150.20	3%
Susp del	\$15,373.00	\$16,883.92	\$1,510.92	10%
Motor	\$483,633.00	\$582,473.55	\$98,840.55	20%
Convertidor	\$70,527.00	\$83,826.20	\$13,299.20	19%
Transmisión	\$130,998.00	\$167,746.68	\$36,748.68	28%
Total	1,080,466.00	1,256,538.28	176,072.28	16%

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Para que el taller de reparaciones opte por la utilización de componentes nuevos fue necesario que intervenga la parte comercial ya que estos tienen un mayor precio, el cliente acepta la propuesta de usar componentes menores nuevos, esto en costo implica un incremento del 13% en el costo de la tarifa fija de toda la máquina, sin embargo, permitirá que los equipos no paren por falla de estos componentes.

4.2.2.3. Mejoras técnicas para elevar indicadores de mantenimiento

a) Reducción de paradas por enllantes

Se inicia un comité de llantas para poder realizar un estudio que revele el origen de los diferentes eventos de falla en las llantas, en coordinación con operaciones mina, mantenimiento mina y el representante de la marca Bridgestone.

- Del primer comité de llantas se concluyó la necesidad de retomar los FPO (fleet productivity optimization) en la operación minera.
- Se habilitará las funciones TKPH y la configuración del RAC cuando las carreteras estén operativas.
- A fines de año el número de eventos por cortes de llantas, separación térmica e incrustaciones deberían disminuir dramáticamente y las horas de MTBF incrementarse de acuerdo al análisis calculado además de la disponibilidad.
- Valores de evaluación: RACK ,PICTH Y BIAS

RACK: medida que indica la torcedura del frame y cargar los componentes de la maquina La cantidad de “torcimiento” sufrido por el chasis. Efectos en componentes Incremento de tensión en el chasis, cilindros de suspensión bearings de montaje, tolva y el chasis, puntos pivot de tolva, y el bearing del “A” frame.

PITCH: es la diferencia entre los totales de presiones de puntal de ambas ruedas delanteras y ambas ruedas traseras; Por diseño, carga por eje debe generar presiones del puntal trasero iguales a aproximadamente el doble de las presiones del puntal delantero.

BIAS: muestra si la colocación de la carga es central o a un lado del camión durante el ciclo de carga, También muestra si es significativo La carga “dinámica” se produce cuando la máquina negocia pendientes cruzadas o esquinas a gran velocidad donde la súper elevación no es suficiente; llamado “Máquina BIAS”.



Foto 9. Mapeo de ruta

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la foto se observa el recorrido de unvolqueteb797f, el sistema calcula la velocidad, altura, distancia, pendiente, para saber si las carreteras están en buen estado.



Foto 10. Mapeo de ruta

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la foto nos muestra el alabeo que tiene el camión en este tramo de carretera el cual es de 7 grados.



Figura 46. Los principales puntos a evaluar en un recorrido

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: en la imagen se observa diferentes puntos de análisis del equipo en una ruta definida.



Foto 11. Puntos a evaluar, la carga.

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la foto se evalúa el correcto llenado de la tolva en un volquete 797F, la carga debe ser colocada uniformemente para que no malogre las llantas.

b) Reducción de paradas eléctricas

EL 30% de Paradas está enfocado a paradas por sensores del motor, de estos más del 50% de fallas está enfocado en los sensores de presión atmosférica y de temperatura de escape. Eliminando estas paradas se subiría el MTBF de abril en 5 horas más.

- El 22% de paradas se debe debido a luces, reduciendo estas paradas en un 80% se obtendría 3 horas más de MTBF semestral.
- En el resto de subsistemas existe una alta variedad de modos de falla y se podría reducir estos en un 40% evitando paradas por limpieza y sujeción de conectores y sensores. Obtendríamos un incremento en alrededor de ~2 horas en el MTBF semestral.
- Se inicia un programa de mantenimiento de todo el sistema eléctrico de 24 voltios en especial los harnees, conectores y cables del motor de combustión la idea es aislar toda conexión eléctrica del medio ambiente (agua, temperatura elevada y polvo).
- Se idea nuevas formas de aislar los conectores de sensores y harnees estratégicos donde se encontraron la mayor frecuencia de fallas por falso contacto, desconexión, rotura, y otros.
- A fin de año todos los camiones deben tener las mejoras implementadas y el número de eventos debe disminuir dramáticamente impactando directamente en el incremento del MTBF y disponibilidad.
- Desde enero 2019 en flota 797F (En proceso)

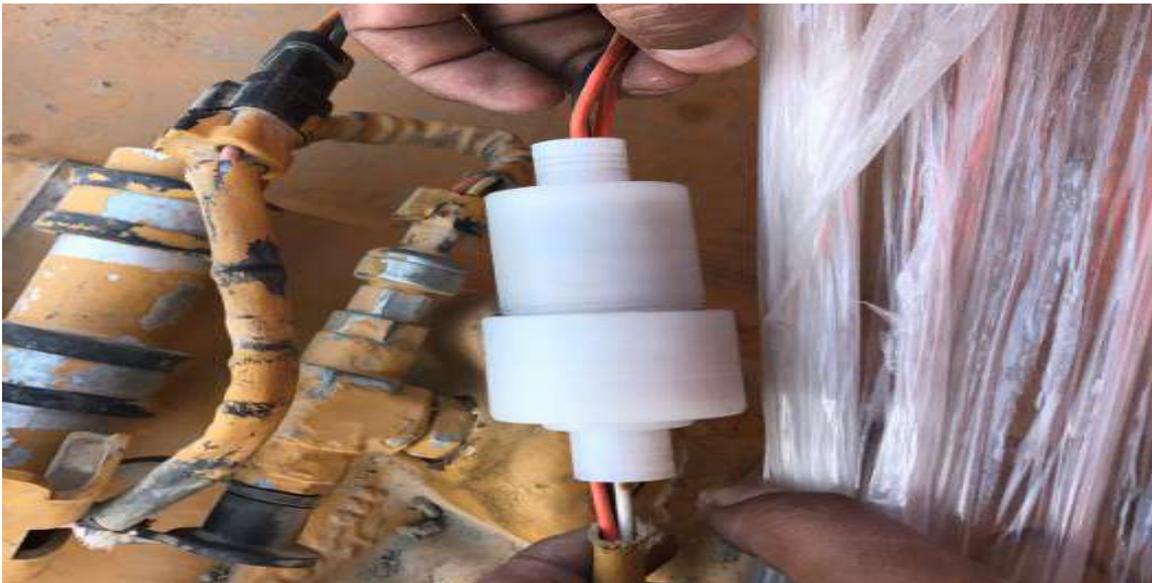


Foto 12. Protector de harness y sistemas eléctricos

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la foto se observa el conector eléctrico que protege todos los harness del equipo, este protector evita que ingreso polvo u otras partículas que aceleran el desgaste de los dispositivos eléctricos.

c) Sistema eléctrico:

1. Aplicación de grasa dieléctrica y barniz aislante en conectores BITM2620 . y encapsular

Problema: En la actualidad se tiene eventos eléctricos en los camiones debido a falsos contactos, estos ocasionados por una deficiencia en el encapsulado de los conectores que permiten el ingreso de contaminantes dentro de las conexiones eléctricas ocasionando daños en los pines (sulfatación, corrosión, mala conexión), como resultado de esto tenemos un impacto en el número de paradas eléctricas siendo una de las principales fuentes de pérdida en los KPIs (MTBF, Disponibilidad)

Acción requerida: Mejorar el aislamiento de conectores eléctricos, evitando el ingreso de agua, polvo y partículas extrañas en las conexiones eléctricas.

2. Cambio proactivo de Bulbos cada 2000hrs

Problema: Los camiones 797F presentan fallas en las lámparas halógenas 351-9918 para luz baja de carretera y en las lámparas HID 290-8160 para luz alta de carretera por vibración y altas horas de servicio.

Acción requerida: Reemplazar las lámparas cada 2000 hrs que es promedio de vida de las lámparas de luces de trabajo, para evitar paradas en campo que se traducen en pérdida de producción.

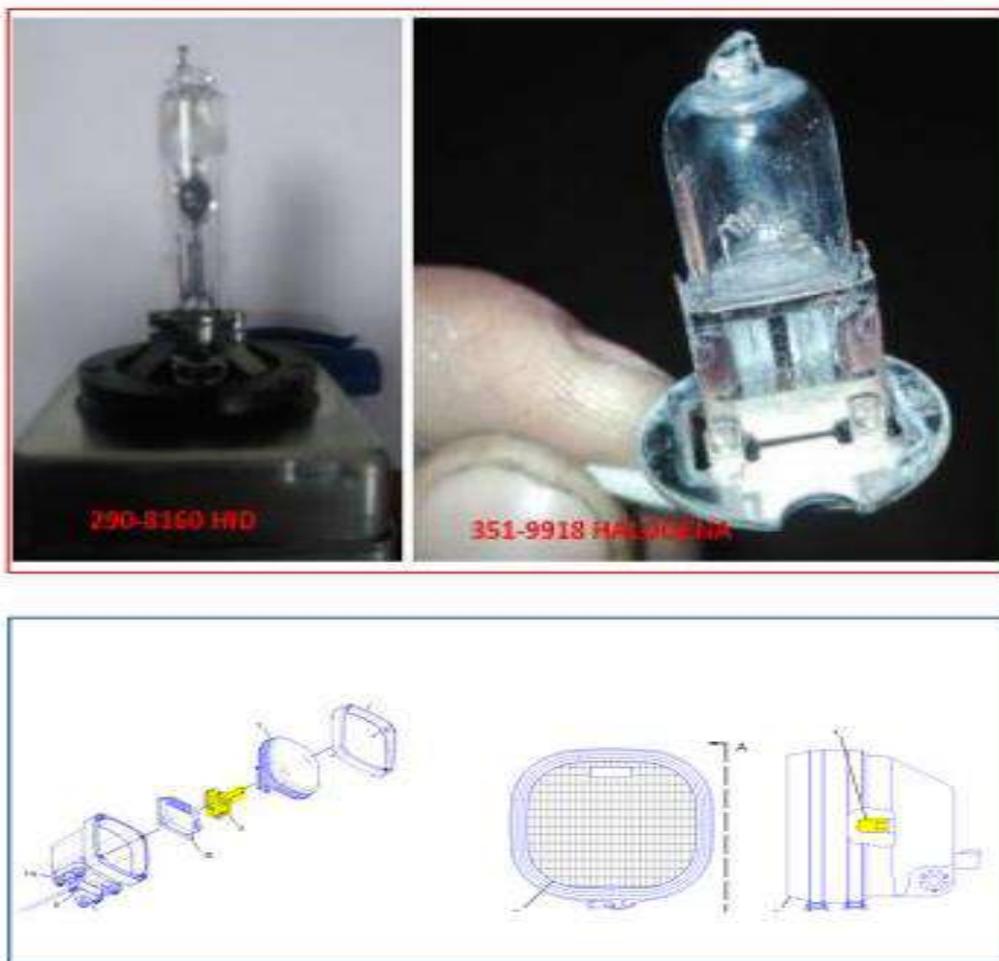


Figura 47. Bulbos - Configuración lámparas

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En las imágenes se muestran los bulbos quemados después de corto tiempo.

3. Aplicación cambio Harnes de motor izquierdo a media vida

Problema: El arnés eléctrico del motor 463-5286 existente puede fallar. Si el arnés del motor falla, puede causar fallas eléctricas y apagar el motor.

- **Acción requerida:** Reemplazar el arnés eléctrico del motor cada 7500 horas (vida media).

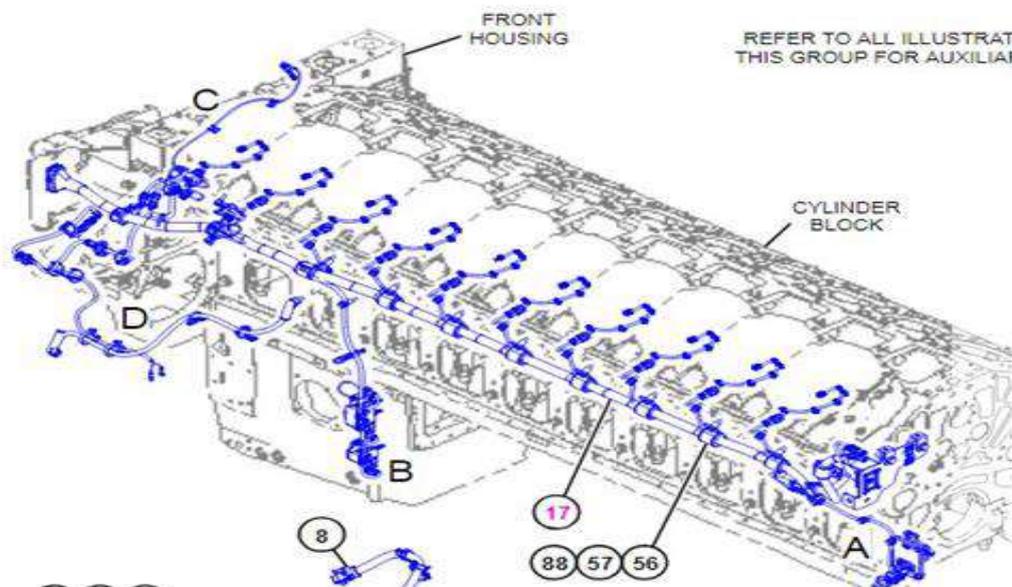


Figura 48. Harnes izquierdo de motor

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: en la imagen se muestra los harnes del lado izquierdo del motor los cuales deben cambiarse a media vida del motor.

4. Aplicación brackets de sujeción

Los nuevos soportes de soporte del arnés eléctrico de motor se utilizan ahora en ciertos motores de camiones fuera de carretera C-175

Problema: Los harnés existentes pueden fallar con códigos eléctricos intermitentes debido a conexiones sueltas.

Acción requerida: Instalar los soportes del harnes eléctrico que evita se combe con el tiempo. Se mejoró el enrutamiento y el soporte del arnés de cables para sensores de presión del refrigerante y los sensores de temperatura de salida del bloque. Reducen la probabilidad de tener conexiones de harnes sueltas y mejora la integridad de los diferentes cables de circuito.

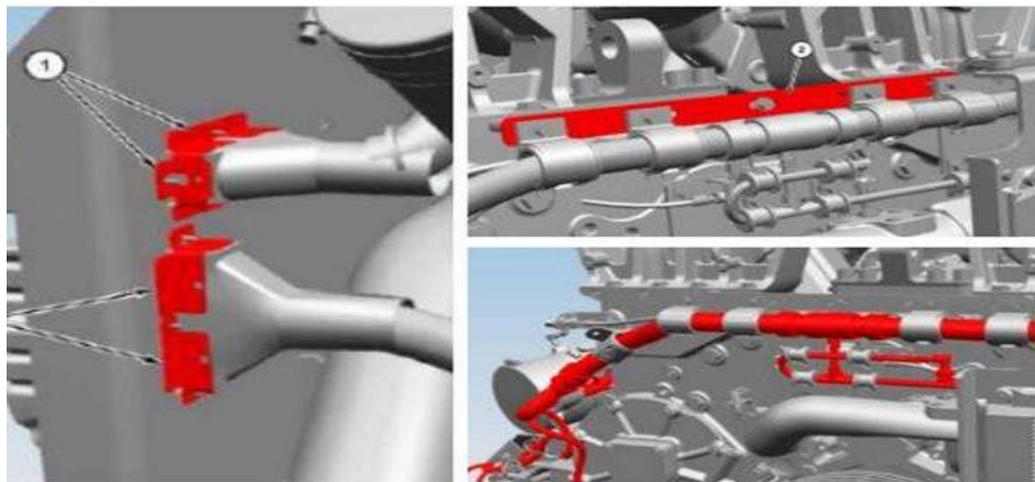


Figura 49. Bracket de sujeción

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la figura se muestra los soportes del harnés eléctrico Reducen la probabilidad de tener conexiones de arnés sueltas y mejora la integridad de los diferentes cables de circuito.

5. Aplicación cambio proactivo harnes FCV

Programa de soporte de productos para reemplazar el arnés eléctrico de motor de la bomba de combustible 365-5949 o 549-2194.

Problema: El arnés eléctrico del motor de la bomba de combustible 365-5949 o 549-2194 existente puede fallar. Si el arnés del motor de la bomba de combustible existente falla, puede apagar el motor.

Acción requerida: Reemplazar el arnés del motor de la bomba de combustible cada 7500 horas (vida media).

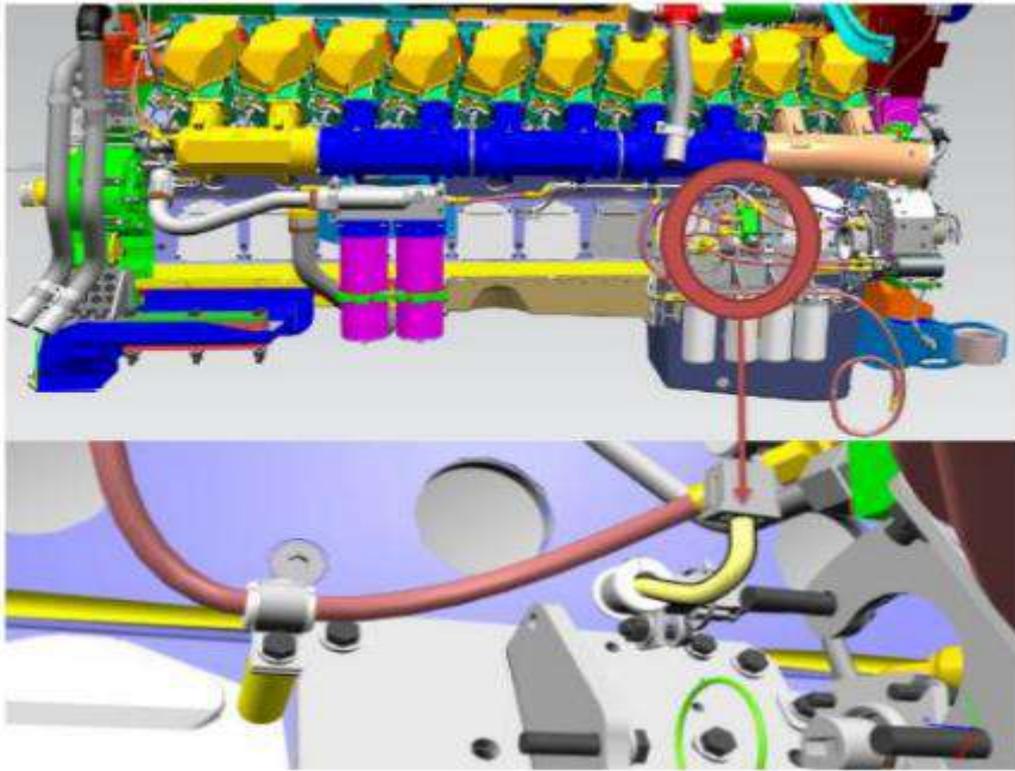


Figura 50. Harnees Bomba de combustible

Fuente: Empresa Contratista

6. Aplicación cambio harnees inyector PS90797

Programa de apoyo al producto para reemplazar los arneses eléctricos de inyectores en determinados carreteros 797f de carretera.

Problema: El harnés eléctrico del inyector existente puede experimentar fallas intermitentes, códigos activos FMI05 y FMI06.

Acción requerida: Instalar el nuevo arnés de cableado de inyector que trae un precinto para mayor sujeción.

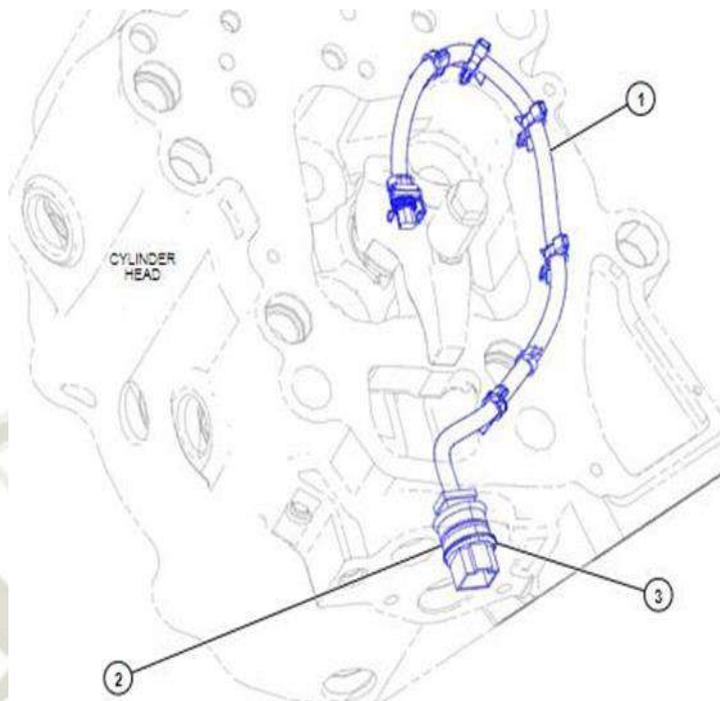


Figura 51. Harnes Inyector

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la figura se nos muestra un harness que viene con un precinto el cual evitara la vibración y las fallas que estas ocasiones.

7. Reubicar el ECM

Montado en el motor al pedestal de marco en ciertos camiones 797f fuera de carretera

Problema: Los montajes existentes de ECM montados en el motor pueden fallar en ciertos camiones fuera de carretera 797F. Si los montajes existentes fallan, puede causar fallas en la conexión del ECM.

Acción requerida: El ECM se traslada del motor al bastidor para mejorar la vida útil del ECM.

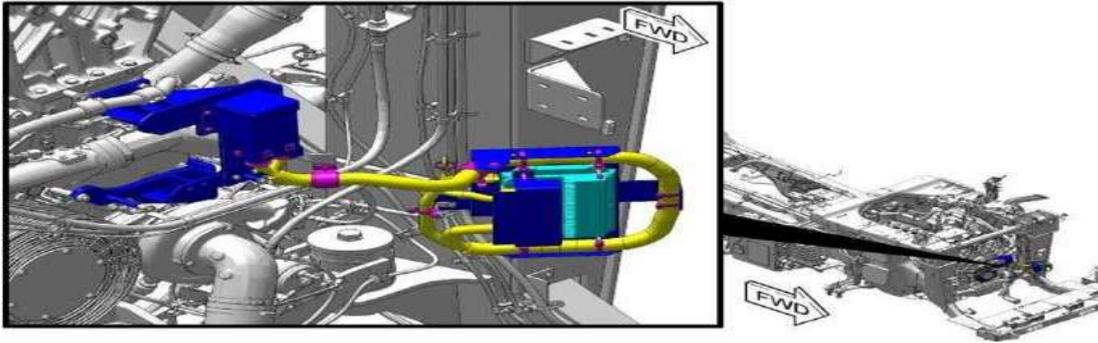


Figura 52. Ubicación de ECM

Fuente: Empresa Contratista.

Comentario: En la imagen se muestra la nueva ubicación del ECM en el chasis, ya que anteriormente se encontraban en el motor, este al hacer vibraciones ocasionales fallas eléctricas.

8. Inyector

Se ha reportado múltiples cambios de inyectores por el evento FMI 7.

Se ha encontrado daños internos en el inyector por contaminación externa en el combustible (con un ISO CODE alto).

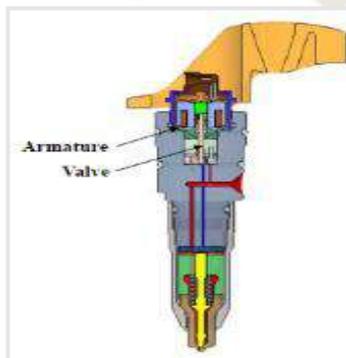


Figura 53. Vista transversal del Inyector

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la figura se observa un inyector de combustible de motor del volquete 797f.

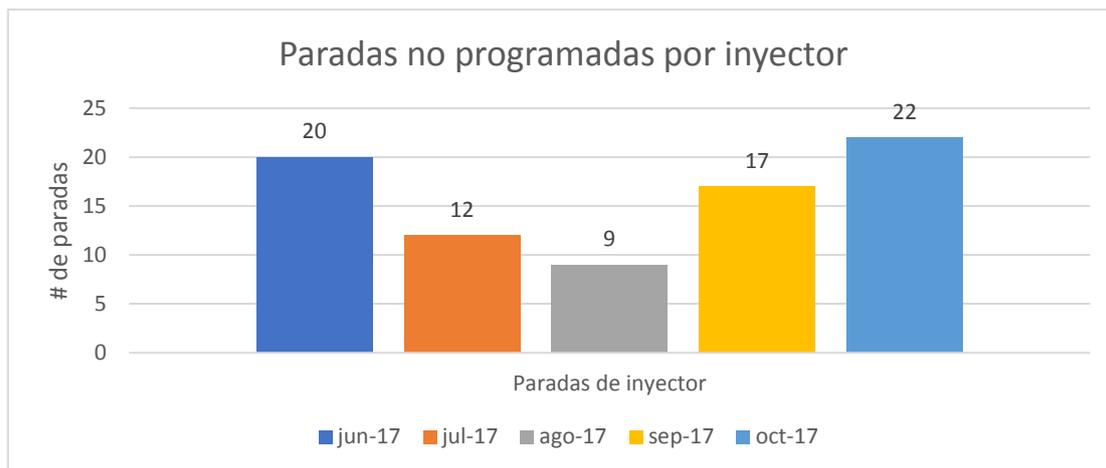


Figura 54. Paradas por inyector - 2017

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En el periodo de diagnóstico, 2017, se puede observar una tendencia creciente en lo que respecta a las aparadas no programadas por inyector, así al mes de octubre se tuvo 22 paradas en total, siendo la cifra más alta.

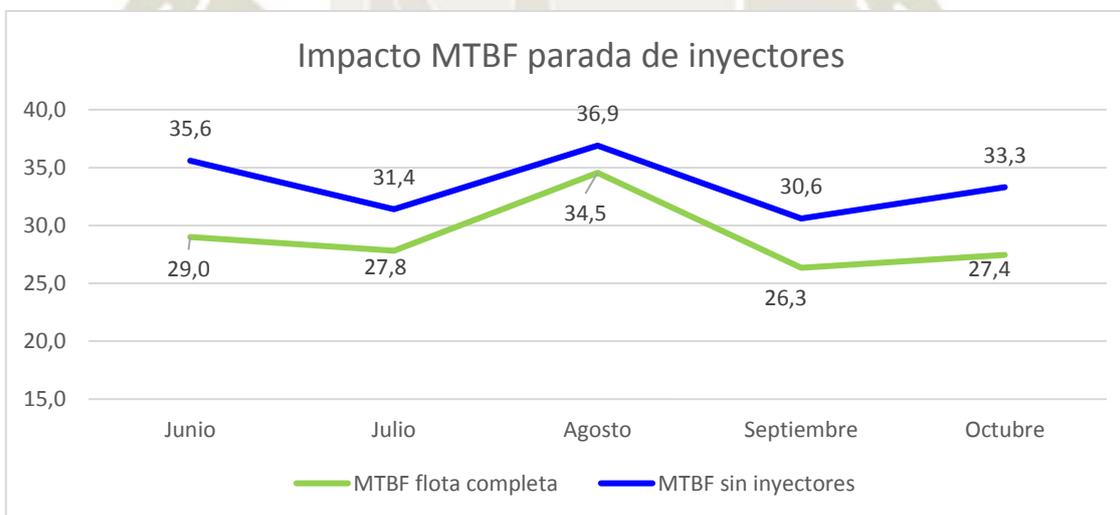


Figura 55. Impacto MTBF parada de inyectores

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: Se puede observar que el MTBF sin considerar a los inyectores se ve más elevado en comparación del de la flota completa.

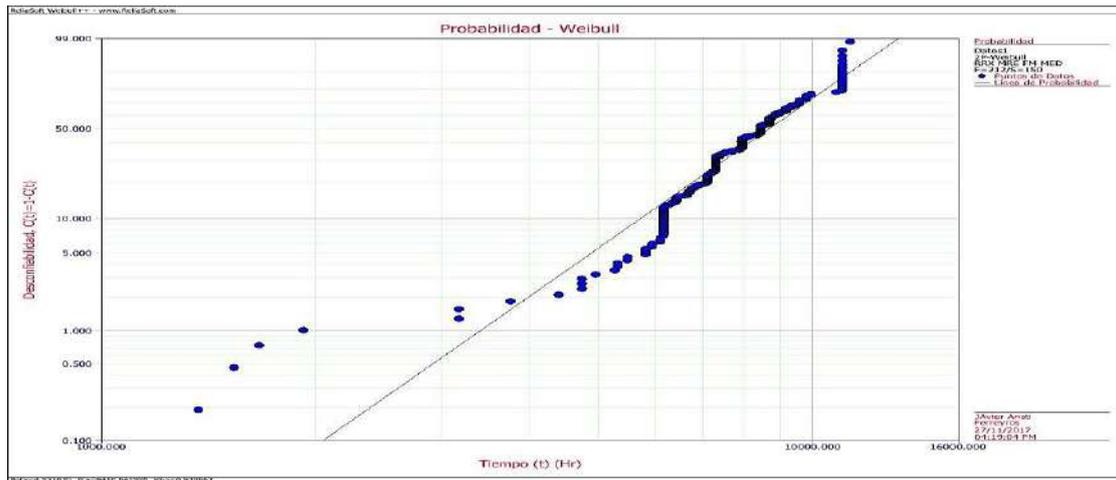


Figura 56. Probabilidad Weibull

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: 7000Hrs se tiene una probabilidad de falla del 20%

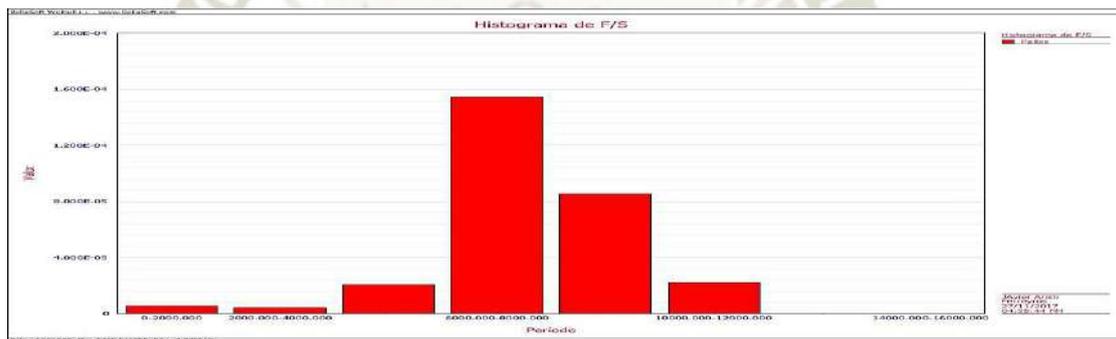


Figura 57. Histograma de fallas

Fuente: Elaboración Propia

El 80 % de fallas están comprendidas entre 7000Hrs a 12000Hrs

Acciones correctivas interina:

- Llevar control por monitoreo de valores de VOT para adelantarnos a la falla.
- Acción Correctiva Permanente (PCA).
- Utilizar los nuevos inyectores según SM M0067056 “A New Fuel.
- Aplicar todas las mejoras que ayudan a limpiar el combustible en el Motor
- Monitorear para hacer cambios programados en PM.

d) Recarga de Aire

- Aplicación de gobernadores 7N-9195.
- Aplicación SM SEPD1974 líneas de aire mejoradas.
- Aplicar BITM2625 evaluación de fugas en el sistema de aire

e) Cambio de Sellos Duocone:

Problema:

- Fuga interna y externa de aceite.



Foto 13. Fuga por rotura de Sellos Duocone

Fuente: Elaboración Propia

Solución:

- Cambio se Sellos Duo Cone en mina

Beneficio:

- Reducción de gastos en reparaciones.
- Reducción de componentes en protección.
- Eliminación de descuentos en reparaciones.

Tabla 114. Beneficios Cambio Sellos Duocone

Reparación Parcial en Talleres CRC							
Componente	Prorrateo	Costo Prom Rep. Parciales	Flete (Ida & Vuelta)	FEE (Pic)	Sub-total US (\$)	Cantidad	Total
Mando Final	-	80,055.00	6,900.00	45,953.29	132,908.29	14.00	1,860,716.06
Rueda	-	14,684.00	4,000.00	19,403.21	38,087.21	4.00	152,348.84
							\$2,013,064.90
Reparación Total en Talleres CRC							
Componente	Prorrateo a 12,000 hr	Costo Rep. Total	Flete (Ida & Vuelta)	FEE (Pic)	Sub-total US (\$)	Cantidad	Total
Mando Final	0.83	211,579.13	6,900.00	45,953.29	264,432.42	14.00	3,063,768.73
Rueda	0.83	77,064.98	4,000.00	19,403.21	100,468.19	4.00	332,584.35
							\$3,396,353.08
Descuento al cliente por Prorrateo							
Componente	Prorrateo a 12,000 hr	Costo Rep. Total	Costo total prorrateado	Dif. No pagada por el cliente			
Mando Final	0.83	3,702,053.88	3,063,768.73	638,285.15			
Rueda	0.83	401,872.76	332,584.35	69,288.41			
			Descuento	707,573.56			
Nota: Costo de reparación de Mandos Finales en Site: \$ 133,236.00							\$133,236.00

Fuente: Empresa Contratista

f) PROTECCION DE MANGUERAS

- Actualmente las mangueras de los sistemas de maquina están con deficiencia, como rozamiento en chasis y rozamiento entre mangueras
- A la Empresa Minera se le presento el proyecto de protección de mangueras Los Kits de componentes mayores (en especial el motor) fue actualizado los Kits incluyendo mangueras en cambios por horas.
- **Modo de Falla/Desgaste por Rozamiento**



Foto 14. Desgaste por Rozamiento

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la foto se observa diferentes puntos donde las mangueras rozan entre si y se ocasiona un desaste que origina fugas de fluidos



Foto 15. Protección de Mangueras

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la foto se observa protectores de mangueras a mangueras del sistema de admisión, si se observa bien estos protectores se colocan en las zonas de rozamiento entre mangueras con el fin de evitar fugas y paradas de mantenimientos correctivos que merman la disponibilidad y cionfiabilidad.

CAPÍTULO V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. INDICADORES DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL CON MEJORES PROPUESTAS

5.1.1. Disponibilidad

La disponibilidad se relaciona directamente con el nivel de servicio, pues el acuerdo existente entre el proveedor de servicio, es decir, la empresa contratista minera, y su cliente se deben conservar y cumplir ciertos estándares de manera que ambas partes pueden ser beneficiadas, en la disponibilidad de maquina ofrecida.



Figura 58. Disponibilidad Física – Contractual (porcentaje).

Fuente: Elaboración Propia.

Comentario: En la tabla se puede observar la evolución que se ha obtenido respecto a la disponibilidad desde el año 2017 (año en el que se realiza el diagnostico).

En el año 2018 y 2019 se ha experimentado un incremento tanto en la disponibilidad física como en la disponibilidad contractual. El incremento más resaltante se da a nivel de contrato donde se tuvo un incremento para los años 2018 y 2019 de 93 y 92.9 respetivamente.

Tabla 115. Disponibilidad y utilización 2017 – 2019 (porcentaje).

Disponibilidad	2017	2018	2019
Equipos	26	31	31
Física	89.5	91.2	91.2
Mecánica CAT	91.8	93.1	93.4
Contractual	91.8	93.0	92.9
Utilización	77.2	81.2	82.6

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la tabla se observa las disponibilidades y utilización de los periodos 2017 al 2019 en las cuales se observa un ligero incremento de esta.

Tabla 116. Disponibilidad mensual 2017 – 2019 (porcentaje).

		2017												YTD
UN		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Física	26	87.6	88.7	86.7	90.4	89.2	89.3	90.8	91.3	90.9	87.7	91.7	89.2	89.5
Mecánica		89.5	90.7	89.0	92.8	91.5	92.2	93.4	93.1	92.8	91.6	93.4	91.8	91.8
Contractual		90.4	91.5	88.7	93.0	91.5	92.1	93.2	92.7	92.7	91.2	93.0	91.7	91.8
Utilización		78.4	79.5	80.1	57.8	85.1	85.1	82.6	81.9	82.9	81.0	61.9	69.9	77.2
		2018												YTD
UN		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Física	32	89.0	90.9	90.4	89.7	90.0	89.7	91.2	91.8	92.6	92.5	94.2	92.5	91.2
Mecánica		90.6	92.7	92.3	92.3	92.4	91.9	93.0	93.8	94.2	94.0	95.6	94.1	93.1
Contractual		91.7	92.7	92.3	92.3	92.3	91.7	92.8	93.4	93.8	93.9	95.3	93.9	93.0
Utilización		82.3	73.5	78.3	81.6	80.2	81.8	83.9	84.3	82.6	82.5	82.4	80.5	81.2
		2019												YTD
UN		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Física	31	92.3	89.8	92.0	91.4	92.3	92.0	92.2	90.6	90.9	91.8	90.9	88.5	91.2
Mecánica		94.2	91.8	94.1	93.6	93.7	94.4	94.5	93.6	93.4	93.2	92.9	91.4	93.4
Contractual		93.9	91.5	93.8	93.0	93.6	93.8	94.0	93.3	92.2	93.0	92.3	90.8	92.9
Utilización		80.2	79.3	83.4	83.6	84.7	84.2	83.1	81.8	82.1	82.0	83.0	83.0	82.6

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la tabla se observa las disponibilidades y utilización por mes de los periodos 2017 al 2019 en las cuales se observa un ligero incremento de esta.

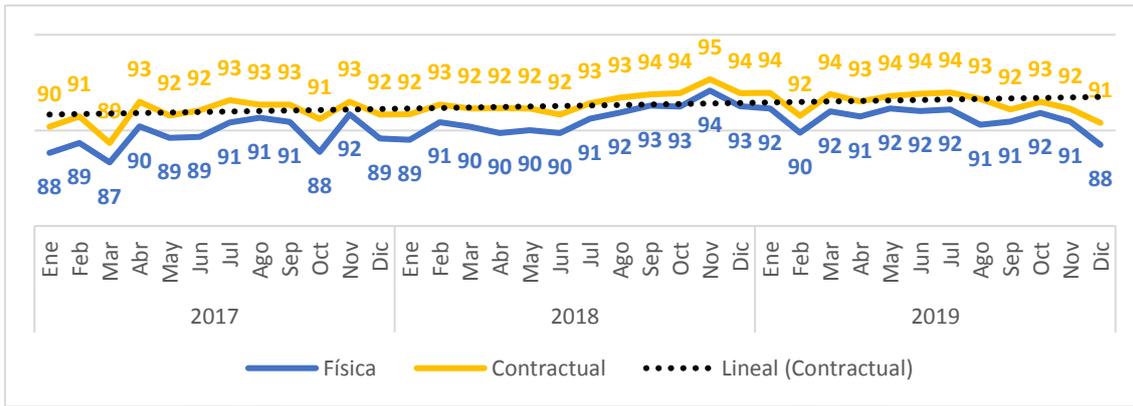


Figura 59. Disponibilidad Física - Contractual 2017 – 2019 (porcentaje).

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: Del gráfico se puede concluir que la disponibilidad contractual tiene una tendencia lineal creciente, por lo que, en años futuros, gracias a la implementación de la metodología RCM se podrá ir incrementando paulatinamente.

5.1.2. Confiabilidad

Con los datos caracterizados en cada bloque, se puede estimar el comportamiento de fallas para cada mes y finalmente establecer el comportamiento de la flota en estudio.

Tabla 117. Confiabilidad mensual 2017 (horas).

		Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
FISICA	MTBS	34	31	28	31	30	29	28	27	21	21	21	21	27
	MTBF	60	95	54	51	50	50	45	53	35	38	31	44	50
	MTTR	6	4	5	6	4	4	3	3	2	4	3	3	4
		Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
CONTRATO	MTBS	51	61	46	48	49	53	54	55	52	49	41	52	51
	MTBF	73	108	70	65	68	81	76	95	74	74	61	84	77
	MTTR	8	8	7	9	7	7	6	5	5	9	5	6	7

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la tabla se presenta la confiabilidad física y la contractual (contrato Marc), para cada mes en el periodo 2017 de diagnóstico.

Tabla 118. Disponibilidad mensual 2018 (horas).

		Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
FISICA	MTBS	35	27	29	29	28	33	37	39	42	40	40	36	35
	MTBF	43	33	42	55	34	37	42	44	50	48	47	42	43
	MTTR	5	3	3	4	3	5	4	4	3	4	3	3	4
		Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
CONTRATO	MTBS	67	50	71	77	63	71	71	69	68	65	67	59	67
	MTBF	126	70	97	128	92	102	108	94	107	98	99	83	100
	MTTR	8	6	7	9	7	9	7	6	6	6	5	5	7

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la tabla se presenta la confiabilidad física y la contractual (contrato Marc), para cada mes en el periodo 2018.

Tabla 119. Disponibilidad mensual 2019 (horas).

		Ene	feb	Mar	Ab r	May	Ju n	Ju l	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
FISICA	MTBS	35	30	37	40	44	36	43	27	28	28	28	22	33
	MTBF	41	35	45	49	54	43	53	31	32	32	32	24	39
	MTT R	4	4	4	4	5	3	4	3	3	3	3	3	4
		Ene	feb	Mar	Ab r	May	Ju n	Ju l	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
CONTRAT O	MTBS	62	56	70	73	74	57	73	53	50	53	53	38	59
	MTBF	85	76	105	106	99	73	97	75	64	76	66	46	81
	MTT R	5	7	7	8	7	5	6	7	6	5	5	5	6

Comentario: En la tabla se presenta la confiabilidad física y la contractual (contrato Marc), para cada mes en el periodo 2018.

Si se analiza la evolución que ha ido teniendo el promedio de horas entre fallas, se presenta una tendencia lineal, que finalmente en el mes de noviembre se observa un ligero incremento, comparando las cifras mensuales de dicho indicador.

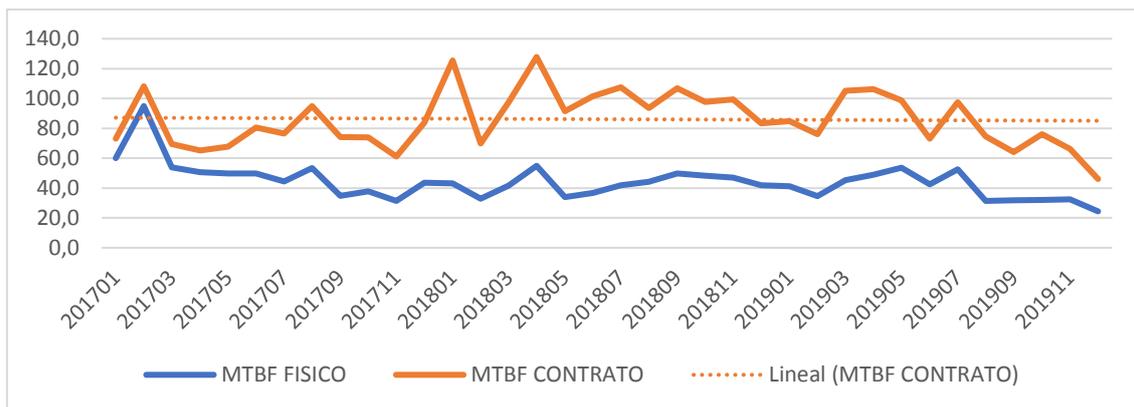


Figura 60. MTBF 2017 – 2019 (horas).

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: Considerando que el tiempo medio entre fallas es inversamente proporcional al número de averías, entonces se puede concluir que, la frecuencia con que suceden las fallas o averías, se reduce.

5.1.2.1.MTFS AFTER PM ANUAL

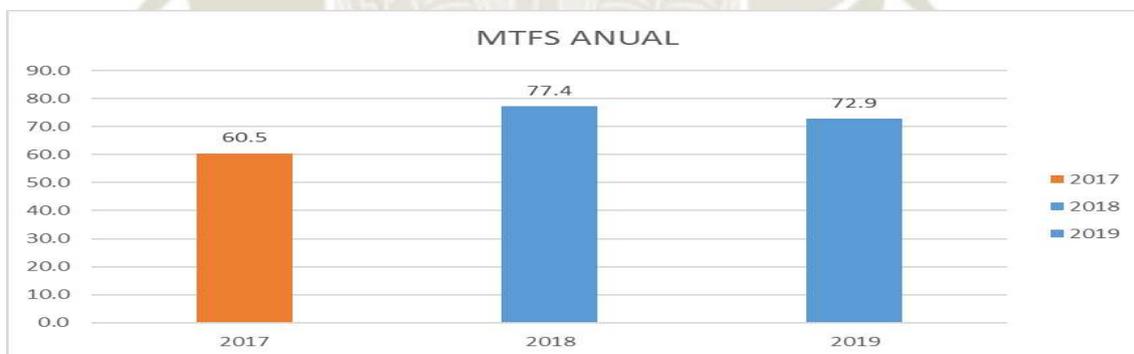


Figura 61. MTFS Anual-horas.

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: Respecto al tiempo fuera de servicio en el periodo 2018 (período de implementación), se puede observar que un promedio anual del 77.4 horas, mientras que en el periodo 2019 se observa una reducción al 72.9 horas, es decir, se redujo en un 6%.

5.1.2.2.MTFS AFTER PM TRIMESTRAL

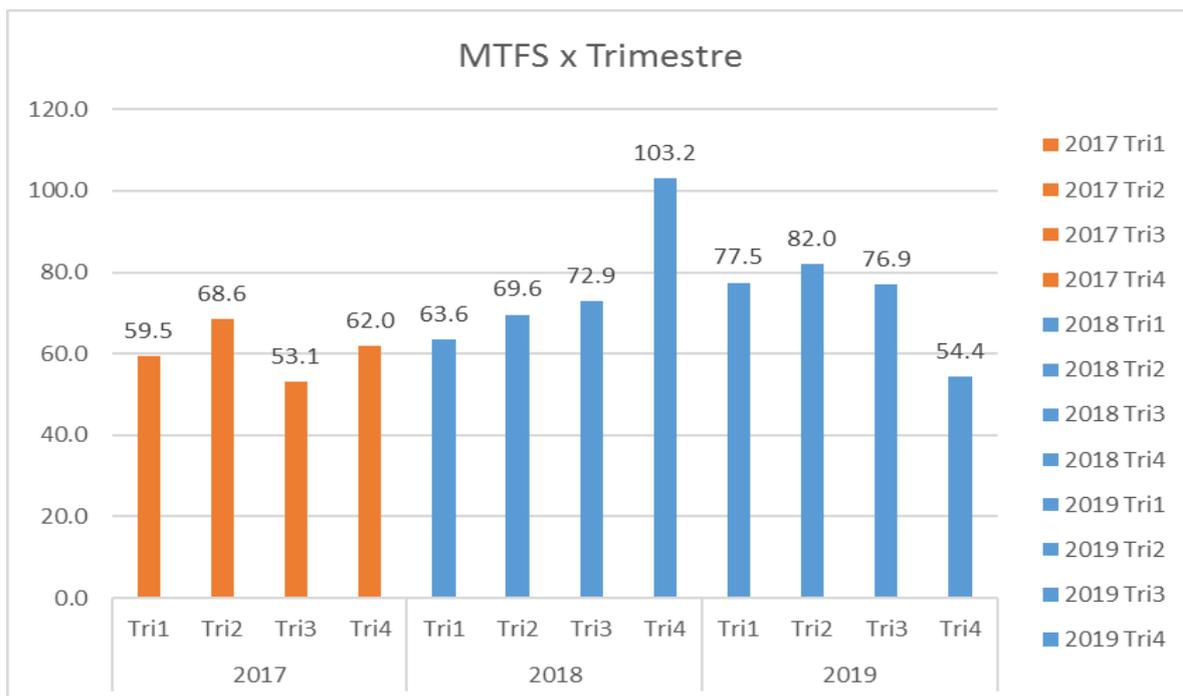


Figura 62. MTFS Trimestral

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En el caso del tiempo fuera de servicio trimestral de un camión 797F, se puede observar un gran incremento al finalizar el cuarto trimestre del periodo 2018. Hacia el período 2019 se puede observar una clara reducción, especialmente al finalizar el cuarto trimestre, donde se puede observar que se tiene un MTFS de 54.4 horas.

5.1.2.3.MTFS AFTER PM POR EQUIPO 2017-2019

Si se analiza el tiempo en el que cada equipo se encuentra fuera de servicio se puede observar que en el año de diagnóstico (2017) la flota solo estaba compuesta por 25 unidades y posteriormente se incorporan 7 unidades más.

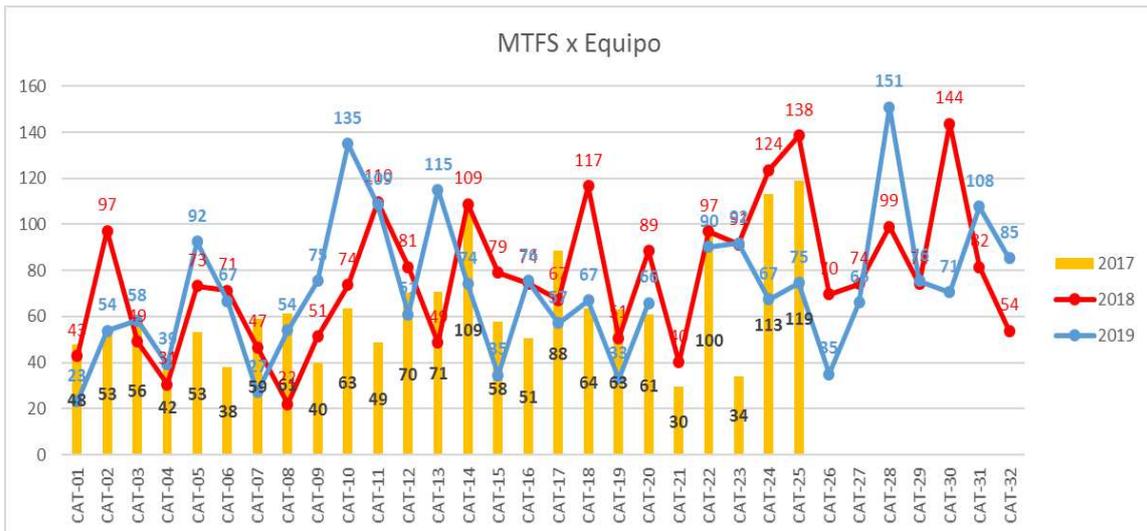


Figura 63. MTFS por Equipo

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En el año 2017, se puede observar que el equipo CAT- 21 es uno con el MTFS más bajo de toda la flota.

En el año 2018 se puede observar que entre los equipos con el menor tiempo fuera de servicio, se encuentra al CAT – 08, con un promedio de 22 hrs.

En el año 2019 uno de los equipos con el menor tiempo fuera de servicio es el CAT – 01, 07, 15, 19, 26, con cifras menores a las de 40 hrs.

En el siguiente gráfico se puede observar la estadística de las paradas atendidas en el año 2017, donde se puede observar que en mayor porcentaje las paradas atendidas corresponden al mantenimiento programado (45,4%), seguido de las paradas de carácter mecánico (34,7%). Finalmente, en menor porcentaje, se tienen las paradas eléctricas, por soldadura y enllante, cabe resaltar su importancia pues corresponden a paradas no programadas.

Paradas atendidas 2017

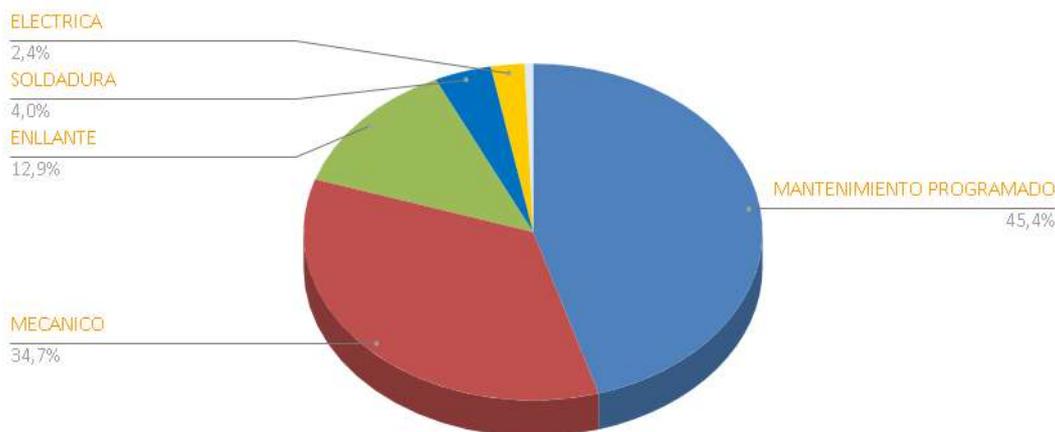


Figura 64. Paradas 2017

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la gráfica se puede observar la distribución porcentual del tipo de paradas físicas en el periodo 2017, observándose que las de mayor porcentaje corresponde a las paradas de mantenimientos programados.

Paradas atendidas 2017

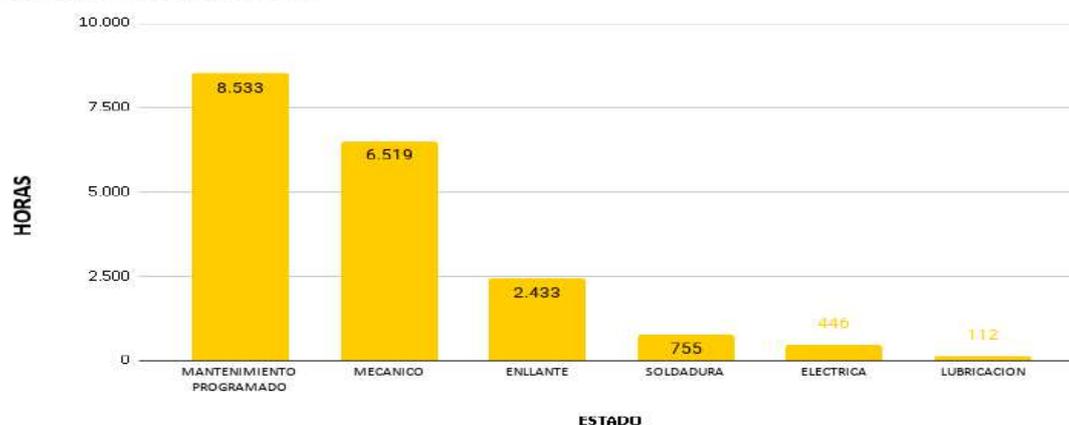


Figura 65. Horas de paradas atendidas 2017

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En el 2017, Se observa la distribución en función de horas de los tipos de paradas, observándose que las paradas por mantenimientos programados fueron las más grandes.

Paradas atendidas 2018

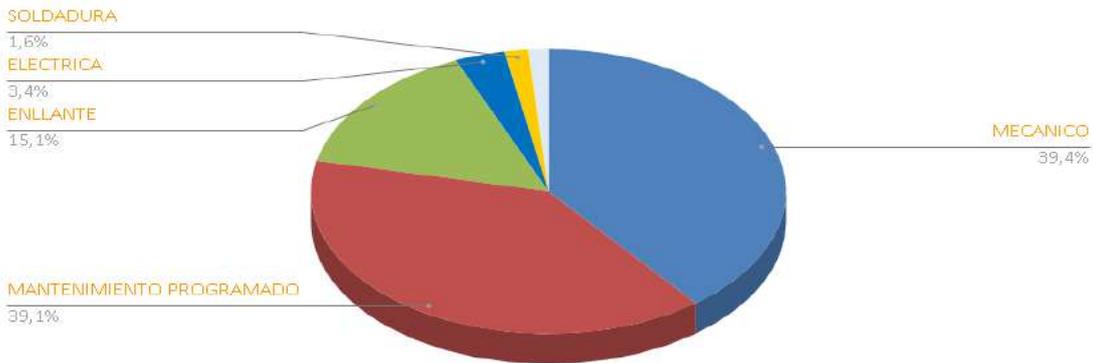


Figura 66. Paradas atendidas 218

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En el año 2018 se pudo observar que las paradas de carácter mecánico superan a las de mantenimiento programado esto se debe a la disminución de mantenimientos programados

Paradas atendidas 2018

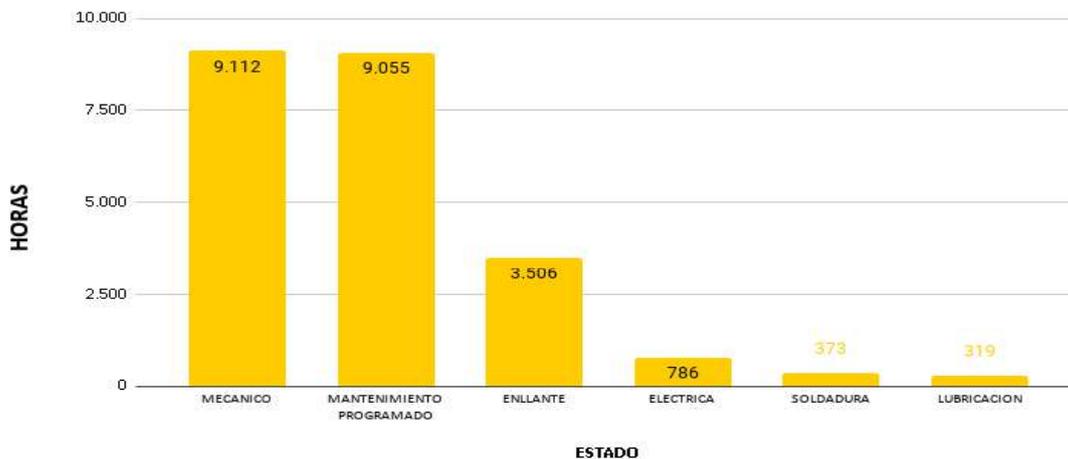


Figura 67. Horas paradas atendidas 2018

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En el 2018, Se observa la distribución en función de horas de los tipos de paradas, observándose que las paradas por mantenimientos mecánicos fueron las más grandes.

Paradas atendidas 2019

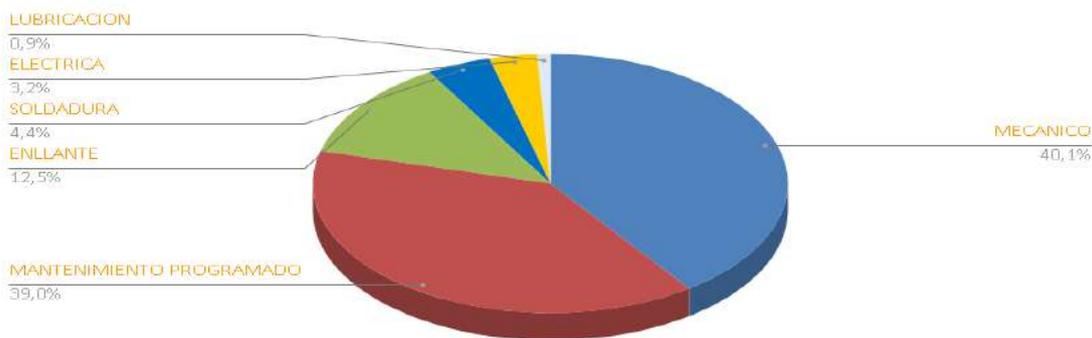


Figura 68. Paradas atendidas 2019

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En el año 2019 se pudo observar que las paradas de carácter mecánico superan a las de mantenimiento programado esto se debe a la disminución de mantenimientos programados

Paradas atendidas 2019

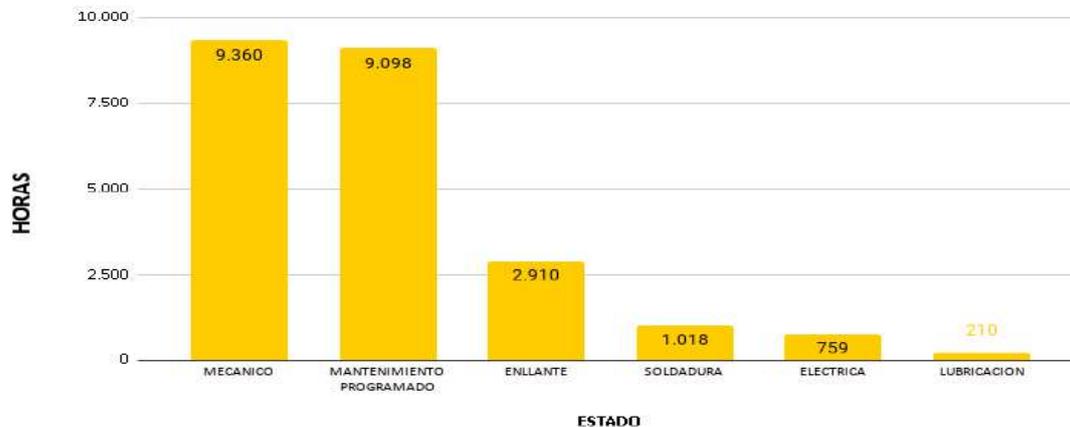


Figura 69. Paradas 2019

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En el 2019, Se observa la distribución en función de horas de los tipos de paradas, observándose que las paradas por mantenimientos mecánicos fueron las más grandes.

5.2.COMPARATIVO ECONÓMICO

5.2.1. Ahorro por implementación de estrategia - aumento

A continuación, se muestra el ahorro en número de piezas de componentes proyectado para los primeros 12 años.

Tabla 120. Número de Componentes Ahorradas

COMPONENTE	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1000-ENGINE	2	1	2	2	2	2	0	1	2	2	2	1
3030-TRANSMISSION	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	3
3101-TORQUE CONVERTER	2	0	2	2	4	4	1	2	2	2	3	0
3258-DIFFERENTIAL	2	3	1	1	1	2	1	0	3	3	0	2
4006-WHEEL & BRAKE ASSEMBLY	5	4	4	3	4	4	2	4	3	4	4	5
4008-FINAL DRIVE, BRAKE & WHEEL	4	5	3	5	4	4	4	4	4	3	5	4
4303-STEERING CYLINDER	5	4	5	4	9	3	6	14	4	5	5	5
5102-LIFT/HOIST CYLINDER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7201-SUSPENSION CYLINDER	0	3	3	2	3	2	5	2	2	4	2	5
7213-REAR SUSPENSION CYLINDER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total general	22	22	21	20	29	23	21	29	21	25	23	25

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la tabla se detallan los componentes que no se cambiarán en los periodos en mención gracias a la aplicación de la nueva estrategia de incremento de PCR.

Tabla 121. Ahorro en cambio de componentes

COMPONENTE	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1000-ENGINE	\$1,164,94 7.10	\$582,473. 55	\$1,164,94 7.10	\$1,164,94 7.10	\$1,164,94 7.10	\$1,164,94 7.10	\$0.00	\$582,473. 55	\$1,164,94 7.10	\$1,164,94 7.10	\$1,164,94 7.10	\$582,473. 55
3030-TRANSMISSION	\$335,493. 36	\$335,493. 36	\$167,746. 68	\$167,746. 68	\$335,493. 36	\$335,493. 36	\$335,493. 36	\$335,493. 36	\$167,746. 68	\$335,493. 36	\$335,493. 36	\$503,240. 04
3101-TORQUE CONVERTER	\$167,652. 40	\$0.00	\$167,652. 40	\$167,652. 40	\$335,304. 80	\$335,304. 80	\$83,826.2 0	\$167,652. 40	\$167,652. 40	\$167,652. 40	\$251,478. 60	\$0.00
3258-DIFFERENTIAL	\$148,695. 46	\$223,043. 19	\$74,347.7 3	\$74,347.7 3	\$74,347.7 3	\$148,695. 46	\$74,347.7 3	\$0.00	\$223,043. 19	\$223,043. 19	\$0.00	\$148,695. 46
4006-WHEEL & BRAKE ASSEMBLY	\$379,486. 00	\$303,588. 80	\$303,588. 80	\$227,691. 60	\$303,588. 80	\$303,588. 80	\$151,794. 40	\$303,588. 80	\$227,691. 60	\$303,588. 80	\$303,588. 80	\$379,486. 00
4008-FINAL DRIVE, BRAKE & WHEEL	\$873,895. 84	\$1,092,36 9.80	\$655,421. 88	\$1,092,36 9.80	\$873,895. 84	\$873,895. 84	\$873,895. 84	\$873,895. 84	\$873,895. 84	\$655,421. 88	\$1,092,36 9.80	\$873,895. 84
4303-STEERING CYLINDER	\$62,500.0 0	\$50,000.0 0	\$62,500.0 0	\$50,000.0 0	\$112,500. 00	\$37,500.0 0	\$75,000.0 0	\$175,000. 00	\$50,000.0 0	\$62,500.0 0	\$62,500.0 0	\$62,500.0 0
5102-LIFT/HOIST CYLINDER	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
7201-SUSPENSION CYLINDER	\$0.00	\$50,651.7 6	\$50,651.7 6	\$33,767.8 4	\$50,651.7 6	\$33,767.8 4	\$84,419.6 0	\$33,767.8 4	\$33,767.8 4	\$67,535.6 8	\$33,767.8 4	\$84,419.6 0
7213-REAR SUSPENSION CYLINDER	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Total general	\$3,132,67 0.16	\$2,637,62 0.46	\$2,646,85 6.35	\$2,978,52 3.15	\$3,250,72 9.39	\$3,233,19 3.20	\$1,678,77 7.13	\$2,471,87 1.79	\$2,908,74 4.65	\$2,980,18 2.41	\$3,244,14 5.50	\$2,634,71 0.49

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: Se muestra el ahorro en dólares en componentes proyectado para los primeros 12 años, se observa que ahorro en 12 años es de casi 34 millones de dólares.

5.2.2. Ahorro por implementación de estrategia - aumento en el intervalo de ejecución de Mantenimientos preventivos.

A continuación, se muestra el ahorro por implementación de estrategia - aumento en el intervalo de ejecución de PM's proyectado para los primeros 12 años.

Tabla 122. Ahorro aumento PMS

Rutina	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
250 horas	421	868	868	868	868	868	868	868	868	868	868	868
350 horas	305	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620
Diferencia	116	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248
Ahorro	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1 camión	\$32,680.00	\$71,001.36	\$71,001.36	\$71,001.36	\$71,001.36	\$71,001.36	\$71,001.36	\$71,001.36	\$71,001.36	\$71,001.36	\$71,001.36	\$71,001.36
31 camiones	\$1,013,080.00	\$2,201,042.16	\$2,201,042.16	\$2,201,042.16	\$2,201,042.16	\$2,201,042.16	\$2,201,042.16	\$2,201,042.16	\$2,201,042.16	\$2,201,042.16	\$2,201,042.16	\$2,201,042.16

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la tabla se observa el comparativo de cantidad y costos de ejecución de mantenimientos preventivos con la rutina antigua de 250 horas y la nueva rutina de 350 horas, comparando un camión y los 31 camiones en total.

5.2.3. Ahorro por implementación de estrategia - aumento de PCR de componentes de media vida

A continuación, se muestra el por implementación de estrategia - aumento de pcr de componentes de media vida proyectado para los primeros 10 años.

Tabla 123. Ahorro Aumento de PCR

Subcomponente	Costo unitario	Cantidad x motor	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Turbo cargador	\$10,637.00	4	\$ 319,110	\$ 308,473	\$ 499,939	\$ 499,939	\$ 265,925	\$ 574,398	\$ 468,028	\$ 382,932	\$ 468,028	\$ 499,939	\$ 382,932	\$ 425,480	\$ 468,028
Bomba de combustible	\$25,408.00	1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Bomba transferencia	\$ 1,354.00	1	\$ 9,478	\$ 10,832	\$ 17,602	\$ 17,602	\$ 9,478	\$ 20,310	\$ 16,248	\$ 13,540	\$ 16,248	\$ 17,602	\$ 13,540	\$ 14,894	\$ 16,248
Bomba cebado	\$ 779.00	1	\$ 6,232	\$ 6,232	\$ 10,127	\$ 10,127	\$ 5,453	\$ 11,685	\$ 9,348	\$ 7,790	\$ 9,348	\$ 10,127	\$ 7,790	\$ 8,569	\$ 9,348
Bomba agua primaria	\$ 3,811.00	1	\$ 22,866	\$ 11,433	\$ 19,055	\$ 19,055	\$ 11,433	\$ 22,866	\$ 19,055	\$ 15,244	\$ 19,055	\$ 19,055	\$ 15,244	\$ 15,244	\$ 19,055
Bomba agua auxiliar	\$ 2,239.00	1	\$ 11,195	\$ 11,195	\$ 17,912	\$ 17,912	\$ 8,956	\$ 20,151	\$ 17,912	\$ 13,434	\$ 17,912	\$ 17,912	\$ 13,434	\$ 15,673	\$ 17,912
Alternador	\$ 4,205.00	1	\$ 25,230	\$ 21,025	\$ 33,640	\$ 33,640	\$ 16,820	\$ 37,845	\$ 33,640	\$ 25,230	\$ 33,640	\$ 33,640	\$ 25,230	\$ 29,435	\$ 33,640
Arrancador neumático	\$ 5,353.00	1	\$ 32,118	\$ 37,471	\$ 58,883	\$ 58,883	\$ 32,118	\$ 69,589	\$ 58,883	\$ 48,177	\$ 58,883	\$ 58,883	\$ 48,177	\$ 53,530	\$ 58,883
Compres aire acondicionado	\$ 789.00	1	\$ 5,523	\$ 4,734	\$ 7,890	\$ 7,890	\$ 3,945	\$ 8,679	\$ 7,101	\$ 6,312	\$ 7,101	\$ 7,890	\$ 6,312	\$ 6,312	\$ 7,101
Compresor aire	\$ 2,816.00	1	\$ 22,528	\$ 19,712	\$ 30,976	\$ 30,976	\$ 16,896	\$ 36,608	\$ 30,976	\$ 25,344	\$ 30,976	\$ 30,976	\$ 25,344	\$ 28,160	\$ 30,976
Inyector	\$ 1,847.00	20	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Ahorro total			\$ 454,280	\$ 431,107	\$ 696,024	\$ 696,024	\$ 371,024	\$ 802,131	\$ 661,191	\$ 538,003	\$ 661,191	\$ 696,024	\$ 538,003	\$ 597,297	\$ 661,191

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la tabla se detalla el ahorro en dólares por el incremento del tiempo de vida de los componentes de media vida y solo cambiarlos por falla.

5.2.4. Costo de paradas mecánicas y eléctricas

A continuación, se presenta el costo total que se obtuvo en mejoras técnicas tanto para la flota como para el equipo en estudio, proyectado para 10 periodos.

Tabla 124. Costo total flota 797F

Parada	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Eléctrica	\$ 144,024	\$ 166,952	\$ 117,418	\$ 131,027	\$ 154,054	\$ 126,621	\$ 171,212	\$ 130,310	\$ 155,200	\$ 129,336	\$ 172,203
Mecánica	\$1,424,967	\$1,579,768	\$1,719,838	\$1,690,683	\$ 1,496,203	\$1,610,213	\$1,460,336	\$1,512,310	\$1,501,346	\$1,599,603	\$1,729,003

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la tabla se detalla el costo anual de las paradas de toda la flota hasta el 2027, no se considera para el VAN ya que determino que a lo largo de los años el ahorro por mejores técnicas en mínimo y conforme pasan los años habrá más paradas por el envejecimiento de los camiones.

Tabla 125. Costo por equipo

Parada	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Eléctrica	\$ 5,539	\$ 5,386	\$ 3,788	\$ 4,227	\$ 5,925	\$ 4,085	\$ 5,523	\$ 4,204	\$ 5,969	\$ 4,172	\$ 5,555
Mecánica	\$ 54,806	\$ 50,960	\$ 55,479	\$ 54,538	\$ 57,546	\$ 51,942	\$ 47,108	\$ 48,784	\$ 57,744	\$ 51,600	\$ 55,774

Fuente: Empresa Contratista

Comentario: En la tabla se detalla el costo anual de las paradas de toda la flota hasta el 2027, no se considera para el VAN ya que determino que a lo largo de los años el ahorro por mejores técnicas en mínimo y conforme pasan los años habrá más paradas por el envejecimiento de los camiones.

5.2.5. Inversión

5.2.5.1. Capacitación RCM

La capacitación en RCM se realizará en un instituto reconocido de la ciudad, donde se capacitarán a planificadores y asistentes, jefes y supervisores de mantenimiento, así como los técnicos para que puedan subir de nivel.

El curso integral es de un año dividido en 4 módulos los cuales se detallan en la tabla 126

Dichos cursos de capacitación y especialización abarcan los siguientes temas:

Tabla 126. Temario Capacitación RCM

Semana	Unidad	Contenido
1	Descomposición y priorización de unidades de proceso	<ol style="list-style-type: none"> 1. El RCM y evolución de mantenimiento 2. Unidad de proceso y sistemas 3. Diagramas de descomposición 4. Sistema de criticidad
2	Funciones y fallas funcionales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Función primaria 2. Función secundaria 3. Pérdida de función parcial 4. Pérdida de función total
3	Modos , efectos y consecuencias de falla	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modo de falla según falla funcional 2. Efecto de falla en operación 3. Efectos sobre la seguridad 4. Efectos sobre el medio ambiente 5. Efectos ocultos 6. Consecuencia de modo de falla
4	Diseño de plan de acción y el plan de mantenimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Priorización de modo de falla 2. Tareas de mantenimiento 3. Actividades de Mantenimiento 4. Costeo de actividades de mantenimiento 5. Acciones proactivas

Fuente: Instituto Arequipa – Perú (2020)

Comentario: En la tabla se detalla el temario de la capacitación de mantenimiento basado en la confiabilidad, donde se observa que se enfoca en identificar y priorizar los modos de falla.

Tabla 127. Costo de Capacitaciones

COLABORADORES	CANT	COSTO	COSTO TOTAL
SUPERINTENDENTE	1	\$4,282.70	\$4,282.70
JEFE DE MANTTO	1	\$4,283.70	\$4,283.70
JEFE DE PLANEAMIENTO	1	\$4,284.70	\$4,284.70
PLANIFICADORES	2	\$4,285.70	\$8,571.40
ASISTENTES DE PLANEAMIENTO	4	\$4,285.70	\$17,142.80
ESPECIALISTAS	2	\$4,285.70	\$8,571.40
MONITORISTAS	2	\$4,285.70	\$8,571.40
SUPERVISORES DE MANTTO	6	\$4,285.70	\$25,714.20
TECNICOS	12	\$4,285.70	\$51,428.40
TOTAL			\$132,850.70

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: En la tabla se detalla el costo de todas las capacitaciones al personal cuyo monto asciende a 132,850 dólares.

5.2.5.2. Dializadores de aceite:

El costo de los dializadores de aceite asciende a \$ 87,020.00, para la implementación de la propuesta se necesitan de dos dializadores de aceite por lo que el costo total de los dializadores es \$ 174,040.00. Se adjunta en anexos la ficha de cotización.

5.2.5.3. Componentes nuevos para spare en caso de contingencia:

El cliente minero decidió comprar los siguientes componentes como spare en caso si alguno de estos llegara a fallar en la flota por la extensión del tiempo de vida de estos:

Tabla 128. Costo de Componentes nuevos para spare

Componente	Costo Componente nuevo	Cantidad	Costo total
MOTOR	\$1,100,000.00	2.00	\$2,200,000.00
CONVERTIDOR	\$110,000.00	2.00	\$220,000.00
TRANSMISION	\$300,000.00	2.00	\$600,000.00
DIFERENCIAL	\$110,000.00	2.00	\$220,000.00
MANDO FINAL	\$400,000.00	4.00	\$1,600,000.00
RUEDAS	\$100,000.00	2.00	\$200,000.00
total			\$5,040,000.00

SUBCOMPONENTE	COSTO UNITARIO	CANTIDAD X MOTOR	Costo total
TURBOCARGADOR	\$ 10,637.00	8	\$ 85,096.00
BOMBA DE COMBUSTIBLE	\$ 25,408.00	2	\$ 50,816.00
BOMBA TRANSFERENCIA	\$ 1,354.00	2	\$ 2,708.00
BOMBA CEBADO	\$ 779.00	2	\$ 1,558.00
BOMBA AGUA PRIMARIA	\$ 3,811.00	2	\$ 7,622.00
BOMBA AGUA AUXILIAR	\$ 2,239.00	22	\$ 49,258.00
ALTERNADOR	\$ 4,205.00	2	\$ 8,410.00
ARRANCADOR NEUMATICO	\$ 5,353.00	2	\$ 10,706.00
COMPRES AIRE ACONDIC	\$ 789.00	2	\$ 1,578.00
COMPRESOR AIRE	\$ 2,816.00	2	\$ 5,632.00
INYECTOR	\$ 1,847.00	20	\$ 36,940.00
total			\$ 260,324.00

Fuente: Elaboración Propia

5.2.6. EVALUACIÓN ECONOMICA

Para poder contar con una tasa base de beneficio, se escogió como guía el costo de oportunidad o tasa mínima de rendimiento(COK) recomendado por la empresa contratista, la cual es de 13%. Esta tasa se utilizó para los cálculos del VAN y el TIR de la propuesta.

5.2.6.1.VAN – TIR

Tabla 129. Indicadores Económicos

Periodos	0	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ahorro en cambio de componentes mayores		\$3,132,670	\$2,637,620	\$2,646,856	\$2,978,523	\$3,250,729	\$3,233,193	\$1,678,777	\$2,471,872	\$2,908,745	\$2,980,182	\$3,244,146	\$2,634,710
Ahorro en mantenimientos preventivos		\$1,013,080	\$2,201,042	\$2,201,042	\$2,201,042	\$2,201,042	\$2,201,042	\$2,201,042	\$2,201,042	\$2,201,042	\$2,201,042	\$2,201,042	\$2,201,042
Ahorro en componentes menores		\$454,280	\$431,107	\$696,024	\$696,024	\$371,024	\$802,131	\$661,191	\$538,003	\$661,191	\$696,024	\$538,003	\$597,297
Ahorro total		\$4,145,750	\$4,838,663	\$4,847,899	\$5,179,565	\$5,451,772	\$5,434,235	\$3,879,819	\$4,672,914	\$5,109,787	\$5,181,225	\$5,445,188	\$4,835,753
Inversión													
Capacitación de personal	-\$132,851												
Dializadores de aceite	-\$174,040												
Componentes para spare	-\$5,040,000												
Componentes menores para spare	-\$260,324												
Inversión total	-\$5,607,215												
Flujo de caja económico	-\$5,607,215	\$4,145,750	\$4,838,663	\$4,847,899	\$5,179,565	\$5,451,772	\$5,434,235	\$3,879,819	\$4,672,914	\$5,109,787	\$5,181,225	\$5,445,188	\$4,835,753
COK		13%											
VAN		\$23,126,106.01											
TIR		82%											

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: El proyecto presentado es notablemente rentable, pues resulta un VAN equivalente al USD 23, 126,106.01. Por otro lado, la tasa interna de retorno resulta igual a 82%, esto debido a los grandes ahorros obtenidos por la implementación de las estrategias de mejora por el RCM con una inversión no muy grande.

CONCLUSIONES

- **Primera conclusión:** Se aplicó la metodología RCM en el periodo 2018 y 2019 demostrándose el incremento de 1.7 puntos en la disponibilidad física de 89.5% en el 2017 a 91.2% en los periodos 2018 - 2019; la confiabilidad MTBF de paradas que corresponden solo a CAT o contrato de 77 horas en periodo 2017 a 100 horas en el 2018 y 81 horas en el 2019 y la primera parada después del PM a de 60.5 horas en el 2017 a 77.4 horas en el 2018 y 72.9 horas en el 2019, lo cual mejora el nivel de servicio y reduce los costos de mantenimiento.
- **Segunda conclusión:** Según el diagnóstico realizado del periodo 2017 y posterior aplicación del RCM en la flota 797F, se concluye que los 8 primeros equipos de la flota CAT 01-CAT 08 presentan una disponibilidad física menor al 92% que se considera baja respecto al resto de la flota, esto es debido a su antigüedad de 6 años en operación (etapa de envejecimiento), por lo que será necesario prestar mayor atención a estos equipos para que no afecten la confiabilidad de toda la flota.
- **Tercera conclusión:** Se concluye que la metodología RCM implementada en los procesos de mantenimiento de camiones de acarreo 797 F, presenta grandes beneficios para la empresa contratista que realiza el estudio principalmente respecto al nivel de servicio, pues los niveles de disponibilidad y confiabilidad tanto física como la contractual se elevaron al implementar la metodología.
- **Cuarta conclusión:** Se concluye que se pudo identificar las causas, efectos y las consecuencias de las fallas de la maquinaria con ayuda de la matriz AMFE realizada, además se pudo implementar en base a estos resultados la estrategia del mantenimiento basado en la confiabilidad RCM, a la flota de camiones 797F, lo cual elevo nuestros indicadores y supuso una mayor satisfacción del cliente.

RECOMENDACIONES.

- **Primera recomendación:** Para tener éxito en la aplicación del RCM, es necesario contar con el apoyo de la máxima autoridad de la empresa el cual será el que respalde todos las modificaciones o cambios que se generen en las gestiones de todas las áreas para la implementación del RCM todas las veces que haga falta, como mínimo una vez al año, al final de cada año o periodo, para identificar los componentes y modos de falla críticos que perjudiquen nuestra confiabilidad.
- **Segunda recomendación:** Para la elaboración del diagnóstico de un periodo en específico se recomienda revisar toda la data o información cargada en el sistema de mantenimiento que se use, muchas veces la información es cargada de manera errónea y si no se revisa y se corrige constantemente los indicadores saldrán erróneos y las mejoras que se puedan proponer no servirían para nada.
- **Tercera recomendación:** Para un correcto desarrollo de la metodología RCM Se recomienda que el personal esté capacitado constantemente en el funcionamiento del equipo y en cursos de RCM con el fin realizar análisis de modo de falla AMFE y el uso de las herramientas del RCM de manera adecuada.
- **Cuarta recomendación:** Para que la metodología RCM pueda ser implementada en los procesos de mantenimiento de camiones de acarreo 797F, presente grandes beneficios es necesario un buen liderazgo y organización que integre al equipo encargado y motive de tal manera que genere una sinergia y compromiso de todos los integrantes con el fin del éxito del proyecto el cual es mejorar el nivel de servicio.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alvarez, R. (2018). “Propuesta de plan de mantenimiento preventivo y mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) como estrategia de optimización del desempeño en una empresa metalmeccánica, Arequipa, 2016”. Arequipa – Perú: Universidad Católica Santa María.
- Aquino, M. (2012). Modernización del sistema de monitoreo y control de faja transportadora en mina Marcona - Empresa Shougang Hierro Perú S.A.A. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Benavides, A. (06 de diciembre de 2017). Compañía Buenaventura. Obtenido de <https://www.slideshare.net/ninuzka/perforacion-diamantina-61351126>
- Bestratén, M. (2001). NTP 679 Análisis Modal de Fallos y Efectos AMFE. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. España
- Carpio, M. (2016). Implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad del taller de maestría comercial Tornocentro Arequipa SRLda. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- Casar, A. (04 de 2008). <http://www.emb.cl/>. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=919>
- Da Costa, M. (2010). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Djeddi, A., Hafaifa, A. y Salam A. (2015) Operational reliability analysis applied to a gas turbine based on three parameter Weibull distribution. Volume 21. MECHAN1KA.
- Euskalit. (2016). <http://www.euskalit.net/>. Recuperado el 28 de NOVIEMBRE de 2016, de <http://www.euskalit.net/pdf/folleto5.pdf>
- Falcón, O. (2016). Los métodos cuantitativos en la mejora de los procesos del catering. Cuba: Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Matanzas.

- Flores, C. (2013). Sistema de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de separadores magnéticos en la empresa minera Shougang Hierro Perú S.A.A. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- García, S. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos.
- Groover, M. (1997). Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas. México: Pearson Educación.
- Hoyos, O. (2011). LRCM y el intervalo de búsqueda de fallas. Living Reliability
- Instituto Arequipa – Perú (2020). Programa de Capacitación Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- Martínez, P. (21 de noviembre de 2017). Universidad de Oviedo. Obtenido de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema2.MateriasPrimasFabricacionAcero.pdf>
- MIL-HDBK-338 (1988). Electronic reliability design handbook. US Department of defense.
- Ministerio de minas y energía. (22 de noviembre de 2017). Glosario técnico minero. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/698204/GLOSARIO+MINER+O+FINAL+29-05-2015.pdf/cb7c030a-5ddd-4fa9-9ec3-6de512822e96>
- Moubray J. (2004). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II.
- Moubray, J. (1997). Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). España: Aladon Ltd.
- MP. (06 de diciembre de 2017). Marcona Protesta. Obtenido de <https://marconaprotesta.wordpress.com/2009/07/10/cuando-al-gobierno-chino-lo-%E2%80%9Ccestafan%E2%80%9D-detienen-y-crean-conflictos-diplomaticos-interviniendo-en-conflictos-empresariales-cuando-shougang-corruptamente-se-hizo-de-hierro-peru-el-gobi/>
- Núñez, J. (2017). AMFE: Análisis modal de fallos y efectos. Editorial: HOR DAGO
- Parra, F. (2005). Gestión de stocks. Madrid: ESIC Editorial.
- Pascual, R. J. (2002). Gestion Moderna del Mantenimiento. Santiago-Chile.

- Pinto, H. (2011). Shougang Hierro Perú S.A.A.: problema laboral 1993-2010. Lima: Universidad Nacional de San Marcos.
- Rivera, M. (2015). Implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) a la empresa fabricaciones generales mantenimiento y servicios S.A.C. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- S.A.C.
- Sainz, J. (2003). El plan estratégico en la práctica. Madrid: ESIC Editorial.
- Salazar, L. (2019). Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos críticos del proceso de producción de hielo en la empresa Lesser. Chimbote – Perú: Universidad César Vallejo.
- Empresa Minera. (2018). Sitio Oficial de Empresa Minera. Obtenido de <http://www.peru.com/ESP/opinte/Pages/PGProductos.aspx>
- Empresa Minera. (2018). Portal web Empresa Minera Perú. Obtenido de <http://www.peru.com/ESP/opinte/Pages/PGProcesoProductivo.aspx>
- Serrano, C. (2013). Sistema de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de separadores magnéticos en la empresa minera Shougang Hierro Perú S.A.A. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Sexto L. (2014). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM. 2da Edición.
- Shougang. (06 de diciembre de 2017). Sitio Shougang. Obtenido de <http://www.shougang.com.pe/empresa.htm>
- Slimstock. (21 de noviembre de 2017). Slimstock. Obtenido de <http://www.slimstock.com/es/noticias-en-la-prensa/item/146-el-nivel-de-servicio-en-la-cadena-de-suministro-de-la-distribucion-farmaceutica/>
- SMV. (2018). Portal de la SMV [Estados Financieros entre 2012 y 2016. Lima: Superintendencia del Mercado de Valores. Obtenido de <http://www.smv.gob.pe>
- Empresa Minera. (2017). Formulario 10-K de 2016: Reporte anual de acuerdo con lo estipulado en la sección 13 o 15(d) de la ley de bolsas de valores de 1934. Lima: Autor.

- Empresa Minera. (2011). EIA Ampliación de la Concentradora y Recrecimiento del Embalse de Relaves de Quebrada Honda. Moquegua: Walsh Perú S.A.
- Empresa Minera. (2018). Información complementaria referida a la Empresa Minera, sucursal del Perú, por el período 2016. Lima: Autor.
- Tavares, L. A. (2009). Administración Moderna Del Mantenimiento. Novo Polo Publicaciones - Brasil.
- Teruel, S. (11 de Setiembre de 2014). Obtenido de <http://www.captio.net/blog/5-herramientas-para-la-mejora-de-procesos>
- Teruel, S. (11 de Setiembre de 2014). Obtenido de <http://www.captio.net/blog/5-herramientas-para-la-mejora-de-procesos>
- UFV. (2016). Definiciones de mantenimiento. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Obtenido de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:p0ewcCd_uJwJ:ftp://ftp.ufv.br/dta/disciplinas/ta1420/2002/MANUTEN%25C7%25C3O/05-Definiciones%2520de%2520Mantenimiento3-Espanhol.doc+&cd=6&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe
- Valderrama, J. (2003). Información tecnológica. Chile: Editorial del Norte.

Anexo 1. Encuestas de satisfacción del servicio según el cliente (empresa minera)

Para saber cuál era la percepción de la empresa respecto a la gestión de mantenimiento por parte de la empresa contratista se realizó una encuesta a 12 miembros de la empresa minera, a continuación, se muestra la encuesta que se realizó a la empresa minera

Tabla 130. Encuesta de satisfacción de servicio a la empresa minera

Encuesta de Satisfacción al cliente - Nivel de servicio Contrato MARC 797F

***Este cuestionario es anónimo, por tanto, rogamos que responda con sinceridad y objetividad. Su opinión será de gran utilidad para mejorar la calidad de nuestro trabajo.**

Marque con una "X"

Planilla	Funcionario ()
	Empleado ()
	Técnico ()

Area	Planeamiento ()
	Mantenimiento ()

Marque con una "X" la respuesta	1	Muy Malo
	2	Malo
	3	Regular
	4	Bueno
	5	Muy bueno

	1	2	3	4	5
1.- ¿Recibe una adecuada y pronta respuesta a sus solicitudes de información ?					
2.- ¿Nuestro personal técnico demuestra capacidad técnica para el servicio?					
3.- ¿Cree que el mantenimiento preventivo realizado es de calidad?					
4.- ¿Cree usted que se cumplen con los plazos que se prometen respecto a PM's ?					
5.- ¿Cree que las reparaciones de los componentes son de calidad?					
6.- Obtuvo el servicio conforme al calendario y el horario que fue ofrecido.					
7.- ¿Nuestro personal técnico y administrativo demuestra capacidad de organización?.					
8.- ¿Cree que nuestra gestión del mantenimiento es correcta?.					
9.- ¿Está satisfecho con la disponibilidad de repuestos en SITE?					
10.- ¿Usted obtiene el servicio que esperaba?.					

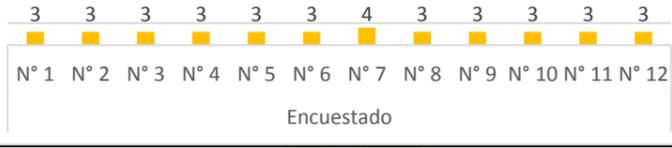
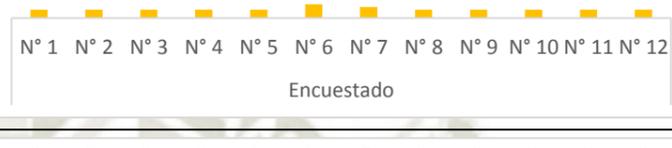
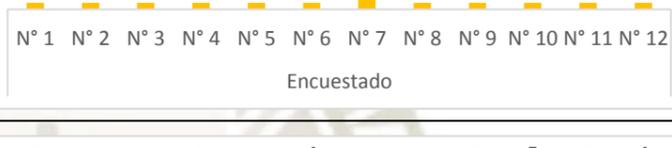
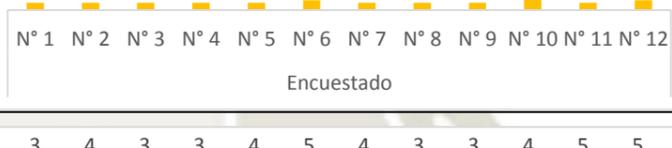
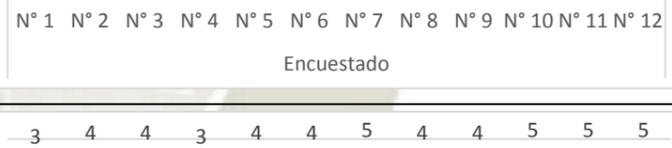
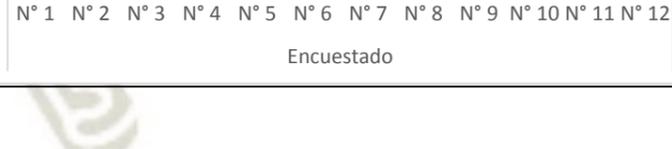
Puntaje (* no considerar)

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la tabla se detallan los datos y preguntas de la encuesta realizada a la empresa minera, se enfocan en las respuestas de personal de planeamiento y mantenimiento sobre la satisfacción de la gestión de mantenimiento de la empresa contratista.

A continuación, se analizará los resultados por cada pregunta realizada.

Tabla 131. Resultados de la encuesta de satisfacción de servicio a la empresa minera

N°	Pregunta	Valores obtenidos por persona encuestada	Promedio
1.-	¿Recibe una adecuada y pronta respuesta a sus solicitudes de información ?	 <p>Encuestado</p>	3
2.-	¿Nuestro personal técnico demuestra capacidad técnica para el servicio?	 <p>Encuestado</p>	3
3.-	¿Cree que el mantenimiento preventivo realizado es de calidad?	 <p>Encuestado</p>	3
4.-	¿Cree usted que se cumplen con los plazos que se prometen respecto a PM's ?	 <p>Encuestado</p>	3
5.-	¿Cree que las reparaciones de los componentes son de calidad?	 <p>Encuestado</p>	3
6.-	Obtuvo el servicio conforme al calendario y el horario que fue ofrecido.	 <p>Encuestado</p>	3
7.-	¿Nuestro personal técnico y administrativo demuestra capacidad de organización?.	 <p>Encuestado</p>	3
8.-	¿Cree que nuestra gestión del mantenimiento es correcta?.	 <p>Encuestado</p>	4
9.-	¿Está satisfecho con la disponibilidad de repuestos en SITE?	 <p>Encuestado</p>	4
10.-	¿Usted obtiene el servicio que esperaba?.	 <p>Encuestado</p>	3

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la tabla se detallan el puntaje que cada encuestado asigno a cada pregunta y el promedio total de cada pregunta, observándose que en la mayoría de las preguntas sobre la gestión del mantenimiento de la empresa contratista el cliente considera que es regular y destacándose un poco más la disponibilidad de los repuestos en mina ya que hay casi todos los repuestos críticos siempre en stock.

Debido a estos resultados es necesario tomar acción para mejorar el nivel de servicio, por tal motivo se desarrolla la metodología del RCM

Anexo 2. Frecuencias para cambios de aceite según CAT

En las siguientes páginas se detalla las frecuencias recomendadas por Caterpillar para los cambios de aceites en todos los sistemas, los cuales nos sirven como referencias para todas las mejoras que se desean hacer para reducir costos al incrementar la frecuencia de cambio

Tabla 132. Programa de intervalos de mantenimiento según fabricante.

A las primeras 50 horas de servicio	Cada 1000 horas de servicio o cada 6 meses
<ul style="list-style-type: none"> Filtro de aceite del diferencial y de los mandos finales- Reemplazar 	<ul style="list-style-type: none"> Rejilla del colector de aceite del motor - Inspeccionar/Limpiar
<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite hidráulico – Reemplazar 	<ul style="list-style-type: none"> Bastidor y caja - Inspeccionar
<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite hidráulico – Reemplazar 	<ul style="list-style-type: none"> Tacos de soporte del bastidor y de la caja - Limpiar/Inspeccionar
<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite hidráulico – Reemplazar 	<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite hidráulico - Reemplazar
<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite hidráulico – Reemplazar 	<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite hidráulico - Reemplazar
<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite hidráulico – Reemplazar 	<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite hidráulico - Reemplazar
<ul style="list-style-type: none"> Tirante y cilindro trasero (Suspensión) –Comprobar 	<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite hidráulico - Reemplazar
<ul style="list-style-type: none"> Filtro de aceite del convertidor de par - Reemplazar 	<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite hidráulico - Reemplazar
<ul style="list-style-type: none"> Filtro de aceite de la transmisión – Reemplazar 	<ul style="list-style-type: none"> Rejilla del retorno del mando de la bomba -Limpiar
<p>A las primeras 250 horas de servicio</p>	<ul style="list-style-type: none"> Estructura de protección contra vuelcos (ROPS) - Inspeccionar
<ul style="list-style-type: none"> Luz de las válvulas del motor - Comprobar/Ajustar 	<ul style="list-style-type: none"> Suspensión del asiento - Inspeccionar/Lubricar
<p>Cada 250 horas de servicio o cada mes</p>	<ul style="list-style-type: none"> Frenos de servicio - Inspeccionar
<ul style="list-style-type: none"> Tapón magnético (ruedas) – Comprobar 	<ul style="list-style-type: none"> Prisionero de bola de la dirección -Inspeccionar
<ul style="list-style-type: none"> Inflado de los neumáticos – Comprobar 	<ul style="list-style-type: none"> Varillaje de la dirección - Inspeccionar
<p>Cada 500 horas de servicio o cada 3 meses</p>	<ul style="list-style-type: none"> Filtro de aceite del convertidor de par - Reemplazar
<ul style="list-style-type: none"> Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento (Nivel 1) - Obtener 	<ul style="list-style-type: none"> Aceite del convertidor de par y de la transmisión - Cambiar
<ul style="list-style-type: none"> Muestra de aceite del diferencial y mando final – Obtener 	<ul style="list-style-type: none"> Filtro de aceite de la transmisión - Reemplazar
<ul style="list-style-type: none"> Muestra de aceite del motor – Obtener 	<p>Cada 2000 horas de servicio o cada año</p>
<ul style="list-style-type: none"> Muestra de aceite de la rueda delantera –Obtener 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de admisión de aire - Probar/ Inspeccionar
<ul style="list-style-type: none"> Muestra de aceite del sistema hidráulico –Obtener 	<ul style="list-style-type: none"> Aceite del tanque hidráulico - Cambiar
<ul style="list-style-type: none"> Muestra de aceite del sistema hidráulico –Obtener 	<ul style="list-style-type: none"> Aceite del tanque hidráulico - Cambiar
<ul style="list-style-type: none"> Muestra de aceite de la transmisión y del convertidor de par - Obtener 	<ul style="list-style-type: none"> Rejilla del tanque hidráulico - Limpiar
<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aire acondicionado – Limpiar 	
<ul style="list-style-type: none"> Secador de aire – Comprobar 	
<ul style="list-style-type: none"> Correas - Inspeccionar/Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Acumulador del freno – Comprobar 	
<ul style="list-style-type: none"> Respiradero (Diferencial y Mando final) – Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Respiradero (eje delantero) – Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Respiradero (Tanque de combustible) - Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Respiradero (Tanque del sistema de levantamiento de la caja y de los frenos) – Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Respiradero (tanque de dirección) –Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Respiradero (Convertidor de par y Transmisión) – Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Filtro de aire de la cabina - Limpiar/Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Cable de retención de la caja del camión – Inspeccionar 	
<ul style="list-style-type: none"> Aceite del diferencial y de los mandos finales – Inspeccionar 	
<ul style="list-style-type: none"> Filtro de aceite del diferencial y de los mandos finales- Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Nivel del aceite de la bomba de impulsión eléctrica (escalera motorizada) – Revisar 	
<ul style="list-style-type: none"> Respiradero del cárter – Limpiar 	
<ul style="list-style-type: none"> Aceite y filtro del motor – Cambiar 	
<ul style="list-style-type: none"> Filtro del aceite del motor (Sistema de renovación de aceite) - Cambiar 	
<ul style="list-style-type: none"> Bastidor - Limpiar/Inspeccionar 	
<ul style="list-style-type: none"> Aceite de las ruedas delanteras – Cambiar 	
<ul style="list-style-type: none"> Filtro primario del sistema de combustible (Separador de agua) – Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Filtro secundario del sistema de combustible – Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Agua y sedimentos del tanque de combustible – Drenar 	
<ul style="list-style-type: none"> Mangueras y abrazaderas - Inspeccionar/ Reemplazar 	
<ul style="list-style-type: none"> Plataforma (escalera motorizada) – Lubricar 	
<ul style="list-style-type: none"> Dirección secundaria – Comprobar 	
<ul style="list-style-type: none"> Cilindro de suspensión – Comprobar 	
<ul style="list-style-type: none"> Rejillas de salida y del sumidero del convertidor de par - Limpiar 	
<ul style="list-style-type: none"> Rejilla magnética de la transmisión – Limpiar 	

Fuente: Manual de operación y mantenimiento - Camión de obras 797F- Caterpillar.

Comentario: En la tabla se detalla todas las tareas que se debe realizar en cada intervalo de mantenimiento según el fabricante Caterpillar, esto nos sirve como base para tomar decisiones de hasta cuanto se puede incrementar los tiempos de vida de aceites.

Anexo 3. Informes de cambio de componentes con nuevo PCR

A continuación, se mostrará un informe de cambio de componentes de motor y convertidor donde se muestran los valores de evaluación de motor y convertidor saliente

Modelo : 797F
 Número interno : CAT-32
 Fecha/hora inicio de trabajo : 29 de Octubre del 2020 a las 06:30 horas Fecha/hora fin de trabajo
 Horas : 01 de Noviembre del 2020 a las 01:00

Tabla 133. Datos de evaluación de motor saliente

motor				
Descripción	Valor	Unidad	Mínimo	Máximo
Presión atmosférica	10.2	psi	10.2	10.2
Temperatura del escape derecho	1009	°F	1009	1035
Posición de porcentaje de combustible	44	%	44	45
Temperatura del escape izquierdo	1002	°F	1002	1049
Presión de múltiple de entrada	21.2	psi	20.8	21.3
Temperatura del aire de múltiple de admisión	82.6	°F	82.6	84.4
Presión del múltiple de admisión N.º 2	20.3	psi	19.7	20.3
Temperatura del aire del múltiple de admisión N.º 2	85.6	°F	85.6	87.1
Presión del riel de combustible	24511	psi	24366	24801
Presión del combustible (absoluta)	105	psi	106	106
Comando de posición del accionador de combustible	44.02	%	43.96	44.24
Pre lubricación del motor	Completado(a)			
Presión de aceite del motor	82	psi	82	82
Factor de carga del motor	79	%	78	79
Presión del cárter	1	" H2O	1	2
Presión deseada de riel de combustible	24656	psi	24656	24656
Velocidad deseada del motor	1600	rpm	1600	1600
Velocidad del motor	1600	rpm	1599	1602
Presión de aceite del motor (absoluta)	96	psi	92	92
Posición del acelerador	99.6	%	99.6	99.6

Fuente: Empresa contratista

Comentario: Los parámetros de evaluación del motor se encuentran en rango especificado por Caterpillar, los niveles de aceite se encuentran en el rango de operación, no presenta fugas de aceites o refrigerante.

Tabla 134. Datos de evaluación de motor saliente

Convertidor	ALTAS	BAJAS
Entrada de convertidor	86 PSI	
Salida de convertidor	50 PSI	
Entrada de convertidor		25 PSI
Salida de convertidor		21 PSI
	ON	OFF
Embrague de mando directo	310 psi	0 psi

Fuente: Empresa contratista

Comentario: Los parámetros de evaluación del motor se encuentran en rango especificado por Caterpillar, los niveles de aceite se encuentran en el rango de operación, no presenta fugas de aceites o refrigerante

Anexo 4. Cotización Dializador de Aceite



El valor del DIALIZADOR DE ACEITE T13000B30, y de los elementos filtrantes, se especifica en la Tabla 3.

Tabla No3
Valor del DIALIZADOR DE ACEITE T13000B30
y de los elementos filtrantes

No	Equipo/elemento	Referencia	Fabricante	Cantidad	Valor unitario \$ pesos	Valor total \$ pesos
01	Dializador de aceite	T13000B30	Tribos Ingeniería		\$86.000.000	
02	Elemento filtrante	ILF4809-2	ILSAS		\$380.000	
03	Elemento filtrante	ILF4809-5	ILSAS		\$340.000	
04	Elemento filtrante	ILF4809-10	ILSAS		\$300.000	

Nota: A los precios cotizados se les debe sumar el 16% del IVA.

Los fletes y seguros de envío del DIALIZADOR DE ACEITE T13000B30, o de los elementos filtrantes, desde Medellín-Colombia, hasta las instalaciones de la empresa, correrán por cuenta de la empresa. Esta oferta es válida por 45 días.

El DIALIZADOR DE ACEITE T13000B30, se entrega con tres elementos filtrantes, de Ref. ILF4809-5.

8. FORMA DE PAGO

50% del valor del equipo al recibir la Orden de Compra y el 50% restante una vez se haga entrega de dicho equipo en nuestras instalaciones en Medellín – Colombia.

9. ORDEN DE COMPRA

Para proceder a la fabricación del DIALIZADOR DE ACEITE T13000B30, o de algún elemento, se requiere el envío por parte de la empresa, de la Orden de Compra respectiva, a nombre de TRIBOS INGENIERIA SAS.

10. TIEMPO DE ENTREGA

60 días calendario, a partir del momento en que se reciba la respectiva Orden de Compra.

11. GARANTIA

La garantía cubre los elementos mecánicos y el sistema eléctrico y es válida por 6 meses, a partir del momento en que la empresa reciba el DIALIZADOR DE ACEITE T13000B30, en sus instalaciones.

12. ENTRENAMIENTO

Si la empresa que adquiere el DIALIZADOR DE ACEITE T13000B30, lo considera necesario, se le dará entrenamiento al personal que lo va a operar, en sus instalaciones, durante dos días. Los

Medellín – Colombia, Cra 65 No 74- 75 Bodega 176 Multicentro Caribe – TEL: 574-2570379
pedroalbarracin@tribosingenieria.com / www.tribosingenieria.com

Foto 16. Cotización de dializadores de aceite

Fuente: Tribos Ingeniería

Comentario: En la figura se muestra la cotización de los dializadores para limpiar los aceites del camión 797F.

Anexo 5. Primera Parada Después del PM de Enero a diciembre 2017.

Tabla 135. Primera Parada Después del PM de enero 2017

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-08	82.9	2017	02-ene-17 10:50:00	PM2 + CAMBIO DE MANDOS FINALES+SL PS44662 LINEAS DE ENFRIAMIENTO DE FRENO+CAMB. DE RUEDA LH	33.7	03-ene-17 20:34:00	CAMBIO DE INYECTOR Y GOBERNADOR POR ALARMA DE BAJA PRESION DE LUBRICACION	4.4
CAT-01	24.9	2017	03-ene-17 21:14:00	PM5+EVALUACION DEL SIST. DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR POR Na.	118.8	08-ene-17 20:02:00	LIMPIEZA DE ACEITE POR RESPIRADERO DE TANQUE HYD	1.0
CAT-14	26.0	2017	04-ene-17 23:34:00	PM 1+SOLDADURA DE TUBERIA DE BOMBA DE ENGRANAJA (VA DENTRO DEL TANQUE HYD)	124.7	10-ene-17 04:13:00	parada por falta de lubricacion	0.3
CAT-12	13.2	2017	05-ene-17 13:21:00	PM5	110.2	10-ene-17 03:35:00	parada por falta de lubricacion	0.1
CAT-19	14.7	2017	06-ene-17 04:52:00	PM3+ CAMBIO DE MANGUERA DE ACUMULADOR DE DIRECCION	92.6	10-ene-17 01:27:00	EVALUACION DE FISURA EN TOLVA, SE PROGRAMA SOLDADURA	1.2
CAT-16	14.3	2017	06-ene-17 23:24:00	PM6	75.8	10-ene-17 03:09:00	parada por falta de lubricacion	0.2
CAT-06	23.4	2017	07-ene-17 23:54:00	PM5 + CAMBIO ENFRIADOR DE DIRECCION POR PCR+INSPECCION DE DIVERGENCIA	32.2	09-ene-17 08:03:00	EVALUACION DE NIVEL BAJO DE ACEITE DE TRANSMISION	0.3
CAT-13	10.7	2017	08-ene-17 12:20:00	PM3	40.3	10-ene-17 04:39:00	parada por falta de lubricacion	0.2
CAT-03	10.6	2017	08-ene-17 19:45:00	PM 1	8.9	09-ene-17 04:36:00	CAMBIO DE FOCO DE CARRETERA INFERIOR RH	0.5
CAT-15	10.3	2017	08-ene-17 23:49:00	PM6	40.8	10-ene-17 16:39:00	AJUSTE DE PERNOS DE PLUMILLAS POR PROBLEMAS DE PLUMILLAS	0.5
CAT-10	15.5	2017	10-ene-17 06:04:00	PM7 + BACKLOG	1.9	10-ene-17 07:58:00	INSPECCION DE EQUIPO POR FUGA DE ACEITE	1.1
CAT-07	32.1	2017	10-ene-17 06:43:00	PM3+CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR+CAMBIO DE HARNESS DE TX	33.0	11-ene-17 15:44:00	REVISION DE SISTEMA ELECTRICO Y VELOCIDADES DE PLUMILLAS DE LIMPIA PARABRISAS POR MAL FUNCIONAMIENTO	4.9
CAT-17	9.2	2017	10-ene-17 18:32:00	PM4	3.4	10-ene-17 21:54:00	ALINEAMIENTO Y AJUSTE DE LUCES DE RETROCESO	1.1
CAT-11	14.6	2017	11-ene-17 09:06:00	PM8+CAMBIO DE CORREA DE ALTERNADOR	125.5	16-ene-17 14:33:00	REPOSICION DE SEGUROS DE ESTROBOS DE TOLVA POR ESTROBO SUELTO	0.9
CAT-05	26.6	2017	12-ene-17 07:34:00	PM 1+CAMBIO DE CILINDRO DE LEVANTE IZQUIERDO	302.2	24-ene-17 21:46:00	REPARACION DE CULATAS #9 Y #15 POR FUGA DE REFRIGERANTE	26.7
CAT-04	17.2	2017	13-ene-17 01:30:00	PM7+BL	3.8	13-ene-17 05:15:00	CAMBIO DE FARO DE TOLVA RH QUEMADO	4.1
CAT-18	12.0	2017	13-ene-17 18:00:00	PM4	27.6	14-ene-17 21:34:00	AJUSTE DE PERNOS DE PLUMILLAS DE LIMPIA PARABRISAS	1.3
CAT-02	28.6	2017	13-ene-17 19:35:00	PM2+CAMBIO DE INYECTORES POS.8,9 Y10 + CAMBIO DE VALVULA DE CONTROL DE LEVANTE	39.6	15-ene-17 11:13:00	CAMBIO DE ALTERNADOR POR FALLA INTERNA	11.0
CAT-20	7.0	2017	14-ene-17 04:00:00	PM3	73.3	17-ene-17 05:20:00	REVISION DE PRESIONES DE ACTIVACION DE BOMBA DE DIRECCION	0.3
CAT-08	21.2	2017	16-ene-17 01:14:00	PM3 +CAMB. DE CORREA DE ALTERNADOR+CAMB. MANGUERA DE SCREEN DE RETORNO DE TX.	18.8	16-ene-17 20:02:00	AJUSTE DE TAPA DE LLENADO DE ACEITE DE CONVERTIDOR POR FUGA	0.9
CAT-09	31.1	2017	17-ene-17 11:36:00	PM3+CAMBIO DE MANGUERAS DE REFRIGERANTE+CAMBIO DE SELLO DE POLEA DE COMPRESOR DE AIRE	0.8	17-ene-17 12:22:00	ENLLANTE: INSPECCION POR CORTES EN BANDA DE RODAMIENTO NEUMATICOS POS 04 Y 05	0.2
CAT-14	14.0	2017	18-ene-17 17:06:00	PM2	157.7	25-ene-17 06:50:00	AJUSTE DE PERNOS DE PALANCA DE RETARDADOR MANUAL	1.9
CAT-12	10.5	2017	19-ene-17 07:42:00	PM6 + BACKLOGS	48.0	21-ene-17 07:40:00	INSPECCION DE EQUIPO POR FUGA EN MANGUERA DE DIRECCION, SE PROGRAMA CAMBIO	0.1
CAT-19	12.9	2017	20-ene-17 01:06:00	PM4	5.7	20-ene-17 06:49:00	EVALUACION DE SISTEMA DE AUTOLUBRICACION POR ALARMA DE BAJA PRESION	2.1
CAT-01	17.8	2017	20-ene-17 02:37:00	PM6+CAMBIO DE ACUMULADORES #1,2 Y 3 DE DIRECCION	13.7	20-ene-17 16:18:00	CAMBIO DE MANGUERA DE SISTEMA ENFRIAMIENTO DE MOTOR POR ROTURA	6.4
CAT-16	13.9	2017	20-ene-17 16:38:00	PM7	24.1	21-ene-17 16:45:00	INSTALACION DE CABLE DE TOLVA, SUELTO POR VIBRACION	0.1
CAT-06	14.1	2017	20-ene-17 23:46:00	PM6	16.2	21-ene-17 15:55:00	LIMPIEZA DE CONECTOR DE STAT, POR AVERIA ELECTRICA	2.4
CAT-13	14.1	2017	21-ene-17 16:14:00	PM4 +	52.5	23-ene-17 20:44:00	parada por falta de lubricacion	0.2
CAT-15	8.9	2017	22-ene-17 02:47:00	PM7	4.5	22-ene-17 07:15:00	AJUSTE DE TAPON DE DRENAJE DE FILTRO DE TRANSMISION, POR FUGA DE ACEITE	1.2
CAT-10	15.8	2017	22-ene-17 17:00:00	PM8 + BACKLOG	184.7	30-ene-17 09:44:00	INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES ENERO 2017	1.0
CAT-11	25.6	2017	24-ene-17 19:52:00	PM 1+SOLDADURA DE TUBERIA DE ENFRIAMIENTO DE FRENO SUMERGIDA EN TANQUE HYD	133.9	30-ene-17 09:46:00	TOQ: PEDIDO PROVISION DE HERRAMIENTAS - MAQUINA NUEVA	0.5
CAT-17	10.1	2017	25-ene-17 06:57:00	PM5	11.3	25-ene-17 18:15:00	LIMPIEZA DE CONECTOR DE FILTRO DE TRANSMISION POR EVENTO DE FILTRO TAPONADO	0.7
CAT-05	26.7	2017	26-ene-17 00:30:00	REPARACION DE CULATAS #9 Y #15 POR FUGA DE REFRIGERANTE	0.0	26-ene-17 00:30:00	TOQ: PM2 + BACKLOGS	8.4
CAT-05	8.4	2017	26-ene-17 08:53:00	PM2 + BACKLOGS	0.4	26-ene-17 09:15:00	AJUSTE DE ANGULO DE BOMBA DE DIRECCION POR EVENTO DE BAJA PRESION	0.9
CAT-18	16.1	2017	27-ene-17 17:15:00	PM5	1.1	27-ene-17 18:20:00	EVALUACION DE EVENTO DE VELOCIDAD LIMITADA	0.4
CAT-03	127.4	2017	28-ene-17 04:40:00	PM2 + CAMBIO DE MOTOR+DIFERENCIAL	28.3	29-ene-17 09:00:00	REPARACION DE SEGUROS ROTOS DE COMPUERTA DE MOTOR	1.9
CAT-04	15.6	2017	28-ene-17 07:01:00	PM8 + BACKLOGS	3.8	28-ene-17 10:50:00	VERIFICACION DE SENSOR Y NIVELES DE COMBUSTIBLE POR ALARMA DE NIVEL DE COMBUSTIBLE	0.2
CAT-20	3.9	2017	28-ene-17 19:53:00	PM4	38.9	30-ene-17 10:44:00	TOQ: PEDIDO PROVISION DE HERRAMIENTAS - MAQUINA NUEVA	1.0
CAT-02	17.0	2017	29-ene-17 13:43:00	PM3	13.3	30-ene-17 03:02:00	CARGA DE AIRE POR EVENTO DE NO ARRANCA	1.0
CAT-08	10.3	2017	29-ene-17 14:58:00	PM4+RECARGA DE CIL.SUSP.POST. LH (SAE60 POR FUGA)	17.0	30-ene-17 07:59:00	ENLLANTE: ROTACION DE NEUMATICOS POS 05 Y 06 POR SEPARACION MECANICA EN BANDA DE RODAMIENTO	7.9
CAT-14	10.7	2017	30-ene-17 14:12:00	PM3	253.5	10-feb-17 03:40:00	INSPECCION DE CODIGO NO ACTIVO DE BOMBA DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS	0.3
CAT-07	26.1	2017	30-ene-17 16:30:00	PM4+CAMBIO DE ENFRIADOR DE MOTOR POR CONDICION(Na)	51.6	01-feb-17 20:07:00	AJUSTE DE PERNOS DE TAPA POSTERIOR RH DIFERENCIAL, POR FUGA DE ACEITE	0.4
CAT-03	11.1	2017	31-ene-17 01:45:00	PM 50 HORAS	3.4	31-ene-17 05:06:00	CAMBIO FARO SUPERIOR RH QUEMADO	0.6
CAT-12	13.4	2017	31-ene-17 16:20:00	PM7	75.5	03-feb-17 19:51:00	ENLLANTE: CORTE LLANTA #2 #5 #4	0.3

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de enero 2017.

Tabla 136. Primera Parada Después del PM de febrero 2017

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-09	43.4	2017	02-feb-17 14:08:00	PM4 + CAMBIO MANDO FINAL DERECHO POR PCR+CAM. DE MANGUERAS HYD	1.3	02-feb-17 15:27:00	REPARACION DE CABLEADO ELECTRICO DE SENSOR CILINDRO DE DIRECCION RH POR ALARMA DE MAL FUNCIONAMIENTO	2.7
CAT-19	10.8	2017	03-feb-17 09:16:00	PM5	14.8	04-feb-17 00:06:00	LIMPIEZA DE SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE Y ESTAT	2.4
CAT-16	30.4	2017	04-feb-17 20:37:00	PM8+SOLDADURA DE PAD DE TOLVA+SOLDADURA DE PORTA TACOS	50.7	06-feb-17 23:21:00	VERIFICACION Y LIMPIEZA DE CONECTORES DE TCM	1.3
CAT-13	18.9	2017	05-feb-17 16:44:00	PM5+CAMBIO DE DAMPER DE MOTOR POR FUGA	27.3	06-feb-17 20:02:00	AJUSTE DE VALVULAS DE LLENADO DE LINK SUSP POSTERIOR, POR FUGA DE ACEITE	1.0
CAT-15	13.7	2017	06-feb-17 05:47:00	PM8+BACKLOG4S	2.3	06-feb-17 08:02:00	AJUSTE DE ABRAZADERAS DE MANGUERA BOMBA SUCCION DE AGUA, ABRAZADERAS SUELTAS	0.3
CAT-06	14.5	2017	06-feb-17 13:50:00	PM7+BACKLOG4S	27.7	07-feb-17 17:31:00	INSPECCION Y LIMPIEZA DE CONECTORES POR BAJA CORRIENTE DE SOLENOIDE DE TRANSMISION	0.9
CAT-10	17.2	2017	07-feb-17 03:19:00	PM 1 + BACKLOGS+SOLDADURA DE SOPORTE DE TUBERIA DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS EN TANQUE HYD	52.6	09-feb-17 07:57:00	AJUSTE Y REPARACION DE PROTECTOR DE TANQUE DE COMBUSTIBLE ROTO	0.2
CAT-11	13.8	2017	07-feb-17 17:31:00	PM2 + BACKLOGS+ CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR	79.4	11-feb-17 00:52:00	LIMPIEZA DE CONECTOR DE SENSOR DE NIVEL DE COMBUSTIBLE	0.6
CAT-01	29.4	2017	07-feb-17 20:25:00	PM7+CAMBIO DE MANGUERA DE TRANSMISION	4.4	08-feb-17 00:47:00	CAMBIO DE FAJA ROTA DE ALTERNADOR	4.1
CAT-17	11.4	2017	08-feb-17 05:50:00	PM6	146.3	14-feb-17 08:07:00	AJUSTE DE PERNOS DE PALANCA SELECTORA	0.2
CAT-05	19.2	2017	09-feb-17 11:08:00	PM3+ BACKLOGS	83.0	12-feb-17 22:06:00	CAMBIO DE BULBO DE FARO DE CARRETERA LADO SUPERIOR RH	0.2
CAT-18	10.8	2017	09-feb-17 14:30:00	PM6+BACKLOG4S	198.0	17-feb-17 20:31:00	CAMBIO DE FARO DE TOLVA LADO RH QUEMADO	1.2
CAT-20	9.1	2017	09-feb-17 21:46:00	PM5	1.3	09-feb-17 23:06:00	CAMBIO DE SENSOR DE PRESION DE ACUMULADOR DE FRENO SECUNDARIO POR FALLA	2.3
CAT-04	14.7	2017	10-feb-17 07:19:00	PM 1+BACKLOGS	13.2	10-feb-17 20:30:00	EVALUACION DE HARNES DE SENSOR DE PRESION DE SUSPENSION DELANTERA RH POR EVENTO DE BAJO VOLTAJE	2.9
CAT-02	16.6	2017	10-feb-17 19:30:00	PM4	16.1	11-feb-17 11:38:00	INSPECCION DE AIRE ACONDICIONADO POR FALLA	0.1
CAT-14	11.4	2017	12-feb-17 14:20:00	PM4	37.2	14-feb-17 03:34:00	CAMBIO DE FARO DE TOLVA QUEMADO LADO LH	0.9
CAT-08	53.6	2017	12-feb-17 23:45:00	PM5+CAMBIO DE RUEDA DELANTERA IZQUIERDA POR PCR+CAMBIO DE CIL. SUSP. POST. IZQUIERDO POR CONDICION	8.3	13-feb-17 08:04:00	AJUSTE DE MANGUERA DE TRANSMISION POR FUGA DE ACEITE	0.7
CAT-07	38.7	2017	15-feb-17 06:58:00	PM5+BACKLOGS+INSPECCION DE LINKS+INSTALACION DE PERNOS DE PAD DE TOLVA	81.1	18-feb-17 16:06:00	CAMBIO DE SELLOS DE CAMISA DE CULATA N4	0.0
CAT-03	58.9	2017	15-feb-17 13:23:00	PM3+CAMBIO DE RUEDA DELANTERA IZQUIERDA POR PCR+CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR	3.1	15-feb-17 16:30:00	CAMBIO DE BATERIAS, EQUIPO NO ARRANCABA	1.2
CAT-09	16.4	2017	17-feb-17 03:03:00	PM5	7.8	17-feb-17 10:51:00	LIMPIEZA DE CONECTOR DE HARNES DE DIFERENCIAL, POR PINES SULFATADOS	1.8
CAT-12	28.0	2017	17-feb-17 03:03:00	PM8 + BACKLOGS+SOLDADURA DE TUBERIA DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS (VORTEX)	101.4	21-feb-17 08:24:00	REPARACION DE TUBERIA DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS POR ROZAMIENTO DE NEUMATICOS	10.9
CAT-19	16.1	2017	17-feb-17 22:57:00	PM6+ BACKLOG4S	14.2	18-feb-17 13:06:00	LIMPIEZA DE RUEDAS DELANTERAS, POR ACEITE REMANENTE	0.5
CAT-16	21.4	2017	18-feb-17 20:42:00	PM 1+SOLDADURA DE TUBERIA SUMERGIDA EN EN TANQUE HYD+ CAMBIO DE BOMBA DE AGUA PRINCIPAL POR FUGA POR EL TESTIGO	108.6	23-feb-17 09:20:00	ESCALERA BAJO NIVEL	0.6
CAT-13	14.6	2017	19-feb-17 11:21:00	PM6 + BACKLOGS	353.1	06-mar-17 04:24:00	PM7	12.3
CAT-15	20.5	2017	20-feb-17 10:56:00	PM 1+ SOLDADURA DE TUBERIA DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS EN TANQUE HYD.	45.2	22-feb-17 08:07:00	ENLLANTE INSPECCION Y SE ENCONTRO CORTE EN BANDA DE RODAMIENTO POS 1,4	0.5
CAT-10	16.0	2017	21-feb-17 02:59:00	PM2 + BACKLOG	4.9	21-feb-17 07:55:00	INSPECCION POR ESCALERA TRABADA, SE REESTABLECIO FALLA	0.6
CAT-11	13.0	2017	21-feb-17 21:37:00	PM3 + BACKLOGS	18.6	22-feb-17 16:12:00	EVALUACION DE PRESIONES DE SISTEMA DE FRENOS POR PROBLEMAS CON FRENO DE SERVICIO	1.1
CAT-17	14.5	2017	22-feb-17 11:03:00	PM7+BACKLOG4S	180.1	01-mar-17 23:07:00	AJUSTE DE SWITCH DE FINAL DE CARRERA DE POSICION DE ESCALERA POR EVENTO DE ALARMA DE ESCALERA	0.7
CAT-01	22.7	2017	23-feb-17 04:27:00	PM8 +BACKLOGS+CAMBIO DE INYECTORES N 11, 01, 12	28.7	24-feb-17 09:07:00	INSTALACION DE PERNOS FALTANTES DE GUARDA DE DAMPER	2.1
CAT-18	16.2	2017	23-feb-17 14:11:00	PM7+BACKLOG4S	209.9	04-mar-17 08:07:00	AJUSTE DE CABLE DE TOLVA	1.7
CAT-05	19.8	2017	24-feb-17 13:00:00	PM4 + BACKLOGS	22.1	25-feb-17 11:08:00	CAMBIO DE TAPA DE LLENADO DE ACEITE DE MOTOR POR DESGASTE	3.0
CAT-04	10.9	2017	25-feb-17 02:30:00	PM2+BACKLOG4S	6.4	25-feb-17 08:52:00	CORRECCION DE CIRCUITO ABIERTO EN CONECTOR DE E-STAT	2.3
CAT-20	20.8	2017	25-feb-17 21:33:00	PM6+EVALUACION DEL SIST. DE COMB.	71.0	28-feb-17 20:32:00	COLOCACION DE CABLE DE TOLVA SUELTO	0.2
CAT-02	23.6	2017	26-feb-17 20:35:00	PM5+BACKLOGS+CAMBIO DE MANGUERA DE RETORNO DE MOTOR RAX	11.6	27-feb-17 08:08:00	AJUSTE DE PERNOS FLOJOS DE POLEA DE ACCIONAMIENTO DE COMPRESOR POR FUGA DE ACEITE	3.0
CAT-08	23.8	2017	27-feb-17 19:54:00	PM6 + CAMBIO DE MANGUERAS HYD+BACKLOGS	34.0	01-mar-17 05:54:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DE MOTOR POR APAGADO DE MAQUINA	3.7
CAT-06	132.0	2017	28-feb-17 17:46:00	PM8 + MOTOR Y CONVERTIDOR POR PCR+BACKLOGS	287.0	27-feb-17 03:04:00	PM + CALIBRACION DE VALVULAS+CAMBIO DE CIL.DIRECCION POR PCR	43.0
CAT-06	43.0	2017	28-feb-17 22:02:00	PM + CALIBRACION DE VALVULAS+CAMBIO DE CIL.DIRECCION POR PCR	22.3	01-mar-17 20:18:00	NIVELACION DE ACEITE DE CONVERTIDOR POR EXCESO	0.9
CAT-14	25.7	2017	28-feb-17 22:48:00	PM5 +CALIBRACION DE BALANZA+ BACKLOGS	106.6	05-mar-17 09:25:00	CALIBRACION DE BALANZA POR DESCALIBRACION	1.5

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de febrero 2017.

Tabla 137. Primera Parada Después del PM de marzo 2017

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-03	13.9	2017	01-mar-17 08:51:00	PM4+CAMBIO DE ASIENTO DE PILOTO Y COPILOTO BACKLOGS	59.1	03-mar-17 19:58:00	COLOCACION DE TAPON DE DRENAJE DE CONVERTIDOR	1.9
CAT-12	33.2	2017	03-mar-17 02:30:00	PM 1+CAMBIO DE BELLOW DE ESCAPE (18 und)	2.9	03-mar-17 05:24:00	AJUSTE DE TAPON DE RUEDAS Y MANDOS FINALES POR FUGA	2.4
CAT-09	23.1	2017	04-mar-17 01:45:00	PM6+CAMB DE GUARDA DE ALTERNADOR+CAMB.VALVULA SOLENOIDE DE FRENO	86.9	07-mar-17 16:40:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DE SENSOR DE BOMBA DE FRENO	1.2
CAT-19	19.5	2017	05-mar-17 23:07:00	PM7+EVALUACION POR PERDIDA DE POTENCIA	166.1	12-mar-17 21:12:00	AJUSTE DE CONECTOR DE VALVULA FCV POR EVENTO DE ADVERTENCIA DE MOTOR	1.5
CAT-07	100.6	2017	06-mar-17 04:15:00	PM6 + CAMBIO DE MOTOR POR CONDICISN PRESENCIA Na y Cu	33.5	07-mar-17 13:43:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DE SCREN DE LEVANTE	3.9
CAT-16	7.9	2017	06-mar-17 07:04:00	PM2	4.7	06-mar-17 11:48:00	EVALUACION DE E-STAD POR ALARMA DE MOTOR	3.1
CAT-13	12.3	2017	06-mar-17 16:39:00	PM7	54.4	08-mar-17 23:03:00	REPARACION DE FUGA POR TOMA DE LLENADO DE ACEITE DE DIRECCION	6.3
CAT-15	7.8	2017	06-mar-17 17:31:00	PM2	3.0	06-mar-17 20:28:00	INSPECCION DE CORREA Y CABLE DE ALTERNADOR Y BATERIAS POR EVENTO DE ALARMA DE BATERIAS.	0.9
CAT-10	10.7	2017	07-mar-17 06:51:00	PM3	31.5	08-mar-17 14:21:00	CARGA DE AIRE AL SISTEMA DE ARRANQUE	3.8
CAT-11	9.3	2017	07-mar-17 13:27:00	PM4	54.8	09-mar-17 20:12:00	INSTALACION DE TAPA DE LLENADO DE ACEITE DE MOTOR AUSENTE - FUGA DE ACEITE	1.4
CAT-17	12.0	2017	08-mar-17 01:00:00	PM8	233.9	17-mar-17 18:51:00	EVALUACION DE EQUIPO POR SENSOR DE ESCALERA ACTIVADO	1.0
CAT-18	11.6	2017	08-mar-17 15:33:00	PM8	1.3	08-mar-17 16:51:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DE SENSOR DE PRESION DE ACEITE DE TRANSMISION POR ALARMA DE ACEITE DE TX	1.8
CAT-05	29.1	2017	09-mar-17 19:30:00	PM5+BACKLOGS+INSPECCISN DE TURBOCOMPRESORES	0.0	09-mar-17 19:30:00	CAMBIO DE TURBOS 3 Y 4 POR ROTURA DE ALABES+ PS44971 CAMBIO DE BELLOWS DE MANIFOLD DE ESCAPE	41.6
CAT-04	11.0	2017	12-mar-17 10:16:00	PM3 + BACKLOGS	151.7	18-mar-17 17:56:00	LIMPIEZA DE CONECTOR DE CONVERTIDOR POR BAJONIVEL DE ACEITE DE CONVERTIDOR	1.0
CAT-01	79.8	2017	13-mar-17 10:56:00	PM 1+CAMBIO DE TRANSMISIN POR PCR+EVALUACION PASE DE ACEITE DE MOTOR A TX.	2.7	13-mar-17 13:37:00	CAMBIO DE SELLO DE CONVERTIDOR POR FUGA DE ACEITE	8.9
CAT-20	12.7	2017	13-mar-17 13:57:00	PM7	213.1	22-mar-17 11:03:00	CAMBIO DE MANGUERA DE GRASA LH CIL. DIRECCION POR FUGA	0.8
CAT-08	17.4	2017	14-mar-17 06:11:00	PM7 + BACKLOG+EVENTOS REPETITIVOS DE BOMBA DE TRANSFERENCIA	6.4	14-mar-17 12:33:00	DESTRABO ESPALDAR DE ASIENTO DE OPERADOR	1.0
CAT-02	38.4	2017	15-mar-17 23:40:00	PM6 + CAMBIO DE DIFERENCIAL +INSPECCION SEMEJES	0.8	16-mar-17 00:27:00	REVISION DE PRESION Y TEMPERATURA DE ESCAPE POR EVENTO DE TEMPERATURA DE ESCAPE ALTO	1.0
CAT-14	13.3	2017	16-mar-17 00:24:00	PM6+CAMBIO DE FAJA DE ALTERNADOR	15.7	16-mar-17 16:05:00	LIMPIEZA DE SENSORES DE SUSPENSION Y CALIBRACION DE BALANZA	1.1
CAT-12	12.0	2017	17-mar-17 20:00:00	PM2+BACKLOG4S+CALIBRACION DE TRANSMISIN	224.4	27-mar-17 04:24:00	INSTALACION DE ESTROBO SUELTO DE TOLVA CON PRECINTOS	0.7
CAT-03	29.0	2017	18-mar-17 06:01:00	PM5+CAMBIO DE MANGUERA DE VALVULA REDUCTORA DE PRESISN+LEVANTE E HYD DE FAN	-1.2	18-mar-17 04:48:00	CAMBIO DE BOMBA DE DIRECCION Y VALVULA DE ALIVIO DE SISTEMA DE DIRECCION POR EVENTO DE ALTA PRESION+CAMBIO DE BOMBA HMU	102.4
CAT-09	17.5	2017	21-mar-17 05:11:00	PM7 + BACKLOGS	11.7	21-mar-17 16:55:00	NIVELACION DE ACEITE DE DIRECCION E INSPECCION POR POSIBLES FUGAS	1.6
CAT-19	17.1	2017	21-mar-17 11:34:00	PM8 + BACKLOGS	123.8	26-mar-17 15:21:00	REGULACION DE ESPEJOS RETROVISORES LADOS LH-RH	1.1
CAT-16	10.7	2017	21-mar-17 19:00:00	PM3	4.3	21-mar-17 23:17:00	AJUSTE E INSTALACION DE CABLE DE TOLVA SUELTO	0.3
CAT-13	11.9	2017	22-mar-17 06:08:00	PM8	13.7	22-mar-17 19:51:00	LIMPIEZA DE ACEITE RESIDUAL DE MANDO FINAL LH, SIN FUGA	0.7
CAT-15	11.8	2017	22-mar-17 13:05:00	PM3	218.3	31-mar-17 15:21:00	RELLENO DE COMBUSTIBLE	0.3
CAT-07	22.8	2017	23-mar-17 14:08:00	PM7+CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR+ BACKLOG4S	68.3	26-mar-17 10:28:00	INSPECCION DE ASIENTO DE OPERADOR EN MAL ESTADO	0.9
CAT-10	14.0	2017	23-mar-17 22:55:00	PM4 + BACKLOGS	11.8	24-mar-17 10:42:00	CAMBIO DE BELLOW DE TUBERIA ESCAPE LADO RH	5.2
CAT-11	15.2	2017	24-mar-17 07:57:00	PM5	30.4	25-mar-17 14:20:00	INTERCAMBIO DE SENSORES DE PRESION DE BOMBA DE TRANSFERENCIA POR EVENTO DE BAJA PRESION	5.3
CAT-18	20.0	2017	24-mar-17 19:22:00	PM1+SOLDADURA DE TUBERIA SUMERGIDA EN EL TANQUE HYD.	1.7	24-mar-17 21:05:00	INSPECCION POR SENSOR DE PRESION DE LUBRICACION DE EJE DE DIFERENCIAL CON CORTOCIRCUITO, SE PROGRAMA CAMBIO	1.0
CAT-17	14.5	2017	25-mar-17 06:51:00	PM1+SOLDADURA DE TUBERIA SUMERGIDA EN TANQUE HYD.	318.4	07-abr-17 13:14:00	INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES ABRIL 2017	0.2
CAT-04	13.8	2017	25-mar-17 17:23:00	PM4+ BACKLOG4S	1.3	25-mar-17 18:40:00	INTERCAMBIO DE SENSOR DE TEMPERATURA DE AMBIENTE POR AVERIA INTERNA	3.4
CAT-05	28.4	2017	26-mar-17 16:23:00	PM6 + BACKLOGS	137.1	01-abr-17 09:29:00	EVALUACION DE FUGA DE ACEITE POR MANGUERA HIDRAULICA AL HMU	0.9
CAT-20	16.5	2017	26-mar-17 19:27:00	PM8	3.8	26-mar-17 23:15:00	PRUEBA DE AUTOLUBRICACION, POR BAJA PRESION	0.4
CAT-01	10.9	2017	27-mar-17 07:05:00	PM2 + BACKLOGS	13.4	27-mar-17 20:28:00	REPARACION Y AISLADO DE CIRCUITO DE SENSOR DE PRESION ATMOSFERICO, POR FALSO CONTACTO	1.2
CAT-08	18.6	2017	28-mar-17 03:53:00	PM8+ BACKLOG	172.0	04-abr-17 07:51:00	AJUSTE DE TAPA DE LLENADO DE ACEITE DE CONVERTIDOR POR MAL AJUSTE	1.0
CAT-06	66.1	2017	30-mar-17 03:40:00	PM2+CAMBIO DE SELLOS DE CIGUENAL DE MOTOR POR PASE DE ACEITE DE MOTOR A TRANSMISIN	1.8	30-mar-17 05:26:00	PRUEBAS EVALUACION DE SOLENOIDES 4 Y 7 POR MAL FUNCIONAMIENTO. CALIBRACION DE TRANSMISION	5.2
CAT-02	23.2	2017	31-mar-17 03:07:00	PM7+CAMBIO DE BOMBA DE PRE LUBRICACION	68.8	02-abr-17 23:57:00	AJUSTE DE CANERIA DE ENTRADA A BOMBA DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE POR EVENTO DE ALARMA DE BAJA PRESION DE COMBUSTIBLE	3.1
CAT-14	14.5	2017	31-mar-17 17:50:00	PM7	93.0	04-abr-17 14:52:00	PROBLEMAS CON LECTURA DE CARGA DE BALANZA	2.8
CAT-12	12.0	2017	31-mar-17 20:00:00	PM3 + BACKLOGS	180.1	08-abr-17 08:04:00	BAJA PRESION DE BOMBA POR GOMAS DE CONECTOR DEFORMADO (FALSO CONTACTO)	2.4

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de marzo 2017.

Tabla 138. Primera Parada Después del PM de abril 2017

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-03	20.3	2017	02-abr-17 05:59:00	PM6+CAMBIO DE BOMBA DE DIRECCION POR PCR	130.9	07-abr-17 16:53:00	LIMPIEZA DE LOS 4 PRE FILTROS POR EVENTRO DE PRESION ALTA	1.0
CAT-19	14.8	2017	02-abr-17 17:23:00	PM 1+SOLDADURA DE SOPORTE DE TUBERIA DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS	53.5	04-abr-17 22:52:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DE CAMARAS POR MAL FUNCIONAMIENTO	0.3
CAT-13	25.3	2017	03-abr-17 10:06:00	PM 1+CAMBIO DE BELLOWS (18 UND)+ BACKLOGS	142.2	09-abr-17 08:15:00	RECARGA DE SUSPENSIONES POR FUGA DE ACEITE HIDRAULICO	5.3
CAT-09	36.6	2017	05-abr-17 00:00:00	PM8+CAMBIO DE BOMBA DE TRANSFERENCIA +BOMBA DE ALTA+ INYECTORES (16 UND)	32.2	06-abr-17 08:10:00	REVISION DE HARNES DE SENSOR DE PRESION DE SUS. POST. DERECHO	5.4
CAT-16	11.7	2017	05-abr-17 04:13:00	PM4	136.5	10-abr-17 20:40:00	INSPECCION DE SISTEMA ELECTRICO DE COMBUSTIBLE - EQUIPO NO ARRANCA	7.3
CAT-15	10.0	2017	05-abr-17 13:49:00	PM4 + BACKLOGS	1.3	05-abr-17 15:06:00	INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES ABRIL 2017	0.0
CAT-10	16.5	2017	06-abr-17 09:28:00	PM5 + CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR+BACKLOGS	-1.6	06-abr-17 07:51:00	FUGA DE ACEITE POR SELLO DE CULATA DE MOTOR NO 5	2.1
CAT-18	11.7	2017	06-abr-17 15:33:00	PM2 + BACKLOGS	3.2	06-abr-17 18:45:00	INSTALACION DE VALVULA DE ALIVIO DE TANQUE DE AIRE POR SOLTURA	4.1
CAT-11	13.3	2017	07-abr-17 14:03:00	PM6 + BACKLOGS	113.6	12-abr-17 07:38:00	CAMBIO DE BELLOW DE ENTRADA A TURBO 3 DAQADO	2.0
CAT-17	8.8	2017	08-abr-17 00:58:00	PM2	2.1	08-abr-17 03:01:00	AJUSTE DE TAPA SUELTA DE LLENADO DE ACEITE DE MOTOR POR FUGA DE ACEITE	0.9
CAT-20	10.1	2017	08-abr-17 13:46:00	PM 1+BACKLOG4S	1.8	08-abr-17 15:34:00	INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES ABRIL 2017	0.2
CAT-05	12.7	2017	09-abr-17 03:43:00	PM7+CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR	53.1	11-abr-17 08:51:00	DRENAJE DE ACEITE DE CONVERTIDOR POR EXCESO DE NIVEL DE ACEITE POR EVENTO DE FUGA DE ACEITE	1.9
CAT-01	13.4	2017	10-abr-17 07:39:00	PM3 + BACKLOGS	222.8	19-abr-17 14:24:00	CAMBIO DE BATERIAS DESCARGADAS - EQUIPO NO ARRANCA	3.2
CAT-07	72.1	2017	12-abr-17 16:53:00	PM8 + CAMBIO DE DIFERENCIAL+MANDO FINAL IZQUIERDO Y SERVICE LETTER	93.2	16-abr-17 14:07:00	INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES ABRIL 2017	0.1
CAT-08	20.5	2017	13-abr-17 13:41:00	PM 1 + BACKLOGS	45.6	15-abr-17 11:18:00	EVALUACION Y CAMBIO DE BATERIAS - EQUIPO NO ARRANCA	5.3
CAT-06	65.9	2017	16-abr-17 10:08:00	PM3 + CAMBIO DE TRANSMISIO POR PCR+CAMBIO DE SELLO DE CIGUEAL	142.1	22-abr-17 08:14:00	AJUSTE DE VALVULA DE LLENADO DE AIRE POR FUGA	3.2
CAT-04	37.5	2017	17-abr-17 20:09:00	PM5+CAMBIO DE CILINDRO DE SUSP.DELANTERO IZQUIERDO POR PCR	259.0	28-abr-17 15:06:00	RELLENO DE COMBUSTIBLE	0.2
CAT-12	31.4	2017	18-abr-17 20:47:00	PM4 + CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR	42.2	20-abr-17 14:56:00	INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES ABRIL 2017	0.4
CAT-14	17.0	2017	19-abr-17 14:30:00	PM8 + CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR	201.9	28-abr-17 00:22:00	INSPECCION DE HARNES CON CORTOCIRCUITO POR EVENTO DE FARO DE TOLVA QUEMADO	4.9
CAT-02	30.9	2017	21-abr-17 03:52:00	PM8+CAMBIO DE CILINDROS DE DIRECCION+CAMBIO DE TURBOCOMPRESORES	52.2	23-abr-17 08:04:00	RECARGA DE BATERIAS POR BAJO VOLTAJE - EQUIPO NO ARRANCA	3.1
CAT-19	8.6	2017	21-abr-17 14:53:00	PM2 + PRESURIZACION DE SISTEMA DE ADMISION + PRUEBA DE DESCENSO DE ESCALERA	32.8	22-abr-17 23:40:00	LIMPIEZA DE CONECTOR DE VALVULA DE COMBUSTIBLE POR VELOCIDAD ANORMAL	0.6
CAT-15	9.9	2017	24-abr-17 03:44:00	PM5	44.1	25-abr-17 23:49:00	CAMBIO DE BULBO DE FOCO DE CARRETERA INFERIOR LH QUEMADO	0.6
CAT-16	10.0	2017	24-abr-17 16:54:00	PM5 + BACKLOGS	31.7	26-abr-17 00:34:00	CAMBIO DE BULBO DE FOCO DE CARRETERA QUEMADO	0.1
CAT-18	7.9	2017	26-abr-17 04:49:00	PM3	131.7	01-may-17 16:29:00	LIMPIEZA DE HARNES DE VALVULA FCV DE COMBUSTIBLE POR FALSO CONTACTO	1.2
CAT-03	11.9	2017	26-abr-17 20:15:00	PM7 + BACKLOGS	3.3	26-abr-17 23:34:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DE HARNES DE SWITCH DE SEPARADOR DE AGUA POR EVENTO DE NIVEL ALTO DE SEPARADOR DE AGUA	2.2
CAT-13	16.9	2017	27-abr-17 20:31:00	PM2+BACKLOG4S	65.2	30-abr-17 13:41:00	AJUSTE DE FILTRO DE COMBUSTIBLE SUELTO	1.2
CAT-11	12.1	2017	28-abr-17 06:14:00	PM7 + BACKLOGS	26.1	29-abr-17 08:20:00	REPARACION DE BASE DE FARO DE TOLVA ROTO LADO RH	0.2
CAT-10	13.4	2017	29-abr-17 07:48:00	PM6 + BACKLOGS	204.4	07-may-17 20:12:00	AJUSTE DE CONJUNTO DE RESPIADERO DE MOTOR POR FUGA DE ACEITE	4.1
CAT-20	10.1	2017	29-abr-17 18:07:00	PM2 + BACKLOGS	14.1	30-abr-17 08:13:00	EVALUACION Y PRUEBAS DE SISTEMA DE AUTOLUBRICACION POR ALARMA	0.8

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de abril 2017.

Tabla 139. Primera Parada Después del PM de mayo 2017

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-17	11.9	2017	01-may-17 04:37:00	PM3 + INSTALACION DE TACOS	51.1	03-may-17 07:44:00	ENLLANTE: CORTE EN LLANTA 4	0.6
CAT-09	63.2	2017	03-may-17 18:13:00	PM 1 + CULMINAR MID LIFE	5.5	03-may-17 23:45:00	AJUSTE DE BASE SUELTA DE FARO DE TOLVA LADO LH	0.5
CAT-01	12.3	2017	03-may-17 22:01:00	PM4+ BACKLOGS	89.6	07-may-17 15:39:00	REPARACION DE HARNES DE INYECTOR #20, POR CIRCUITO ABIERTO	2.4
CAT-05	39.0	2017	05-may-17 09:33:00	PM8+MID LIFE+CAMBIO DE ALTERNADOR+BOMBA DE AGUA PRINCIPAL, AUXILIAR (19 INYECTORES)+HARNES+ BELLOWS+ TURBOCOMPRESORES (1Y2)+CRUCETA DE PTO	4.7	05-may-17 14:15:00	AJUSTE DE TUBERIA DE RETORNO DE CULATA #8, POR FUGA DE COMBUSTIBLE	0.9
CAT-12	8.3	2017	05-may-17 17:57:00	PM5 + BACKLOGS	194.2	13-may-17 20:09:00	AJUSTE DE SWICHT FLOJO DE INDICADOR PRESION FILTROS HIDRAULICOS	0.4
CAT-14	7.2	2017	06-may-17 01:31:00	PM 1+BACKLOGS	47.3	08-may-17 00:51:00	EVALUACION DE RELAY DE SUBIDA DE VENTANA DE COPILOTO	1.8
CAT-08	8.4	2017	06-may-17 12:04:00	PM2 + BACKLOGS	113.5	11-may-17 05:34:00	CAMBIO SENSOR DE ENTRADA A BOMBA DE TRANSFERENCIA POR EVENTO DE BAJA PRESION DE BOMBA DE TRANSFERENCIA	7.2
CAT-04	7.3	2017	06-may-17 19:44:00	PM6 + BACKLOGS	1.1	06-may-17 20:52:00	ANULACION DE SISTEMA DE AUTOLUBRICACION POR BOMBA DE GRASA A TASCADA	4.1
CAT-06	9.5	2017	07-may-17 05:41:00	PM4+BACKLOG4S	58.9	09-may-17 16:32:00	CAMBIO MANGUERA DE TRANSMISION POR FUGA DE ACETE	9.3
CAT-02	15.6	2017	07-may-17 20:07:00	PM 1+CAMB. DE MANGUERAS+Backlogs	43.6	09-may-17 15:40:00	CAMBIO DE RELAY DE VENTA DE OPERADOR POR EVENTO DE NO FUNCIONA VENTANA	3.1
CAT-19	9.6	2017	08-may-17 05:42:00	PM3+BACKLOGS	122.6	13-may-17 08:20:00	NIVELACION DE ACETE DE TRANSMISION POR EXCESO DE ACETE	0.8
CAT-07	18.9	2017	09-may-17 01:34:00	PM 1+CAMBIO DE BOMBA DE LEVANTE POR PCR	18.5	09-may-17 20:03:00	CAMBIO DE SELLO DAQADO DE LINEA DE FILTRO DE DIRECCION	0.5
CAT-15	21.2	2017	09-may-17 22:48:00	PM6 + BACKLOGS	1.7	10-may-17 00:28:00	LIMPIEZA Y RECONEXION DE SENSOR DE SALIDA BOMBA TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE	0.3
CAT-16	12.0	2017	10-may-17 10:55:00	PM6	10.0	10-may-17 20:57:00	CAMBIO DE FOCO DE CARRETERA QUEMADO	0.0
CAT-18	17.2	2017	11-may-17 04:01:00	PM4+CAMBIO DE RETEN DE CIGUENAL DELANTERO+BACKLOG4S	14.4	11-may-17 18:26:00	797F-77_TOQ: CAMBIO DE FAROS LED POR NORMALES-CARGO OPERACION	2.4
CAT-13	11.6	2017	11-may-17 15:39:00	PM3	79.0	14-may-17 22:41:00	LIMPIEZA Y RECONEXION DE CONECTORES SENSOR PRESION DE COMBUSTIBLE EN FILTROS POR FLASO CONTACTO	1.3
CAT-03	43.5	2017	13-may-17 13:36:00	PM8+CAMBIO DE RUEDA Y CIL. DE SUSP. DEL. RH+ BACKLOGS	10.9	14-may-17 00:29:00	APERTURA DE VALVULA CERRADA DE SISTEMA DE CALEFACCION CABINA OPERADOR	0.7
CAT-11	24.6	2017	13-may-17 15:41:00	PM8 + BACKLOGS+BOMBA DE COMBUSTIBLE DE CFM	179.7	21-may-17 03:22:00	CAMBIO DE IDLER ROTO DE ALTERNADOR DE CARGA	3.4
CAT-20	7.0	2017	14-may-17 03:52:00	PM3	151.7	20-may-17 11:35:00	LIMPIEZA DE CONECTOR DE FCV POR MALA SEQAL	1.0
CAT-10	19.5	2017	14-may-17 23:19:00	PM7+CAMBIO DE BOMBA DE ALTA	85.6	18-may-17 12:56:00	RECARGA DE GAS AL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	2.2
CAT-17	12.3	2017	15-may-17 12:12:00	PM4	21.3	16-may-17 09:28:00	CAMBIO DE GOBERNADOR DE AIRE POR FUGA	3.4
CAT-09	13.1	2017	16-may-17 00:44:00	PM2+BACKLOGS	115.4	20-may-17 20:07:00	INSPECCION DE EQUIPO POR FUGA DE ACETE POR CARTER DE MOTOR, SE PROGRAMA EVALUACION EN PM	0.3
CAT-01	19.0	2017	16-may-17 21:53:00	PM5+BOMBA DE LEVANTE POR PCR	40.8	18-may-17 14:41:00	RECARGA DE AIRE AL SISTEMA DE ARRANQUE	1.0
CAT-12	7.5	2017	17-may-17 05:20:00	PM6+BACKLOGS	0.2	17-may-17 05:32:00	CAMBIO DE SOLENOIDE DE BOMBA DE DIRECCION POR CORTO	4.4
CAT-14	4.5	2017	17-may-17 16:31:00	PM2	281.5	29-may-17 09:58:00	INSTALACION DE TAPON A MANGUERA LLENADO DE COMBUSTIBLE	1.7
CAT-08	17.3	2017	20-may-17 03:20:00	PM3+CALIBRACION DE VALVULAS+BACKLOGS	40.8	21-may-17 20:10:00	DRENAJE DE ACETE EXCESIVO DE CONVERTIDOR	0.3
CAT-05	68.2	2017	20-may-17 13:05:00	PM 1+CAMBIO DE CONVERTIDOR Y TRANSMISION POR PCR	19.2	21-may-17 08:14:00	INSPECCION DE SWITCH DE REJILLA DE LEVANTE	0.9
CAT-06	10.5	2017	20-may-17 13:06:00	PM5	126.8	25-may-17 19:56:00	CAMBIO DE BULBO DE FARO DE CARRETERA SUPERIOR RH QUEMADO	0.6
CAT-19	8.0	2017	21-may-17 00:32:00	PM4+BACKLOGS	122.8	26-may-17 03:20:00	CAMBIO DE MANGUERA DE REFRIGERANTE POR FUGA	7.8
CAT-04	25.4	2017	21-may-17 22:36:00	PM7+BACKLOGS+HILO ROBADO DE HOUSING DE DRENAJE ECOLOGICO	89.2	25-may-17 15:46:00	CAMBIO DE INYECTOR DE GRASA POR FUGA	2.1
CAT-15	11.0	2017	22-may-17 12:21:00	PM7 + CALIBRACION DE VALVULAS	91.9	26-may-17 08:14:00	REPARACION DE SISTEMA DE VENTANA OPERADOR POR FALLA	0.7
CAT-02	34.4	2017	22-may-17 19:36:00	PM2 + CAMBIO DE CILINDRO DE SUSPENSION DELANTERO LH	0.8	22-may-17 20:26:00	CAMBIO DE FARO DE CARRETERA SUPERIOR RH POR FALSO CONTACTO	0.4
CAT-16	14.9	2017	23-may-17 03:38:00	PM7	1.3	23-may-17 04:58:00	ENLLANTE: PIEDRA EN LLANTA 3	0.2
CAT-18	13.9	2017	24-may-17 01:59:00	PM5	42.0	25-may-17 20:00:00	LIMPIEZA POR FUGA DE ACETE EN DAMPER DE MOTOR	0.9
CAT-13	14.9	2017	24-may-17 18:47:00	PM4+CALIBRACION DE VALVULAS	45.7	26-may-17 16:27:00	EVALUACION DE BOMBA DE FRENOS POR ALARMA EN ADVISOR	1.5
CAT-07	13.9	2017	25-may-17 11:35:00	PM2+CAMBIO DE ASIENTO DEL OPERADOR	16.1	26-may-17 03:40:00	CAMBIO DE SENSOR DE VELOC DE CONVERTIDOR POR ALARMA DE VELOC D CONVERTIDO	2.7
CAT-11	12.1	2017	26-may-17 00:35:00	PM 1(NO CAMBIAR ACETE HYD SOLO FILTROS)	9.5	26-may-17 10:05:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DE SENSOR DE VELOCIDAD DE VENTILADOR DE MOTOR POR FALSO CONTACTO	1.8
CAT-20	6.6	2017	26-may-17 06:20:00	PM4	1.6	26-may-17 07:57:00	CAMBIO DE MANGUERA DE LINEA DIRECCION	1.7
CAT-03	26.3	2017	27-may-17 15:52:00	PM 1+CAMBIO DE SEMI EJES TREN POSTERIOR	17.1	28-may-17 08:57:00	REPARACION DE VALVULA REGULADORA DE SISTEMA DE LUBRICACION AUTOMATICO	3.7
CAT-10	19.7	2017	27-may-17 23:40:00	PM8	44.3	29-may-17 20:00:00	EVALUACION Y CAMBIO DE SENSOR DE PRESION DE FRENO DE PARQUEO LH	6.8
CAT-17	7.9	2017	28-may-17 06:24:00	PM5	160.8	03-jun-17 23:13:00	CALIBRACION DE BALANZA AVERIADA	0.4
CAT-09	19.8	2017	29-may-17 01:56:00	PM3+BACKLOGS	117.0	02-jun-17 22:58:00	CAMBIO DE BULBO DE FOCO DE CARRETERA SUPERIOR LH	0.2
CAT-01	25.1	2017	30-may-17 02:25:00	PM6+CAMB.BOMBA DE DIRECCION POR PCR	15.1	30-may-17 17:33:00	CAMBIO DE MANGUERA DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS RH R_2184076	5.4
CAT-14	19.1	2017	31-may-17 02:35:00	PM3	134.6	05-jun-17 17:08:00	EVALUACION POR FUGA DEL SISTEMA DE ESCAPE	6.6
CAT-12	27.6	2017	31-may-17 06:27:00	PM7+CAMBIO DE SELLOS DE CIGUEQAL POR PASE DE ACETE DE MOTOR A TX	110.2	04-jun-17 20:37:00	CAMBIO DE FARO DE CARRETERA INFERIOR DERECHO	0.7

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de mayo 2017.

Tabla 140. Primera Parada Después del PM de junio 2017

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-08	18.9	2017	01-jun-17 21:53:00	PM4 + BACKLOGS	0.3	01-jun-17 22:09:00	ENLLANTE	0.1
CAT-06	21.6	2017	03-jun-17 00:50:00	PM6+CAMBIO DE ASIENTO DE COPILOTO+BACKLOGS	9.0	03-jun-17 09:50:00	SOLDADURA DE ESPARRAGO ROTO DE VALVULA DE DRENAJE DE TANQUE HYD + BCO_CAMBIO DE FARO DIRECCIONAL RH FRONTAL ROTO R_2197563	8.6
CAT-05	23.5	2017	03-jun-17 17:55:00	PM2 +CAMBIO DE CILINDROS DE DIRECCION POR PCR+ACUMULADOR DE FRENOS PO2 Y PO4 POR PCR	11.4	04-jun-17 05:18:00	CAMBIO DE MANGUERA DE ACUMULADORES DE DIRECCION POR FUGA R_2198206	6.4
CAT-19	7.2	2017	04-jun-17 00:50:00	PM5+Baklogs	8.3	04-jun-17 09:08:00	INSPECCION DE TAPABARRO, SE PROGRAMA CAMBIO	0.3
CAT-15	17.1	2017	04-jun-17 18:00:00	PM8+CAMB. DE BOMBA DE COMBUSTIBLE POR DIFERENCIA DE TEMP.	85.9	08-jun-17 07:52:00	REGULACION DE INYECTOR DE GRASA Y MONITOREO DE EQUIPO	1.6
CAT-02	18.7	2017	05-jun-17 10:26:00	PM3 + CAMBIO DE BOMBA DE DIRECCION+BACKLOGS	3.1	05-jun-17 13:31:00	INSTALACION DE PERNO ROTO DE BORNE POSITIVO DE BATERIA	0.6
CAT-16	9.0	2017	05-jun-17 18:11:00	PM8	31.6	07-jun-17 01:45:00	CAMBIO DE FARO DE TOLVA LADO RH QUEMADO	0.8
CAT-18	8.0	2017	06-jun-17 02:34:00	PM6+CAMBIO DE HARNNES DE VALVULA FCV	1.0	06-jun-17 03:33:00	EVALUACION POR BAJA PRESION DE LUBRICACION EJE POSTERIOR	6.9
CAT-04	24.2	2017	07-jun-17 04:01:00	PM8+CAMBIO DE ACULADORES DE FRENO POS.1 Y 2	45.3	09-jun-17 01:21:00	CAMBIO DE MANGUERA DE LINEA DE REFRIGERACION POR FUGA	0.2
CAT-13	14.9	2017	07-jun-17 22:55:00	PM5+CAMB. DE VALVULA SOLENOIDE DE DESCARGA SIST. FRENOS	134.8	13-jun-17 13:44:00	REVISION DE SWITCH DE RESTRICCION DE FILTRO DE CONVERTIDOR	1.3
CAT-11	13.4	2017	08-jun-17 13:34:00	PM2	30.3	09-jun-17 19:49:00	EVALUACION DE ESCALERA ACCESO A EQUIPO TRABADA	0.1
CAT-07	16.5	2017	09-jun-17 06:07:00	PM3+CAMBIO DE ACUMULADORES DE FRENO POS.3Y4.	32.9	10-jun-17 15:01:00	EVALUACION Y MONITOREO POR EVENTO DE ALARMA DE BOMBA DE FRENO	0.6
CAT-20	11.0	2017	10-jun-17 13:30:00	PM5	258.2	21-jun-17 07:44:00	REVISION DE TUBERIA DE ENFRIAMIENTO ABOLLADA	0.4
CAT-10	10.7	2017	11-jun-17 01:14:00	PM1+BACKLOGS	6.8	11-jun-17 08:04:00	CARGA DE GAS A SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	2.7
CAT-17	12.4	2017	11-jun-17 13:45:00	PM6	6.5	11-jun-17 20:13:00	EVALUACION DE DERIVACION DEL FILTRO DIFERENCIAL	1.5
CAT-09	12.2	2017	12-jun-17 03:46:00	PM4 + INSPECCION DE LINKS DE SUSPENSIONES POSTERIORES	9.8	12-jun-17 13:32:00	REGULACION DE VALVULA REDUCTORA DE PRESION DE GRASA	3.2
CAT-01	18.2	2017	12-jun-17 21:43:00	PM7+ BACKLOGS	159.9	19-jun-17 13:39:00	RECARGA DE AIRE - EQUIPO NO ARRANCA	1.8
CAT-03	7.4	2017	13-jun-17 04:21:00	PM2+BACKLOGS	170.7	20-jun-17 07:03:00	NIVELACION DE ACEITE DE DIRECCION	1.6
CAT-14	5.5	2017	13-jun-17 13:51:00	PM4+BACKLOGS	333.4	27-jun-17 11:17:00	797F-73_TOQ: PM5	8.4
CAT-12	9.6	2017	13-jun-17 23:39:00	PM8 +BACKLOGS	99.1	18-jun-17 02:43:00	LIMPIEZA DE SOLENOIDE INYECTOR #7 POR FALSO CONTACTO	0.7
CAT-19	5.3	2017	14-jun-17 14:02:00	PM6	14.5	15-jun-17 04:33:00	REPARACION DE INTERRUPTOR DE FILTRO DE REJILLA DE LEVANTE HYD, SE PROGRAMA CAMBIO INTERRUPTOR	1.0
CAT-15	28.2	2017	15-jun-17 18:34:00	PM1+CAMBIO CIL.SUSP.LH POR-FUGA POR VASTAGO	58.5	18-jun-17 05:01:00	CAMBIO DE FOCO SUPERIOR LH DE CARRTERA QUEMADO	0.7
CAT-05	8.2	2017	15-jun-17 22:36:00	PM3 BACKLOG	41.4	17-jun-17 16:01:00	AJUSTE Y LIMPIEZA DE CONECTOR DE FCV	1.5
CAT-06	26.0	2017	16-jun-17 22:21:00	PM7 + CAMBIO DE AFTERCOOLER DERECHO IZQUIERDO POR PCR	8.4	17-jun-17 06:42:00	ALARMA DE INYECTOR N 20	0.6
CAT-02	10.5	2017	17-jun-17 07:11:00	PM4	5.9	17-jun-17 13:05:00	RECARGA DE AIRE - EQUIPO NO ARRANCA	1.5
CAT-16	6.7	2017	18-jun-17 04:50:00	PM1	293.1	30-jun-17 09:56:00	PM2 + CALIBRACION DE LUZ DE VALVULAS POR HORAS	9.7
CAT-08	37.3	2017	18-jun-17 23:04:00	PM5 +CAMBIO DE ACUMULADORES DE FRENO POS.1 Y 2	-6.3	18-jun-17 16:48:00	CAMBIO DE INYECTOR NO 9 Y 19 POR AVERIA INTERNA R_2240305	15.8
CAT-04	30.3	2017	19-jun-17 16:36:00	PM1+CAMBIO DE DIFERENCIAL POR PCR	41.0	21-jun-17 09:35:00	LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONECTOR DE TURBO 3	0.7
CAT-13	7.4	2017	20-jun-17 00:03:00	PM6	53.1	22-jun-17 05:07:00	CAMBIO DE INYECTOR #1	4.1
CAT-18	5.6	2017	20-jun-17 03:42:00	PM7	161.8	26-jun-17 21:30:00	REGULACION DE ESPEJO RH	1.0
CAT-11	14.7	2017	20-jun-17 23:30:00	PM3+FIN DE GARANTIA MAQUINA NUEVA	20.8	21-jun-17 20:18:00	CAMBIO DE INYECTOR #5 POR FALLA INTERNA	2.7
CAT-07	14.0	2017	21-jun-17 15:30:00	PM4	42.0	23-jun-17 09:31:00	EVALUACION POR COMANDO DE FRENO ALTO EVENTO #1	1.1
CAT-20	23.0	2017	22-jun-17 20:00:00	PM6+ TES IRON TUBERIA DE REFRIGERANTE	152.4	29-jun-17 04:23:00	FUJACION DE FARO DE TOLVA RH	0.5
CAT-10	17.2	2017	23-jun-17 13:42:00	PM2+FIN DE GARANTIA	18.3	24-jun-17 07:57:00	CAMBIO DE SELLOS DE CAQUERIA DE RETORNO DE COMBUSTIBLE	1.1
CAT-17	11.1	2017	24-jun-17 01:45:00	PM7+BACKLOGS	94.5	28-jun-17 00:12:00	LIMPIEZA DE CONECTOR DE SENSOR DE NIVEL DE TANQUE DE COMBUSTIBLE POR MALA LECTURA	1.6
CAT-01	23.8	2017	25-jun-17 23:52:00	PM8+CAMB. MANGUERA SIST. LEVANTE+CORRECTIVOS	40.5	27-jun-17 16:21:00	LIMPIEZA Y CONEXION DE SENSOR DE VELOCIDAD DE VENTILADOR	1.9
CAT-03	13.5	2017	26-jun-17 13:34:00	PM3+CAMBIO DE MANGUERAS HYD.	66.2	29-jun-17 07:43:00	ENLLANTE	0.6
CAT-12	15.9	2017	27-jun-17 05:51:00	PM1+TES IRON TUBERIA DE REFRIGERANTE	3.8	27-jun-17 09:36:00	EVALUACION DE PRESION DE EJE POSTERIOR, EQUIPO CONTINUA TRABAJANDO	2.0
CAT-14	8.4	2017	27-jun-17 19:41:00	PM5	1.8	27-jun-17 21:29:00	AJUSTE DE SWITCH DE FILTRO DE SEPARADOR DE AGUA	0.3
CAT-09	94.0	2017	28-jun-17 02:26:00	PM5+CAMBIO DE BOMBA DE LUBRICACION DE EJE POST+BOMBA DE ENFRIAMIENTO+CAMBIO DE ENFRIADOR DE ACEITE DE MOTOR	76.4	01-jul-17 06:47:00	797F-68_TOQ: DRENAJE DE AGUA DEL SISTEMA Y LLENADO DE REFRIGERANTE	5.3
CAT-19	10.9	2017	28-jun-17 06:45:00	PM7 + CALIBRACION DE VALVULAS POR CONDICION	7.5	28-jun-17 14:15:00	AJUSTE Y LIMPIEZA DE HARNES DE LA VALVULA FCV, POR FALSO CONTACTO	0.4
CAT-15	4.9	2017	28-jun-17 18:31:00	PM2	217.2	07-jul-17 19:41:00	EVALUACION POR FUGA DE REFRIGERANTE	3.6
CAT-05	7.1	2017	29-jun-17 03:54:00	PM4	62.7	01-jul-17 18:38:00	RELLENO DE ACEITE DE DIRECCION POR FUGA DE ACEITE	2.6
CAT-02	17.0	2017	29-jun-17 22:08:00	PM5 + CAMBIO DE SEMEJES POR PCR	21.7	30-jun-17 19:52:00	CAMBIO DE FILTRO DE ACTUACION DE FRENOS POR FUGA DE ACEITE	7.6
CAT-06	15.0	2017	30-jun-17 07:44:00	PM8	84.8	03-jul-17 20:31:00	LIMPIEZA DE SENSOR DE PRESION ENTRADA A BOMBA DE TRANSFERENCIA COMBUSTIBLE POR EVENTO DE BAJA PRESION	0.6
CAT-16	9.7	2017	30-jun-17 19:39:00	PM2 + CALIBRACION DE LUZ DE VALVULAS POR HORAS	12.3	01-jul-17 07:58:00	CAMBIO DE SELLO DE TAPA DE BALANCIN DE CULATA #2	1.6

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de junio 2017.

Tabla 141. Primera Parada Después del PM de julio 2017

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-08	14.6	2017	01-jul-17 08:58:00	PM6 + CAMBIO BB ENFRIAMIENTO FRENOS Y EJE POSTERIOR	2.3	01-jul-17 11:18:00	CAMBIO DE ORING DE TAPA DE TOMA DE PRESION DE BOMBA ENFRIAMIENTO DE FRENOS, POR FUGA DE ACEITE O_1000361071 R_2276839	2.2
CAT-04	25.3	2017	03-jul-17 04:31:00	PM2 + CAMBIO DE AFTERCOOLER RH Y LH+ CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR POR HORAS	15.2	03-jul-17 19:44:00	AJUSTE Y LIMPIEZA DE TAPON DE DRENADO ECOLOGICO DE ACEITE DE MOTOR	5.3
CAT-18	12.0	2017	03-jul-17 15:59:00	PM8 + CALIBRACION DE LUZ DE VALVULAS POR HORAS	62.3	06-jul-17 06:16:00	REVISION DE ESCALERA ELECTRICA	3.0
CAT-13	7.1	2017	04-jul-17 03:46:00	PM7	14.7	04-jul-17 18:25:00	CARGA DE ACUMULADORES DE FRENO	6.4
CAT-11	12.4	2017	04-jul-17 16:34:00	PM4	8.5	05-jul-17 01:06:00	CAMBIO DE VALVULAS DE CARGA DE ACUMULADORES POR EVENTO ACTIVO DE FRENOS	11.1
CAT-07	8.6	2017	05-jul-17 05:41:00	PM5+CAMB. VALVULA DESCARGA DE AIRE.	0.8	05-jul-17 06:29:00	REGULACION DE GRUPO DE VALVULA STAT POR ALTA TEMPERATURA DE REFRIGERANTE	5.2
CAT-10	10.3	2017	05-jul-17 19:16:00	PM3+BACKLOGS	34.6	07-jul-17 05:52:00	AJUSTE DE CONECTORES DE CABINA POR REPORTE DE FALLA DE SENSOR DE FILTRO DE DIFERENCIAL	2.3
CAT-20	10.2	2017	06-jul-17 06:58:00	PM7+CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR	73.1	09-jul-17 08:01:00	COLOCACION DE TAPON MANGUERA POR FUGA DE ACEITE POR LLENADO RAPIDO DE DIRECCION	2.1
CAT-17	11.6	2017	06-jul-17 20:37:00	PM8+BACKLOG4S	47.2	08-jul-17 19:46:00	REVISION Y AJUSTE DE TUBERIA DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS	0.2
CAT-03	8.2	2017	08-jul-17 18:19:00	PM4	13.6	09-jul-17 07:56:00	CAMBIO DE SELLO DE MANGUERA DE DIRECCION POR FUGA DE ACEITE	1.2
CAT-01	18.2	2017	09-jul-17 14:42:00	PM 1+PS52922 CAMB. TUBERIA DE SUCISN DE BOMBA DE AGUA+CAMB.BOMA DE ENFRIAMIENTO DE FRENO Y LUB. EJE POST.	14.3	10-jul-17 05:02:00	EVALUACION POR FUGA DE ACEITE HIDRAULICO	0.8
CAT-12	6.4	2017	10-jul-17 00:03:00	PM2	102.9	14-jul-17 06:54:00	CAMBIO DE INYECTOR #1	3.5
CAT-14	9.6	2017	10-jul-17 13:01:00	PM6	15.6	11-jul-17 04:38:00	AJUSTE DE BORNE LADO POSITIVO DE ALTERNADOR	1.0
CAT-09	14.5	2017	11-jul-17 01:47:00	PM6+PS52922 CAMB.TUBERIA DE SUCCISN DE BOMBAS DE AGUA+CAMB. REFRIGERANTE MONITOREO	69.5	13-jul-17 23:19:00	INSTALACION Y AJUSTE DE ESPEJO RETROVISOR LH SUELTO	0.1
CAT-19	15.4	2017	11-jul-17 19:13:00	PM8+BACKLOG4S	26.1	12-jul-17 21:19:00	HARNES DE DISPLAY DE CAMARA AVERIADA, SE PROGRAMA CAMBIO	2.4
CAT-15	6.9	2017	12-jul-17 03:30:00	PM3+BACKLOGS	58.9	14-jul-17 14:23:00	AJUSTE DE VALVULA DE LLENADO RAPIDO DE DIRECCION	1.2
CAT-05	24.4	2017	13-jul-17 06:13:00	PM5+PS52922 TUBERIAS DE SUCCISN DE BOMBAS DE AGUA+ CAMB. DE BBA DE TX/TC GW03454	-0.1	13-jul-17 06:05:00	INSPECCION DE EQUIPO POR TOLVA NO LEVANTA	1.9
CAT-06	11.3	2017	13-jul-17 21:12:00	PM 1+CAMB. PROTECTOR DE BARRO+GOBERNADOR DE AIRE	52.0	16-jul-17 01:10:00	CAMBIO DE SELLO DE LINEA DE BOMBA DE FRENOS, POR FUGA DE ACEITE	1.7
CAT-16	32.2	2017	14-jul-17 02:48:00	PM3+SOLDADURA DE TUBO DE ESCAPE - FISURA	73.5	17-jul-17 04:19:00	NIVELADO DE FLUIDO DE ACEITE DE CONVERTIDOR, POR FUGA	0.6
CAT-08	11.7	2017	14-jul-17 11:04:00	PM7+PS52922 CAMB.TUBERIA DE SUCCISN BOMBAS DE AGUA	295.3	26-jul-17 18:20:00	797F-67_TOQ: PM8+CAMB. DE INYECTORES Y BOMBA DE ALTA	18.6
CAT-02	30.0	2017	15-jul-17 23:29:00	PM6 + CAMB. ACUMULADOR DE DIRECCION+INSPECCION DE LINKS	4.6	16-jul-17 04:05:00	CAMBIO DE MANGUERA DE ACUMULADOR DE DIRECCION - CONTIX O_1000368063 R_2317704	1.7
CAT-04	21.3	2017	16-jul-17 10:00:00	PM3 +CAMB. CARDAN PTO+ INSPECCION DE LINKS Y SUSPENSIONES POSTERIORES	5.4	16-jul-17 15:24:00	AJUSTE DE FILTRO DE COMBUSTIBLE	0.3
CAT-18	9.6	2017	16-jul-17 19:39:00	PM 1+CAMB.SELLO DE TAPA DE BALANCIN N3 Y CLAMP DE BELLOW DE ESCAPE LH	25.0	17-jul-17 20:37:00	LIMPIEZA DE HARNES DE MODULO DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE, POR FALSO CONTACTO	1.0
CAT-13	6.6	2017	17-jul-17 01:24:00	PM8+BACKLOGS	20.2	17-jul-17 21:38:00	797F-72_TOQ: INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES JULIO 2017	1.0
CAT-07	10.0	2017	17-jul-17 14:16:00	PM6 +PS52922 CAMB. DE TUBERIA DE SUCCISN DE AGUA	120.2	22-jul-17 14:30:00	ACONDICIONAMIENTO DE SENSORES DE SISTEMA DE A/C	1.3
CAT-10	10.0	2017	18-jul-17 00:09:00	PM4+INSP. DE LINK DE SUSP.+BL	11.1	18-jul-17 11:15:00	LIMPIEZA DE CONECTOR DE EMBRAGUE DE TRABA DE CONVERTIDOR	0.6
CAT-11	13.2	2017	18-jul-17 23:06:00	PM5+REP.BOMBA DE FRENO Y LUB EJE POST.	36.6	20-jul-17 11:41:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DE STAT	1.8
CAT-17	12.0	2017	19-jul-17 11:17:00	PM 1+CALIBRACION DE VALVULAS	12.4	19-jul-17 23:43:00	REGULACION DE VALVULA DE ALIVIO DE BOMBA DE LEVANTE-NO LEVANTA TOLVA	5.0
CAT-20	8.5	2017	19-jul-17 21:17:00	PM8+CAMB. MOTOR DE LA VENTANA	0.9	19-jul-17 22:09:00	LIMPIEZA DE CONECTORES Y AJUSTE DE HARNES DE ECM POR EVENTO DE TEMP DE COMBUSTIBL	1.0
CAT-03	19.8	2017	20-jul-17 23:01:00	PM5+CAMB.DE ACUMULADORES DE DIRECCION #1,2 Y 3+BL	75.6	24-jul-17 02:34:00	REVISION DE PRESION DE BOMBA DE DIRECCION POR EVENTO DE BAJA PRESION	1.2
CAT-12	13.1	2017	21-jul-17 11:50:00	PM3+BACKLOGS	183.3	29-jul-17 03:05:00	RELLENO DE COMBUSTIBLE	0.2
CAT-01	22.5	2017	22-jul-17 16:10:00	PM2+CAMB.BOMBA DE ALTA COMBUSTIBLE DIFERENCIA DE TEMP.+CAMBIO DE SELLO INTEGRAL DE VALVULA DE CONTROL LEVANTE	93.5	26-jul-17 13:37:00	CAMBIO DE BOMBA DE CEBADO POR AVERIA INTERNA	9.3
CAT-14	7.6	2017	23-jul-17 00:30:00	PM7+BACKLOGS	55.2	25-jul-17 07:44:00	797F-73_TOQ: INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES JULIO 2017	1.0
CAT-09	23.9	2017	24-jul-17 00:08:00	PM7+CAMB. DE REFRIGERANTE+CAMBIO DE RETEN INF. DE CIL.SUSP. POST. LH+BL	1.5	24-jul-17 01:39:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DEL ESTAT POR EVENTO TEMPERATURA ALTA DE MOTOR	1.3
CAT-19	10.3	2017	24-jul-17 09:55:00	PM 1+BL	84.1	27-jul-17 22:01:00	797F-78_TOQ: INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES JULIO 2017	1.0
CAT-15	6.9	2017	25-jul-17 21:11:00	PM4	96.6	29-jul-17 21:48:00	797F-74_TOQ: INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES JULIO 2017	1.0
CAT-05	8.9	2017	26-jul-17 06:13:00	PM6 (NO CAMBIAR ACEITE DE DIRECCION) +BACKLOGS	5.0	26-jul-17 11:15:00	CAMBIO DE FITTING DE GRASA DE LINK SUPERIOR DE SUSPENSION TRASERA RH	1.1
CAT-16	5.8	2017	26-jul-17 18:17:00	PM4+BACKLOGS+INSPECCION DE LINKS	36.0	28-jul-17 06:19:00	ANULADO DE MANGUERA DE LLENADO RAPIDO DE SISTEMA DE DIRECCION	7.2
CAT-08	18.6	2017	27-jul-17 12:57:00	PM8+CAMB. DE INYECTORES Y BOMBA DE ALTA	88.2	31-jul-17 05:09:00	REPOSICION DE CABLE POSITIVO DE CIRCULINA	1.0
CAT-06	16.7	2017	27-jul-17 22:36:00	PM2	45.3	29-jul-17 19:53:00	AJUSTE DE MANGUERA DE RESPIRADERO HYDRAULICO POR FUGA	0.6
CAT-02	11.0	2017	29-jul-17 03:13:00	PM7	175.6	05-ago-17 10:47:00	AJUSTE Y LIMPIEZA DE CONECTOR DE HARNES DE MOTOR POR ALARMA DE DIFERENCIAL	0.7
CAT-04	13.5	2017	29-jul-17 16:38:00	PM4	2.4	29-jul-17 19:00:00	AJUSTE DE TAPA DE TAPON DE DRENAJE ECOLOGICO DE MOTOR POR FUGA	4.6
CAT-18	5.6	2017	30-jul-17 05:51:00	PM2	38.8	31-jul-17 20:36:00	CAMBIO DE HARNES DE INYECTOR POR CORRIENTE BAJO LO NORMAL	3.0
CAT-13	6.1	2017	30-jul-17 17:38:00	PM 1 (NO CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO)	44.0	01-ago-17 13:38:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DE SENSORES DE VELOCIDAD POR EVENTO DE ADVERTENCIA DE MOTOR	2.0
CAT-07	12.0	2017	31-jul-17 09:05:00	PM7	50.1	02-ago-17 11:08:00	EVALUACION POR FALLA DE INTERRUPTOR DE REJILLA DE LEVANTE POSTERIOR	1.0
CAT-10	7.6	2017	31-jul-17 21:54:00	PM5 (EQUIPO NO SERA LAVADO AREA DE LAVADO F/S)	96.4	04-ago-17 22:20:00	REPARACION DE LUCES DE CARRETERA	0.1

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de julio 2017.

Tabla 142. Primera Parada Después del PM de agosto 2017

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-11	10.4	2017	01-ago-17 18:57:00	PM6 + BL+SOLDADURA DE ABRAZADERA DE TUBO DE ESCAPE	14.4	02-ago-17 09:23:00	LIMPIEZA Y AJUSTE DE CONECTORES DEL E STAT POR ALARMA DE MOTOR	1.3
CAT-17	6.5	2017	02-ago-17 03:11:00	PM2+PS90681 HARNESS DE FCV	2.5	02-ago-17 05:38:00	797F-76_TOQ: INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES DE AGOSTO 2017	0.2
CAT-20	15.7	2017	02-ago-17 23:59:00	PM 1+CAMB.ACEITE DE RUEDAS DELANTERAS POR COND.+CAMB.BOMBA DE ALTA POR DIFERENCIA DE TEMPERATURA.	1.4	03-ago-17 01:22:00	REGULACION DE BOMBA DE DIRECCION POR CODIGO DE PRESISN ALTA	1.4
CAT-03	19.5	2017	03-ago-17 19:47:00	PM6+CAMB DE BOMBAS DE ENFRIA. Y ACTUACION DE FRENO POR PCR.+BL	239.2	13-ago-17 19:00:00	LIMPIEZA DE CONECTOR SUELTO DE ECM DE VIMS	1.0
CAT-12	8.3	2017	04-ago-17 09:10:00	PM4+BL	66.1	07-ago-17 03:18:00	LIMPIEZA DE SENSOR DE NIVEL DE COMBUSTIBLE	0.5
CAT-14	16.0	2017	05-ago-17 04:23:00	PM8+CAMBIO DE SELLOS DE DAMPER POR FUGA	33.6	06-ago-17 14:01:00	CAMBIO DE INYECTOR 17	2.0
CAT-01	22.7	2017	06-ago-17 02:37:00	PM3+BL+CORRECTIVOS (8)	63.7	08-ago-17 18:17:00	AJUSTE DE TAPA SUELTA DE LLENADO DE ACEITE DE MOTOR POR FUGA DE ACEITE	0.5
CAT-19	8.4	2017	06-ago-17 11:47:00	PM2+BL	87.8	10-ago-17 03:32:00	EVALUACION Y MONITOREO EN RUTA POR EVENTO DE FRENO DE SERVICIO	0.7
CAT-15	11.3	2017	06-ago-17 23:11:00	PM5+INSTALAR PERNOS DE FILTRO DE ACTUACION DE FRENO+CORRECTIVOS	196.6	15-ago-17 03:44:00	RELLENO DE COMBUSTIBLE	0.4
CAT-22	12.7	2017	07-ago-17 11:53:00	PM 50HRS - MAQUINA NUEVA	49.2	09-ago-17 13:04:00	REVOSE DE ACEITE POR RESPIRADERO DE DIRECCION	1.1
CAT-05	24.7	2017	08-ago-17 12:49:00	PM7+CAMB. DE ASIENTO DE PILOTO+CO_CAMB. SELLOS DE CULATA N7.	1.8	08-ago-17 14:34:00	AJUSTE DE TAPA SUELTA DE LLENADO DE RADIADOR POR FUGA DE REFRIGERANTE	0.5
CAT-09	25.6	2017	09-ago-17 14:30:00	PM8 + CAMB.DE MANDO FINAL DERECHO POR PRESENCIA DE Fe EN TAPON MAGNETICO.	6.9	09-ago-17 21:21:00	LIMPIEZA DE HARNES DE SENSOR DE SEPARADOR DE AGUA DE COMBUSTIBLE, POR FALSO CONTACTO	1.7
CAT-16	9.0	2017	10-ago-17 00:00:00	PM5	99.2	14-ago-17 03:13:00	CAMBIO DE FOCO QUEMADO DE CARRETERA INFERIOR LH	0.2
CAT-08	13.7	2017	10-ago-17 17:03:00	PM 1 (NO CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO)	0.3	10-ago-17 17:20:00	CAMBIO DE SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE DE MOTOR, POR AVERIA INTERNA	6.4
CAT-06	11.7	2017	11-ago-17 05:51:00	PM3	1.8	11-ago-17 07:38:00	RELLENO DE ACEITE DE DIFERENCIAL POR BAJO NIVEL	2.2
CAT-02	15.3	2017	12-ago-17 06:46:00	PM8	2.5	12-ago-17 09:13:00	LIMPIEZA Y AJUSTE DE HARNESS DE MOTOR LADO IZQUIERDO POR ALARMA DE MOTOR	1.3
CAT-21	17.3	2017	12-ago-17 23:57:00	PM 1 (CAMBIAR TODOS LOS FLUIDOS MENOS ACEITE DE TRANSMISION)	20.8	13-ago-17 20:47:00	RECONEXION DE CABLE SUELTO DE TIERRA DE CLAXON	1.3
CAT-18	12.0	2017	13-ago-17 13:31:00	PM3	64.3	16-ago-17 05:47:00	797F-77_TOQ: INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES DE AGOSTO 2017	0.2
CAT-13	15.9	2017	14-ago-17 03:53:00	PM2	7.7	14-ago-17 11:32:00	LIMPIEZA DE SOLENOIDE SE PRESION DE LUBRICACION DE DIFERENCIAL POR BAJA PRESION DE LUBRICACION	1.2
CAT-10	7.2	2017	14-ago-17 16:40:00	PM6 (NO CAMBIAR ACEITE DIRECCION)	79.1	17-ago-17 23:43:00	ASEGURAMIENTO DE CONECTOR DE SENSOR DE PRESION	2.8
CAT-07	21.6	2017	15-ago-17 14:25:00	PM8+BL CAMB. MANGUERA DE TUBERIA DE REFRIGERANTE.	6.6	15-ago-17 20:58:00	AJUSTE DE CONECTOR DE SENSOR DE SEPARADOR DE AGUA POR EVENTO DE NIVEL ALTO DE SEPARADOR DE AGUA	0.6
CAT-17	12.3	2017	16-ago-17 03:27:00	PM3	29.2	17-ago-17 08:36:00	EVALUACION Y AJUSTE DE SISTEMA DE FRENOS	1.6
CAT-04	13.3	2017	16-ago-17 17:31:00	PM5	60.0	19-ago-17 05:31:00	EVALUACION POR EQUIPO SE APAGO	3.7
CAT-20	8.9	2017	17-ago-17 03:12:00	PM2	21.2	18-ago-17 00:25:00	REGULACION DE PERILLA DE CALEFACCION POR REPORTE DE REVISION DE CALEFACCION	0.5
CAT-11	24.5	2017	18-ago-17 03:28:00	PM7	19.1	18-ago-17 22:31:00	REPARACION DE TUBERIA DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS POR FUGA DE REFRIGERANTE	7.2
CAT-03	16.2	2017	18-ago-17 10:16:00	PM7+CALIBRACIÓN DE TRANSMISIÓN	82.6	21-ago-17 20:54:00	Se reguls interruptor de foco de cabina por reporte de no apaga luz de cabina	0.3
CAT-12	7.7	2017	18-ago-17 18:16:00	PM5	24.0	19-ago-17 18:18:00	REVISION DE NIVEL DE REFRIGERANTE POR EVENTO RESGISTRADO DE NIVEL BAJO DE REFRIGERANTE	1.2
CAT-14	11.6	2017	19-ago-17 05:52:00	PM 1 (NO CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO)	30.7	20-ago-17 12:34:00	PRUEBA DE VERIFICACION DE COMBUSTIBLE POR ALARMA DE INYECTOR	0.9
CAT-01	11.1	2017	19-ago-17 22:06:00	PM4	30.2	21-ago-17 04:16:00	PRUEBA DE VERIFICACION DE COMBUSTIBLE POR SENSOR DE MOTOR ACTIVO	1.3
CAT-19	9.0	2017	20-ago-17 06:47:00	PM3	1.7	20-ago-17 08:30:00	CAMBIO DE HARNESS DELANTERO DE MOTOR	4.1
CAT-15	6.1	2017	20-ago-17 17:27:00	PM6 (NO CAMBIAR ACEITE DIRECCION & FAN)	37.2	22-ago-17 06:40:00	Evaluacion de sistema de arranque por fuga de aire	0.5
CAT-22	18.2	2017	21-ago-17 14:33:00	PM 1 (NO CAMBIAR ACEITE HYD)	146.7	27-ago-17 17:15:00	RELLENO DE COMBUSTIBLE	0.3
CAT-05	12.4	2017	22-ago-17 02:52:00	PM8	101.0	26-ago-17 07:51:00	ENLLANTE	0.4
CAT-09	10.8	2017	22-ago-17 20:15:00	PM 1	26.8	23-ago-17 23:03:00	correccion de circuito abierto en sensor de filtro de aire #4	0.8
CAT-16	7.8	2017	23-ago-17 04:56:00	PM6 (NO SE CAMBIA ACEITE DE DIRECCION, SE EXTENDERA A 4000 HRS)	96.8	27-ago-17 05:42:00	797F-75_TOQ: INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES DE AGOSTO 2017	0.2
CAT-08	8.9	2017	23-ago-17 15:36:00	PM2	124.8	28-ago-17 20:21:00	CAMBIO DE ACEITE DE TRANSMISION POR CONDICION (PASE DE ACEITE DE MOTOR HACIA EL CONVERTIDOR)	1.7
CAT-06	6.6	2017	24-ago-17 04:47:00	PM4	3.2	24-ago-17 07:58:00	Inspeccion por fuga de aceite nivel #2 por duocone de mando final RH. Se programa cambio mando final RH	0.4
CAT-02	16.4	2017	25-ago-17 03:13:00	PM 1 (NO SE CAMBIA ACEITE HIDRAULICO, SE EXTENDERA A 4000 HRS)	29.1	26-ago-17 08:18:00	CAMBIO DE SELLO DE TAPON DE HOUSING DE FILTRO DE DIFERENCIAL, POR FUGA DE ACEITE	0.6
CAT-21	15.6	2017	25-ago-17 18:30:00	PM2	13.7	26-ago-17 08:12:00	INSPECCION POR FUGA DE ACEITE EN LINEA DE FRENO, SE MONITOREA EQUIPO	0.4
CAT-18	6.9	2017	26-ago-17 17:51:00	PM4	211.7	04-sep-17 13:35:00	EVALUACION DE PRESION ALTA DE FRENOS DE SERVICIO	0.8
CAT-10	6.0	2017	27-ago-17 00:45:00	PM7	2.2	27-ago-17 02:57:00	RECARGA DE AIRE POR MAL ARRANQUE DE OPERADOR	0.3
CAT-13	9.2	2017	27-ago-17 17:58:00	PM3	110.0	01-sep-17 07:57:00	CAMBIO DE BATERIAS POR EQUIPO NO ARRANCA	3.1
CAT-07	5.8	2017	28-ago-17 01:50:00	PM 1 (NO SE CAMBIA ACEITE DE HIDRAULICO, SE EXTENDERA A 4000 HRS)	1.7	28-ago-17 03:30:00	CARGA DE AIRE POR BAJA PRESION DE AIRE	1.5
CAT-17	6.9	2017	28-ago-17 17:00:00	PM4	27.1	29-ago-17 20:08:00	PRUEBA DE VERIFICACION DE COMBUSTIBLE	0.7
CAT-20	12.9	2017	30-ago-17 00:38:00	PM3	95.1	02-sep-17 23:46:00	RELLENO DE COMBUSTIBLE	0.2
CAT-04	15.4	2017	30-ago-17 13:50:00	PM6 (NO CAMBIAR ACEITE DIRECCION) + CAMB. BOMBAS DE FRENO	9.1	30-ago-17 22:55:00	LIMPIEZA DE MODULO DE CONTROL DE TEMPERATURA	0.6
CAT-11	16.1	2017	31-ago-17 06:30:00	PM8	3.8	31-ago-17 10:15:00	REVISION DE PRESIONES POR FALLA DE AUTOLUBRICACION	1.6
CAT-12	13.2	2017	31-ago-17 17:19:00	PM6 (NO CAMBIAR ACEITE DE DIRECCION)	2.4	31-ago-17 19:42:00	LIMPIEZA DE SENSOR DE CONECTOR DE NIVEL DE COMBUSTIBLE POR ALARMA DE MOTOR	0.9

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de agosto 2017.

Tabla 143. Primera Parada Después del PM de setiembre 2017

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-03	12.8	2017	01-sep-17 05:45:00	PM8	5.6	01-sep-17 11:23:00	CALADO Y MONITOREO DE EQUIPO POR REPORTE DE PERDIDA DE FUERZA	2.9
CAT-14	3.6	2017	02-sep-17 00:33:00	PM2	13.1	02-sep-17 13:41:00	LIMPIEZA DE CONECTORES Y REVISION DE PRESION DE BOMBA POR BAJA PRESION DE AUTOLUBRICACION	1.4
CAT-19	10.2	2017	02-sep-17 11:10:00	PM4	-1.3	02-sep-17 09:50:00	AJUSTE DE CONECTOR SUELTO DE HARNES LH DE MOTOR POR REPORTE DE SIN FUERZA	1.6
CAT-15	7.8	2017	02-sep-17 18:31:00	PM7	122.2	07-sep-17 20:45:00	CAMBIO DE FOCO QUEMADO DE CARRETERA SUPERIOR RH	0.8
CAT-01	5.7	2017	03-sep-17 03:19:00	PM5	25.7	04-sep-17 04:59:00	REPARACION DE HARNES DE CHASIS POR LUCES DE FRENO POSTERIORES NO PRENDEN	6.0
CAT-22	8.0	2017	03-sep-17 11:35:00	PM2	221.8	12-sep-17 17:21:00	Arranque de equipo con aire	0.7
CAT-05	4.7	2017	04-sep-17 00:52:00	PM 1 (NO CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO)	10.9	04-sep-17 11:45:00	LIMPIEZA DE CONECTORES DEL ECM DE MOTOR POR ALARMA DE MOTOR	3.5
CAT-16	10.6	2017	04-sep-17 13:38:00	PM7	14.2	05-sep-17 03:47:00	LIMPIEZA DE CONECTOR DE BOMBA DE TRANSFERENCIA POR FALLA DE BOMBA	0.4
CAT-09	11.6	2017	05-sep-17 03:22:00	PM2	40.6	06-sep-17 19:55:00	LIMPIEZA DE HARNES DE SENSOR DE PRESION DE BOMBA Y ACUMULADORES DE FRENO POR FALSO CONTACTO	1.9
CAT-08	8.1	2017	05-sep-17 17:48:00	PM3	94.3	09-sep-17 16:08:00	Relleno de combustible	0.3
CAT-02	8.7	2017	06-sep-17 04:36:00	PM2	171.7	13-sep-17 08:19:00	Evaluación de fuga de aceite por Mando Final LH	0.1
CAT-21	17.7	2017	07-sep-17 17:21:00	PM3	3.5	07-sep-17 20:51:00	CAMBIO DE SENSOR DE SEPARADOR DE AGUA DE FILTRO DE COMBUSTIBLE POR AVERIA INTERNA	0.9
CAT-18	8.0	2017	08-sep-17 22:59:00	PM5	100.1	13-sep-17 03:06:00	Limpieza de sensor de presion de acumulador de frenos de servicio por alarma de frenos	0.6
CAT-06	39.4	2017	09-sep-17 12:21:00	PM5 + CAMBIO DE MANDO FINAL IZQUIERDO Y DIFERENCIAL + CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO (POR CONDICION, ELEVADA VISCOSIDAD)	3.3	09-sep-17 15:41:00	INSPECCION Y MENTOREO DE EQUIPO EN RUTA POR ALARMA DE REFRIGERANTE	1.3
CAT-10	14.8	2017	10-sep-17 05:26:00	PM8	95.5	14-sep-17 04:53:00	Carga de aire al equipo por evento de no arranca	0.4
CAT-13	8.6	2017	10-sep-17 18:14:00	PM4	4.2	10-sep-17 22:23:00	Ajuste de niples de acumuladores de frenos de parqueo por fuga de aceite	3.0
CAT-17	6.3	2017	11-sep-17 02:30:00	PM5	297.2	23-sep-17 11:43:00	PM6 (CAMBIAR ACEITE DE DIRECCION CADA 4000HRS)	8.3
CAT-20	9.2	2017	12-sep-17 19:24:00	PM4	74.1	15-sep-17 21:27:00	Evaluacion de equipo por codigo de inyector activo	1.7
CAT-07	48.2	2017	13-sep-17 03:27:00	PM2 + CAMBIO DE RUEDA DELANTERA RH POR PCR	8.0	13-sep-17 11:28:00	Cambio de gasket de multiple de admision por fuga de aire	2.5
CAT-04	19.2	2017	13-sep-17 16:57:00	PM7	160.2	20-sep-17 09:09:00	Evaluacion y cambio de manguera de aire acondicionado Motor de blow er con circuito abierto. Se programa cambio	10.4
CAT-14	19.1	2017	14-sep-17 16:45:00	PM3+CAMB DE BOMBA DE ALTA	87.3	18-sep-17 08:03:00	Inspeccion de equipo por averia en frenos, sin eventos activos. Se monitorea en ruta	0.8
CAT-12	42.0	2017	15-sep-17 02:46:00	PM7+EV ALUACIÓN DE MOTOR POR PRESENCIA DE PARTICULAS METALICAS	41.1	16-sep-17 19:53:00	Evaluacion de sistema cat data link del modulo vims aplicacion	1.6
CAT-19	10.4	2017	15-sep-17 04:12:00	PM5	31.6	16-sep-17 11:46:00	Ajuste de pernos sueltos de plumillas	0.7
CAT-03	12.7	2017	15-sep-17 23:14:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO POR 4000HRS)+CALIBRACIÓN DE TRANSMISIÓN POR PICOS ELEVADOS	97.3	20-sep-17 00:32:00	Cambio de faro de alta quemado	0.8
CAT-11	12.6	2017	16-sep-17 10:05:00	PM 1+CAMBIO DE BOMBA DE ALTA DE COMBUSTIBLE (CAMB. ACEITE HYD)	1.5	16-sep-17 11:36:00	Inspeccion y evaluacion de equipo en ruta por baja presión de lubricación	2.5
CAT-22	8.1	2017	16-sep-17 18:25:00	PM3 (CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO POR CONDICION)	230.5	26-sep-17 08:52:00	Carga de aire por evento de no arranca	0.2
CAT-15	7.4	2017	17-sep-17 04:11:00	PM8 (CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO)	1.2	17-sep-17 05:25:00	Evaluacion de sistema de lubricacion de diferencial por evento de baja presion	0.3
CAT-01	15.9	2017	18-sep-17 01:43:00	PM6	6.3	18-sep-17 07:59:00	Carga de aire al sistema de arranque, equipo no arrancaba	1.4
CAT-05	7.5	2017	18-sep-17 05:12:00	PM2	1.5	18-sep-17 06:42:00	Limpieza de harnes de sensor de separador de agua por falso contacto	0.3
CAT-16	14.9	2017	18-sep-17 22:33:00	PM8	10.6	19-sep-17 09:06:00	Inspeccion por faro descolgado de carretera rh	1.3
CAT-09	7.4	2017	19-sep-17 05:37:00	PM3+CAMB. COMPRESOR DE A/C	70.3	22-sep-17 03:54:00	Cambio de baterias desgastadas	2.2
CAT-08	13.1	2017	20-sep-17 00:11:00	PM4 + CAMB. SELLO DE RETEN DE CIGUENAL+CALIBRACION DE TX	8.0	20-sep-17 08:11:00	Inspeccion por nivel de aceite de convertidor alto, se monitorea en ruta	0.2
CAT-02	6.1	2017	20-sep-17 04:19:00	PM3	328.4	03-oct-17 20:40:00	PM4+CALIBRACIÓN DE TRANSMISIÓN	9.4
CAT-21	7.8	2017	20-sep-17 18:02:00	PM4+BL	19.8	21-sep-17 13:47:00	Limpieza de sensor de bomba de direccion por alta temperatura	1.0
CAT-06	12.9	2017	21-sep-17 09:32:00	PM6 (CAMBIAR ACEITE DE DIRECCION CADA 4000HRS)	4.3	21-sep-17 13:47:00	Cambio de conector de sensor de nivel de aceite de direccion, por falso contacto	1.3
CAT-18	8.7	2017	21-sep-17 12:48:00	PM6+(CAMBIAR ACEITE DE DIRECCION POR 4000HRS)	99.7	25-sep-17 16:30:00	INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES DE SEPTIEMBRE 2017	0.2
CAT-10	8.3	2017	21-sep-17 23:37:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO CADA 4000HRS)	3.1	22-sep-17 02:41:00	Cambio de harnes de sensor de riel de combustible + baterias por falso contacto	8.6
CAT-13	7.5	2017	23-sep-17 04:49:00	PM5	129.1	28-sep-17 13:55:00	Cambio de sello de manguera de arrancador	1.1
CAT-17	8.3	2017	23-sep-17 20:00:00	PM6 (CAMBIAR ACEITE DE DIRECCION CADA 4000HRS)	11.0	24-sep-17 07:00:00	Revision de sistema electrico por averia electrica	0.7
CAT-20	8.1	2017	25-sep-17 04:31:00	PM5	12.2	25-sep-17 16:43:00	INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES DE SEPTIEMBRE 2017	0.2
CAT-07	30.7	2017	26-sep-17 18:25:00	PM3+cambio de acumuladores de freno, reparacion de culatas	14.7	27-sep-17 09:07:00	Revision de blow er y carga de gas por problemas con aire acondicionado	1.6
CAT-04	16.0	2017	27-sep-17 10:51:00	PM8 (FLUSHING DE SISTEMA ENFRIAMIENTO)	123.1	02-oct-17 13:54:00	Recarga de aire acondicionado	1.1
CAT-19	17.6	2017	28-sep-17 04:29:00	PM6 (CAMBIAR ACEITE DIRECCION CADA 4000HRS)	1.1	28-sep-17 05:35:00	Cambio de faro de retroceso quemado	2.4
CAT-03	10.9	2017	29-sep-17 00:50:00	PM2	187.2	06-oct-17 19:59:00	Limpieza de conectores de bomba de direccion	0.8
CAT-14	17.6	2017	29-sep-17 03:46:00	PM4+PS45593	91.9	02-oct-17 23:41:00	Cambio de circulina quemada e inyector #19 por FMI7	3.1
CAT-12	18.2	2017	29-sep-17 22:08:00	PM8+PS45242+PS45237	62.6	02-oct-17 12:46:00	Recarga de aire por baja presion	1.5
CAT-22	12.7	2017	30-sep-17 05:39:00	PM4+PS45593	66.2	02-oct-17 23:50:00	Cambio de bulbo de faro de carretera RH inferior quemado	0.1

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de setiembre 2017.

Tabla 144. Primera Parada Después del PM de octubre 2017

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-11	20.2	2017	01-oct-17 05:40:00	PM2+PS45593+P32742	13.0	01-oct-17 18:42:00	Cambio de inyector #3 y #17 por FM17 y cambio de sensor de presión de múltiple de admisión por avería interna	17.5
CAT-15	19.5	2017	01-oct-17 11:04:00	PM 1+PS45593 (NO CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO)	8.6	01-oct-17 19:42:00	Inspeccion por nivel de aceite de convertidor alto. Se monitorea equipo	0.9
CAT-05	10.4	2017	01-oct-17 13:28:00	PM3	114.9	06-oct-17 08:20:00	Cambio de manguera de refrigerante con fuga	2.8
CAT-01	10.3	2017	02-oct-17 00:00:00	PM7	115.9	06-oct-17 19:51:00	Evaluacion por equipo no arranca	0.3
CAT-16	20.1	2017	02-oct-17 19:42:00	PM 1 (DIALIZADO DE ACEITE HIDRAULICO POR CONDICION)	98.8	06-oct-17 22:30:00	Limpieza de conector del e-stat	1.6
CAT-08	10.1	2017	03-oct-17 06:18:00	PM5+CALIBRACIÓN DE TRANSMISIÓN	24.7	04-oct-17 06:57:00	Cambio de faro de carretera	0.6
CAT-09	12.4	2017	03-oct-17 19:06:00	PM4	109.7	08-oct-17 08:49:00	Enllante	1.7
CAT-02	9.4	2017	04-oct-17 06:06:00	PM4+CALIBRACIÓN DE TRANSMISIÓN	95.1	08-oct-17 05:12:00	Cambio de sello de manguera de direccion	4.4
CAT-10	10.7	2017	04-oct-17 22:02:00	PM2	24.9	05-oct-17 22:57:00	Cambio de bulbos superiores LH de carretera quemados	0.2
CAT-06	10.2	2017	05-oct-17 19:09:00	PM7	36.8	07-oct-17 07:56:00	Evaluacion de sistema de refrigeracion	0.4
CAT-21	31.3	2017	06-oct-17 05:18:00	PM5+CAMBIO DE TOLVA	39.2	07-oct-17 20:31:00	Nivelacion de aceite por resumen de aceite por tapa de convertidor	0.3
CAT-18	12.3	2017	06-oct-17 22:16:00	PM7+DIALIZADO DE ACEITE HYD	12.9	07-oct-17 11:10:00	Alta Temperatura de combustible	0.6
CAT-13	17.2	2017	07-oct-17 15:27:00	PM6 (CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION CADA 4000 HRS)	74.9	10-oct-17 18:21:00	Regulacion de presion por reporte de comando de freno alto	1.6
CAT-17	9.9	2017	07-oct-17 21:01:00	PM7	1.5	07-oct-17 22:28:00	Cambio de harness de inyector N13	1.2
CAT-20	13.3	2017	08-oct-17 10:40:00	PM6 (CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION CADA 4000 HRS)	122.2	13-oct-17 12:51:00	rellenando combustible	0.7
CAT-04	19.7	2017	09-oct-17 16:37:00	PM 1+CALIBRACIÓN DE TRANSMISIÓN	19.4	10-oct-17 11:58:00	Cambio de fusibles de luces intermitentes	1.8
CAT-19	14.3	2017	11-oct-17 03:59:00	PM7	47.2	13-oct-17 03:11:00	rellenando combustible	0.2
CAT-07	55.0	2017	11-oct-17 23:04:00	PM4+Cambio de transmisión y convertidor por pcr	28.3	13-oct-17 03:22:00	rellenando combustible	0.2
CAT-14	12.2	2017	12-oct-17 00:10:00	PM5	28.1	13-oct-17 04:17:00	rellenando combustible	0.3
CAT-22	21.4	2017	13-oct-17 10:57:00	PM5	9.9	13-oct-17 20:48:00	Cambio de bulbo de carretera quemado	0.7
CAT-03	48.8	2017	14-oct-17 00:06:00	PM3+Inspección de Screen de Convertidor	41.1	15-oct-17 17:13:00	Inspeccion por alta temperatura de motor, sin evento ni codigo activo. Se monitorea equipo	1.3
CAT-12	13.3	2017	14-oct-17 00:14:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO CADA 4000HRS)	98.6	18-oct-17 02:47:00	recarga de aire por baja presion	1.7
CAT-15	8.2	2017	14-oct-17 08:25:00	PM2+FIN DE GARANTÍA	20.7	15-oct-17 05:09:00	Ajuste de luz de numero de tolva posterior	0.5
CAT-05	12.5	2017	15-oct-17 12:42:00	PM4+DIALIZADO DE ACEITE HYD	222.1	24-oct-17 18:47:00	Evaluacion por fuga de refrigerante nivel 1	1.2
CAT-11	32.8	2017	15-oct-17 18:11:00	PM3+CALIBRACION DE VÁLVULAS DE MOTOR+CAMBIO DE VENTILADOR	72.3	18-oct-17 18:28:00	limpieza de harnes de inyector por falso contacto	3.1
CAT-16	10.4	2017	16-oct-17 00:29:00	PM2+FIN DE GARANTIA	10.2	16-oct-17 10:41:00	Calibracion de balanza de Tolva	0.5
CAT-08	6.7	2017	16-oct-17 06:06:00	PM6 (CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION CADA 4000HRS)	67.0	19-oct-17 01:05:00	limpieza de solenoides de levante y medicion de presiones de levante de tolva	2.8
CAT-02	7.2	2017	16-oct-17 22:00:00	PM5	19.0	17-oct-17 17:00:00	Limpieza de conector de sensor de presión de bomba de freno por falso contacto	1.6
CAT-01	7.8	2017	17-oct-17 04:45:00	PM8	6.2	17-oct-17 10:57:00	Carga de aire y reparacion de manguera de claxon por fuga. Se programa cambio	0.5
CAT-21	7.5	2017	17-oct-17 21:15:00	PM6+Cambio de bomba de agua	24.4	18-oct-17 21:41:00	cambio de foco de carretera superior lh e inferior rh	1.4
CAT-06	21.7	2017	18-oct-17 20:28:00	PM8	32.1	20-oct-17 04:36:00	Inspeccion de luces de camara posteriores no prenden	8.5
CAT-10	11.1	2017	19-oct-17 08:24:00	PM3	60.4	21-oct-17 20:48:00	Cambio de sellos por fuga de combustible por quill tube de culata 20	3.6
CAT-18	11.3	2017	21-oct-17 00:56:00	PM8	24.8	22-oct-17 01:42:00	Regulacion de valvula de paso de sistema de refrigeracion	1.1
CAT-09	113.1	2017	21-oct-17 17:34:00	Cambio de Motor por falla + PM5 +	50.5	23-oct-17 20:03:00	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM 50 HRAS	17.4
CAT-17	16.5	2017	22-oct-17 04:18:00	PM8	154.5	28-oct-17 14:50:00	Ajuste de borne suelto de alternador y limpieza de borne sulfatado de bateria	1.4
CAT-13	12.5	2017	22-oct-17 16:07:00	PM7	27.7	23-oct-17 19:49:00	Evaluacion de sensores de acumuladores de freno de servicio y parqueo	8.3
CAT-20	12.5	2017	23-oct-17 03:00:00	PM7	2.4	23-oct-17 05:26:00	Prueba de verificacion de combustible	0.7
CAT-04	14.1	2017	23-oct-17 17:33:00	PM2	3.7	23-oct-17 21:17:00	Evaluacion de equipo por alarma de motor	1.7
CAT-14	13.0	2017	23-oct-17 23:56:00	PM6 + CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION POR CUMPLIR 4000 HRS	117.5	28-oct-17 21:28:00	Reparacion de cinturon de seguridad trabado	0.3
CAT-09	17.4	2017	24-oct-17 13:26:00	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM 50 HRAS	6.5	24-oct-17 19:55:00	Cambio de perno de base de espejo	3.4
CAT-07	15.9	2017	25-oct-17 03:53:00	PM5	246.6	04-nov-17 10:30:00	Evaluacion y ajuste de coneccion de camara de cabina	1.5
CAT-22	10.0	2017	25-oct-17 09:44:00	PM6	0.7	25-oct-17 10:28:00	Limpieza de cabina	0.3
CAT-19	15.3	2017	26-oct-17 01:05:00	PM8	137.9	31-oct-17 18:58:00	797F-78_TOQ: INSPECCION, MONITOREO Y MANTENIMIENTO MES DE SEPTIEMBRE 2017	0.0
CAT-12	13.5	2017	26-oct-17 13:35:00	PM2	1.5	26-oct-17 15:04:00	Prueba de autolubricacion por baja presion de autolubricacion	0.8
CAT-15	14.8	2017	27-oct-17 03:19:00	PM3	85.7	30-oct-17 16:59:00	797F-74_TOQ: Cambio de grommet de manguera de bomba de direccion hacia valvula alivio (repuestos extraviados)	2.0
CAT-03	25.3	2017	28-oct-17 04:37:00	PM4+CAMBIO DE MANDO DE BOMBAS+Camb. aceite de TX	12.9	28-oct-17 17:28:00	Instalacion de tapa de aceite de motor	1.0
CAT-05	18.5	2017	28-oct-17 22:31:00	PM5 + Reparación de camisa deculata #11	86.1	01-nov-17 12:38:00	anulacion de valvula de servicio rapido y nivelacion de aceite	3.8
CAT-08	17.0	2017	29-oct-17 13:58:00	PM7+BL	213.1	07-nov-17 11:02:00	evaluacion de fuga de aceite	0.3
CAT-11	10.7	2017	29-oct-17 20:29:00	PM4	25.3	30-oct-17 21:45:00	Limpieza sensor de temperatura de multiple de admisión RH por falso contacto	1.4
CAT-01	8.5	2017	30-oct-17 05:27:00	PM 1 + CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO POR CUMPLIR 4000 HRS	3.6	30-oct-17 09:01:00	Limpieza de conector de RAC	0.8
CAT-02	12.0	2017	31-oct-17 03:28:00	PM6 + CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION POR CUMPLIR 4000 HRS	13.1	31-oct-17 16:33:00	Cambio de baterias por condicion	3.8
CAT-16	7.7	2017	31-oct-17 19:34:00	PM3	12.2	01-nov-17 07:43:00	inspeccion de nivel de aceite de convertidor y pernos de tubo de llenado	3.6

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de octubre 2017.

Tabla 145. Primera Parada Después del PM de noviembre 2017.

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-21	7.8	2017	01-nov-17 04:04:00	PM7	13.4	01-nov-17 17:29:00	Cambio de sello de manguera de make up por fuga de aceite	1.1
CAT-06	7.2	2017	01-nov-17 11:24:00	PM 1 (NO CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO)	117.8	06-nov-17 09:10:00	carga de gas de aire acondicionado	0.9
CAT-10	3.5	2017	01-nov-17 18:32:00	PM4	49.2	03-nov-17 19:43:00	Evaluacion por evento de equipo no arranca	8.4
CAT-18	14.0	2017	02-nov-17 17:23:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HYD CADA 4000HRS)	15.0	03-nov-17 08:20:00	Se corrio prueba de auto lubricacion	1.1
CAT-14	11.5	2017	04-nov-17 14:52:00	PM7	159.6	11-nov-17 06:27:00	Evaluacion de equipo por evento (no levanta tolva)	1.7
CAT-09	29.7	2017	05-nov-17 20:38:00	PM6 (CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION CADA 4000HRS)	46.0	07-nov-17 18:35:00	Cambio de conector de sensor de presion de frenos por advertencia de motor	0.7
CAT-17	6.4	2017	06-nov-17 03:00:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HYD CADA 4000HRS)	7.9	06-nov-17 10:51:00	Cambio de harness de inyector N10	2.6
CAT-20	12.4	2017	06-nov-17 14:57:00	PM8	17.0	07-nov-17 07:57:00	evaluacion de valvula de alivio de la suspencion por fuga de aceite	0.5
CAT-22	21.6	2017	07-nov-17 12:35:00	PM7 (DIALIZADO DE ACEITE HIDRAULICO POR CONDICION)	23.7	08-nov-17 12:14:00	evaluacion por alarma de motor	1.3
CAT-13	11.1	2017	08-nov-17 00:57:00	PM8	32.8	09-nov-17 09:44:00	CAMBIO DE INYECTOR 19	3.9
CAT-07	23.8	2017	08-nov-17 03:17:00	PM6 (CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION CADA 4000HRS)	31.5	09-nov-17 10:49:00	carga de aire acondicionado por falla	2.7
CAT-04	20.2	2017	08-nov-17 21:28:00	PM3	9.0	09-nov-17 06:27:00	evaluacion de palanca de retardador automatico	0.5
CAT-12	19.2	2017	09-nov-17 16:50:00	PM3	162.2	16-nov-17 11:01:00	cambio de faja rota de aire acondicionado	2.8
CAT-19	8.4	2017	10-nov-17 02:32:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO CADA 4000HRS)	6.5	10-nov-17 09:02:00	correccion de palanca de cambios	1.6
CAT-15	10.7	2017	10-nov-17 08:41:00	PM4	183.2	17-nov-17 23:54:00	Relleno de combustible	0.3
CAT-03	6.6	2017	10-nov-17 17:35:00	PM5	14.2	11-nov-17 07:45:00	Ajuste de tuerca de respiradero de motor por fuga de gases	0.6
CAT-05	8.0	2017	11-nov-17 04:13:00	PM6 (CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION CADA 4000HRS)	6.9	11-nov-17 11:05:00	Evaluacion y limpieza de conector de filtro # 4	1.5
CAT-11	11.5	2017	12-nov-17 14:21:00	PM5	36.5	14-nov-17 02:49:00	Nivelado de aceite de rueda RH por bajo nivel	1.0
CAT-08	8.0	2017	12-nov-17 19:42:00	PM8	42.2	14-nov-17 13:56:00	evaluacion por bajo nivel de aceite de transmision	0.5
CAT-01	7.6	2017	13-nov-17 04:23:00	PM2+Calibración de válvulas de motor	4.0	13-nov-17 08:25:00	Limpieza de conector de cilindro 20 por contaminacion de aceite	1.1
CAT-16	11.2	2017	13-nov-17 15:23:00	PM4	41.6	15-nov-17 08:57:00	Cambio de inyector # 11	3.5
CAT-21	13.5	2017	14-nov-17 11:21:00	PM8	72.5	17-nov-17 11:51:00	Evaluacion por baja presion de autolubricacion	3.8
CAT-06	11.1	2017	14-nov-17 20:46:00	PM2+calibración de válvulas	15.6	15-nov-17 12:22:00	evaluacion por alto voltaje	3.3
CAT-02	10.1	2017	15-nov-17 06:54:00	PM7	9.4	15-nov-17 16:20:00	evaluacion y ajuste por alta temperatura de diferencial, fuga por turbo #1 y #2	0.7
CAT-10	8.5	2017	15-nov-17 17:02:00	PM5	237.6	25-nov-17 14:38:00	evaluacion por baja presion de la bomba de combustible	1.7
CAT-18	4.6	2017	16-nov-17 04:39:00	PM2	95.5	20-nov-17 04:11:00	Ajuste de base de cinturón de operador	0.5
CAT-14	11.7	2017	18-nov-17 22:26:00	PM8	154.1	25-nov-17 08:31:00	evaluacion por fuga de aceite hidraulico	1.9
CAT-17	16.6	2017	19-nov-17 05:12:00	PM2	4.0	19-nov-17 09:12:00	Limpieza de conectores del auto lubricacion	1.0
CAT-20	10.8	2017	19-nov-17 09:59:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO CADA 4000HRS)	2.0	19-nov-17 11:58:00	Cambio de sellos de bomba de lubricacion de eje posterior	4.4
CAT-09	10.0	2017	19-nov-17 20:00:00	PM7	4.5	20-nov-17 00:30:00	Enlante:CAMBIO DE POS. 6 POR SEPARACION	0.6
CAT-22	13.6	2017	20-nov-17 13:35:00	PM8	58.0	22-nov-17 23:33:00	Prueba de verificacion de combustible por alarma de inyector 10	0.9
CAT-13	12.4	2017	21-nov-17 11:03:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO CADA 4000HRS)	75.1	24-nov-17 14:09:00	evaluacion y cambio de sensor de combustible por alarma de filtro taponeado_O:1000429691_R:2682316	3.8
CAT-15	9.9	2017	21-nov-17 21:03:00	PM5	105.9	26-nov-17 06:56:00	evaluacion de inyector #4 por evento en sensor de motor	1.6
CAT-19	9.3	2017	24-nov-17 06:16:00	PM2	244.9	04-dic-17 11:08:00	Evaluacion por interruptor llave de contacto incorrecto	0.8
CAT-12	6.2	2017	24-nov-17 16:09:00	PM4	30.4	25-nov-17 22:35:00	Recarga de aire al sistema de arranque, equipo no arrancaba	0.8
CAT-04	8.7	2017	28-nov-17 05:05:00	PM4	99.2	02-dic-17 08:14:00	Fusible de pre-lube con circuito abierto	0.3
CAT-03	7.5	2017	28-nov-17 17:36:00	PM6	89.8	02-dic-17 11:24:00	Cambio de sello por fuga del tapon filtro aceite de motor	4.6
CAT-05	9.0	2017	29-nov-17 05:13:00	PM7	78.0	02-dic-17 11:14:00	Cambio de bateria por voltaje bajo en el sistema	4.7
CAT-11	5.1	2017	29-nov-17 15:40:00	PM6 (CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION CADA 4000 HORAS))	97.2	03-dic-17 16:49:00	Cambio de harnes de inyector # 13 O:1000433043 R:2704623	5.4

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de noviembre 2017.

Tabla 146. Primera Parada Después del PM de diciembre 2017.

Equipo.	Duración PM (Hrs)	AÑO	Salida de PM	Descripción del PM	Duración hasta la próxima parada (Hrs)	Fecha de Parada	Reporte de Falla	Duración (Hrs)
CAT-16	7.6	2017	01-dic-17 17:54:00	PM5	4.8	01-dic-17 22:44:00	Reseteo de equipo por evento de equipo sin fuerza	1.7
CAT-21	13.7	2017	02-dic-17 10:26:00	PM 1	24.4	03-dic-17 10:52:00	Evaluacion por temperatura alta de escape	0.8
CAT-08	43.7	2017	04-dic-17 06:17:00	PM 1	2.9	04-dic-17 09:13:00	Drenaje de refrigerante por exeso	4.1
CAT-10	15.8	2017	04-dic-17 16:47:00	PM6 (CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION CADA 4000HRS)	243.4	14-dic-17 20:13:00	Cambio de foco de carretera quemado	0.6
CAT-18	9.7	2017	04-dic-17 23:54:00	PM3	37.8	06-dic-17 13:40:00	Enllante	4.0
CAT-02	37.1	2017	06-dic-17 10:37:00	PM8+CAMBIO DE MOTOR POR PCR	21.5	07-dic-17 08:08:00	Evaluacion por fuga de aceite hidraulico	3.7
CAT-23	12.9	2017	06-dic-17 16:14:00	PM 1	62.1	09-dic-17 06:21:00	Inspeccion y ajuste de niple de manguera de monoblock de bomba alta por fuga de combustible	1.3
CAT-17	7.7	2017	07-dic-17 00:36:00	PM3	245.4	17-dic-17 06:01:00	Instalacion de seguro de cable tolva	0.2
CAT-07	15.3	2017	07-dic-17 18:29:00	PM7	37.0	09-dic-17 07:31:00	Inspeccion por fuga nivel #1 por manguera de bomba HMU	0.4
CAT-01	10.7	2017	08-dic-17 11:21:00	PM3	25.5	09-dic-17 12:53:00	Inspeccion por bajo voltaje, sin eventos ni codigos activos. Se monitorea equipo	1.5
CAT-22	9.8	2017	08-dic-17 21:20:00	PM 1	1.9	08-dic-17 23:11:00	Evaluacion por baja presion de autolubricacion	1.7
CAT-20	5.0	2017	09-dic-17 02:45:00	PM2	269.2	20-dic-17 07:58:00	Enllante: Corte nuevos en llanta 5	0.5
CAT-06	14.8	2017	09-dic-17 17:35:00	PM3	17.3	10-dic-17 10:55:00	Reparacion de llave de drenaje de tanque de aceite Hidraulico por fuga + recarga de aceite HYD	3.4
CAT-14	7.4	2017	10-dic-17 04:03:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO CADA 4000HRS)	159.9	16-dic-17 19:56:00	Evaluacion por temperatura de combustible	0.9
CAT-15	8.2	2017	10-dic-17 17:34:00	PM6 (CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION CADA 4000HRS)	143.6	16-dic-17 17:12:00	Cambio de inyector N 04 (st21319)	5.7
CAT-19	5.2	2017	11-dic-17 02:00:00	PM3	125.6	16-dic-17 07:35:00	Co_ cambio de manguera enfriamiento de freno O:1000438825 R:2741115	6.6
CAT-12	14.0	2017	12-dic-17 16:57:00	PM5	4.1	12-dic-17 21:04:00	inspeccion de equipo por fuga residual	0.5
CAT-13	22.3	2017	13-dic-17 12:27:00	PM2	112.2	18-dic-17 04:36:00	Evaluacion de valvula FCV	1.2
CAT-24	15.1	2017	13-dic-17 16:06:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HYD Y FUNDA POSTERIOR POR ASSENTAMIENTO)	23.2	14-dic-17 15:19:00	evaluacion de transmision por suciedad en filtro de aceite	5.6
CAT-09	33.8	2017	15-dic-17 06:00:00	PM8+Camb. MFI por PCR+PS44662	14.6	15-dic-17 20:37:00	Fuga de aceite hidraulico por tap linea enfriamiento de frenos LH	3.9
CAT-11	12.2	2017	15-dic-17 22:33:00	PM7 O:2001282067 R:2688288	15.0	16-dic-17 13:32:00	Monitoreo por fuga de aceite por mando final LH	0.8
CAT-16	12.0	2017	16-dic-17 10:55:00	PM6 (CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION CADA 4000HRS)	8.1	16-dic-17 18:59:00	Evaluacion por baja presion de autolubricacion	5.6
CAT-21	10.8	2017	17-dic-17 14:53:00	PM2	17.9	18-dic-17 08:46:00	Recarga de gas de aire acondicionado	2.6
CAT-03	13.5	2017	18-dic-17 05:10:00	PM7	4.0	18-dic-17 09:09:00	Recarga de gas de aire acondicionado	2.5
CAT-18	9.6	2017	18-dic-17 14:22:00	PM4	4.2	18-dic-17 18:34:00	797F-77_TOQ: BPM_Cambiar valvula de llenado de aire_JMeza_PM5_WA (instalar al 62)	3.0
CAT-10	9.6	2017	19-dic-17 01:43:00	PM7	1.5	19-dic-17 03:14:00	Reparacion de harnes motor izquierdo	3.6
CAT-04	17.6	2017	19-dic-17 19:35:00	PM5	60.3	22-dic-17 07:53:00	cambio de plate de bomba de agua auxiliar	1.3
CAT-05	19.9	2017	20-dic-17 12:31:00	PM8+Diferencial	9.0	20-dic-17 21:33:00	Limpieza de conector por alarma de filtro motor obtruido	0.4
CAT-23	9.9	2017	20-dic-17 13:52:00	PM2	6.1	20-dic-17 19:59:00	Inspeccion por fuga de aceite hidraulico	0.4
CAT-17	13.0	2017	21-dic-17 04:16:00	PM4	102.7	25-dic-17 11:00:00	Correccion de falso contacto de inyector #11	1.1
CAT-25	16.1	2017	22-dic-17 04:16:00	PM 1+Calibración de válvulas de motor	118.9	27-dic-17 03:09:00	Regulacion de llave de calefaccion por alarma de aire acondicionado + Cambio de sello de tapa de balancines de culata #1 por fuga de aceite	0.4
CAT-20	15.8	2017	22-dic-17 14:30:00	PM3+ FIN DE GARANTÍA	93.6	26-dic-17 12:07:00	Cambio de inyector #15	3.5
CAT-22	10.9	2017	23-dic-17 01:38:00	PM2	333.6	05-ene-18 23:11:00	797F-101_TOQ: PM3	6.9
CAT-02	16.9	2017	23-dic-17 19:34:00	PM 1 (CAMBIO DE ACEITE HIDRAULICO CADA 4000 HRS)	123.4	28-dic-17 22:58:00	Cambio de linea de enfriamiento de frenos por fuga O_1000443397 R_2773550	5.3
CAT-01	34.2	2017	25-dic-17 06:20:00	PM4+PS44662+ Calibración de válvulas de motor	12.4	25-dic-17 18:43:00	Limpieza de ECM de chasis	1.5
CAT-07	14.8	2017	25-dic-17 11:31:00	PM8	285.9	06-ene-18 09:22:00	Anulacion de linea de llenado rapido de aceite de direccion y nivelacion de aciete	1.6
CAT-19	5.0	2017	25-dic-17 13:43:00	PM4	114.1	30-dic-17 07:49:00	Enllante:Chequeo llanta 6	0.5
CAT-15	6.9	2017	26-dic-17 00:54:00	PM7	38.8	27-dic-17 15:39:00	limpieza de conector de sensor de nivel de refrigerante	1.0
CAT-06	7.2	2017	26-dic-17 03:53:00	PM4	97.0	30-dic-17 04:55:00	Nivelacion de aceite por fuga de aceite	1.7
CAT-12	8.1	2017	26-dic-17 16:29:00	PM6	15.2	27-dic-17 07:40:00	Inspeccion por fuga de aceite por mando final lh	0.3
CAT-13	6.3	2017	27-dic-17 02:43:00	PM3	7.8	27-dic-17 10:31:00	Ajuste de tapa de llenado de aceite de convertidor	0.5
CAT-08	11.1	2017	27-dic-17 02:56:00	PM2+PS44809	17.1	27-dic-17 20:04:00	Cambio de juego de tuberias de combustible por daño y contaminacion O_1000442858 R_2768977	3.0
CAT-14	5.0	2017	27-dic-17 13:13:00	PM2	117.1	01-ene-18 10:20:00	Limpieza de lente de camara izquierda	0.1
CAT-24	3.7	2017	27-dic-17 17:08:00	PM2	203.3	05-ene-18 04:25:00	Limpieza de conector de switch de filtro de convertidor	0.9
CAT-09	5.1	2017	27-dic-17 23:20:00	PM 1 (CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO POR HORAS)	43.4	29-dic-17 18:41:00	Limpieza de conector de harnes de ECM vims	1.3
CAT-16	4.9	2017	28-dic-17 14:04:00	PM7	1.1	28-dic-17 15:09:00	Cambio de inyectores #03 y #18	3.6
CAT-21	7.6	2017	30-dic-17 05:44:00	PM3	75.2	02-ene-18 08:57:00	Se limita velocidad a quinta y colocar clave advisor	0.7
CAT-18	12.5	2017	31-dic-17 22:30:00	PM5	41.6	02-ene-18 16:08:00	Prueba de autolubricacion por baja presion de sistema grasa	0.2

Fuente: Empresa contratista

Comentario: La tabla detalla las primeras fallas que se generaron en la flota después de un PM en el mes de diciembre 2017

