



**TESIS:**

**EFEECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO EN LA DISMINUCIÓN DE PARADAS NO  
PROGRAMADAS DE LOS EQUIPOS TRACTOR ORUGA  
CATERPILLAR D6T Y D8T EN LA UNIDAD MINERA  
COIMOLACHE S. A - CAJAMARCA, 2017**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. TAPIA CABRERA, DELMER**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Inocencia y Benito por su apoyo incondicional, por su amor infinito, por su comprensión, sus consejos los cuales les pondré siempre en práctica, no los defraudaré.

A mis hermanos Dónel, Seleni, Luzvinda, Édelis, y Eledina a mi hijo Yeiderth y en forma especial a mi hermano Celis, que siempre me ayudó cuando lo necesité y estaba pequeño.

Delmer Tapia

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por bendecir mi camino, cuidarme y guiarme para cumplir mis metas.

A la Universidad Alas Peruanas Filial Cajamarca, por encaminarme a iniciar en mi vida académica.

A la plana docente de la Facultad de la Escuela de Ingeniería de Minas, que me enseñaron a valorar mi carrera y poner en práctica los conocimientos impartidos.

Al personal administrativo y a todas las personas que me apoyaron para terminar la presente tesis profesional.

Delmer

## RESUMEN

El buen trabajo de los equipos es un factor decisivo en la competitividad de una empresa. El objetivo de la presente tesis profesional fue determinar el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017. Desarrollada desde el 05 junio a 05 de octubre de 2017. Logrando los siguientes resultados que la implementación del mantenimiento preventivo, Influyó notablemente en el mejoramiento del área de descarga de mineral del pad de la Unidad de Producción (U.P) Tantahuatay Cia Minera Coimolache e incrementó la disponibilidad de los equipos tractor oruga - Caterpillar D6T y D8T, en 11.17% disminuyendo el número de paradas no los programadas de equipos de 104 eventos correctivos en 727.91 horas de parada a 67 eventos correctivos en 393.45 horas de parada. Los costos de mantenimiento de los equipos desde junio a octubre de 2017 son de \$ 23921.76. Los indicadores de medición de antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo es la disponibilidad mecánica (*Antes*) fue de 79.83% disponibilidad mecánica (*Después*) fue de 89.29%, el Tiempo Medio entre Paradas (MTBS) *Antes* fue de 27.85 horas y el Tiempo Medio entre Paradas (MTBS) *Después* fue de 48.93 horas y la ganancia económica que genera la disminución de horas de paradas no programadas de los equipo *Después* de la implementación del mantenimiento preventivo logró reducir a 67 eventos correctivos en 393.45 horas de parada por equipo, que obtuvo un total de \$23 921.76, con una diferencia de \$ 20 335.2.

**Palabras claves:** Mantenimiento preventivo, horas de parada, disponibilidad, modo de fallas.

## ABSTRAC

The good work of the teams is a decisive factor in the competitiveness of a company. The objective of this professional thesis was to determine the effect of the implementation of preventive maintenance on the decrease of unscheduled stops of Caterpillar D6T and D8T crawler tractors at the Coimolache Mining Unit, Cajamarca, 2017. Developed from 05 June to 05 October 2017. Achieving the following results that the implementation of preventive maintenance, greatly influenced the improvement of the ore discharge area of the pad of the Production Unit (UP) Tantahuatay Cia Minera Coimolache and increased the availability of caterpillar tractor equipment - Caterpillar D6T and D8T, in 11.17% decreasing the number of unscheduled stops of the teams of 104 corrective events in 727.91 hours of stop to 67 corrective events in 393.45 stop hours. The maintenance costs of the equipment from June to October 2017 are \$ 23,921.76. The measurement indicators before and after the implementation of preventive maintenance of the equipment is the mechanical availability (Before) was 79.83% mechanical availability (After) was 89.29%, the Mean Time Between Stops (MTBS) Before was 27.85 hours and the Mean Time between Stops (MTBS) After was 48.93 hours and the economic gain generated by the decrease in hours of unscheduled stops of the equipment. After the implementation of preventive maintenance managed to reduce to 67 corrective events in 393.45 stop hours per team, which obtained a total of \$ 23 921.76, with a difference of \$ 20 335.2.

**Keywords:** Preventive maintenance, stop times, availability, failure mode.

## INTRODUCCIÓN

En los talleres del área de descarga de mineral del pad de la Unidad de Producción (U.P) Tantauatay Cia Minera Coimolache, se analizó el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga - Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache.

El presente trabajo consta de cuatro capítulos, como se detalla líneas abajo, así como también presenta como objetivo general: Determinar el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017, para determinar el número de fallos en los equipos y bajo rendimiento debido a la baja disponibilidad.

Así mismo presenta el siguiente problema principal ¿Cuál es el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017?

El presente trabajo de investigación se justifica porque las empresas que brindan multiservicios a empresas mineras, para aumentar la vida útil de sus equipos se basan en la confiabilidad y disponibilidad de su maquinaria y utilizan estrategias de mantenimiento preventivo, por lo que el presente trabajo de investigación determinó el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de la Unidad Minera Coimolache para incrementar la disponibilidad y reducción de paradas innecesarias de tal manera que permitirá alertar con semanas y meses de anticipación las fallas de los equipo en estudio. Para la mejora del proceso se trabajó con el Diagrama de Ishikawa como guía de inicio para realizar actividades de mantenimiento preventivo e incrementó la disponibilidad y reducción de paradas innecesarias de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T durante el periodo de investigación.

El presente trabajo consta de tres capítulos: *Primer Capítulo*; contiene descripción de la realidad problemática, delimitación de la investigación, delimitación especial, delimitación social, delimitación temporal, delimitación conceptual, problema principal, problemas secundarios, objetivo general, objetivos específicos, hipótesis, variables, metodología de la investigación, población, muestra, justificación, importancia, limitaciones. *Segundo Capítulo*; incluye antecedentes del problema, bases teóricas, definición de términos básicos. *Tercer Capítulo*; Resultados del trabajo de investigación, Análisis estadístico y Análisis e interpretación de resultados. Conclusiones. Recomendaciones. Referencias bibliográficas, Matriz de consistencia y Anexos.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	Pág. I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN	VI

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática	01
1.2. Delimitación de la investigación	02
1.2.1. Delimitación espacial	03
1.2.2. Delimitación social	03
1.2.3. Delimitación temporal	03
1.2.4. Delimitación conceptual	03
1.3. Problemas de investigación	03
1.3.1. Problema principal	03
1.3.2. Problemas secundarios	04
1.4. Objetivos de la investigación	04
1.4.1. Objetivo general	04
1.4.2. Objetivos específicos	04
1.5. Hipótesis y variables de la investigación	05
1.5.1. Hipótesis general	05
1.5.2. Hipótesis secundarias	05
1.5.3. Variables de la Investigación	05
1.6. Metodología de la investigación	06
1.6.1. Tipo y nivel de investigación	06
a) Tipo de investigación	06
b) Nivel de investigación	06
1.6.2. Método y diseño de la investigación	07
a) Método de investigación	07
b) Diseño de investigación	07
1.6.3. Población y muestra de la investigación	07
a) Población	07
b) Muestra	07
1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	07
a) Técnicas	08
b) Instrumentos	08
1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación	
a) Justificación	08
b) Importancia	09
c) Limitaciones	10



## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la investigación	11
2.2. Bases teóricas	17
2.3. Definición de términos básicos	52

## **CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

3.1. Resultados del trabajo de investigación	57
3.2. Diagnóstico de la situación actual de la empresa	58

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

a) Conclusiones	99
b) Recomendaciones	101
c) Referencias	102
Anexos	106

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de las variables de investigación	06
Tabla 2. Muestra de estudio	09
Tabla 3. Datos básicos Empresa Conamultiservis S.R.L	19
Tabla 4. Etapas de Gestión de Mantenimiento Preventivo	34
Tabla 5. Sistemas de Mantenimiento correctivo	35
Tabla 6. Inconvenientes del Mantenimiento preventivo	36
Tabla 7. Monitorización de Mantenimiento predictivo	38
Tabla 8. Ventajas de Mantenimiento productivo (TPM)	39
Tabla 9. Mecanismos de Mantenimiento preventivo	41
Tabla 10. Descripción de la muestra de estudio	55
Tabla 11. Insumos por mes al Área de Mantenimiento	56
Tabla 12. Trabajos no programados de enero a mayo de 2017	58
Tabla 13. Disponibilidad ANTES de enero a mayo, 2017.	60
Tabla 14. Determinación de Fallas Funcionales y Técnicas	62
Tabla 15. Tareas de Mantenimiento Preventivo por Equipos	65
Tabla 16. Número de Fallas significativas	66
Tabla 17. Selección de fallas significativas	67
Tabla 18. Estadísticas de Modos de Falla ANTES PM	68
Tabla 19. Modos de Falla en Motor	69
Tabla 20. Modos de Falla Sistema eléctrico.	70
Tabla 21. Modos de Falla aire acondicionado	71
Tabla 22. Tareas de Mantenimiento Preventivo por Equipos	72
Tabla 23. Análisis de Modos y efectos de Fallas (FMEA) del Motor	75
Tabla 24. Análisis de Modos y efectos de Fallas (FMEA) Sistema Eléctrico	76
Tabla 25. Análisis de Modos y efectos de Fallas (FMEA) Sistema Hidráulico	77
Tabla 26. Implementación de las mejoras	80

	Pág.
Tabla 27. Jerarquización Total Subsistema y Matriz Criticidad-H-01	82
Tabla 28. Jerarquización Total Subsistema y Matriz Criticidad-H-02	83
Tabla 29. Jerarquización Total Subsistema y Matriz Criticidad-H-03	84
Tabla 30. Trabajos no programados Después de PM	86
Tabla 31. Disponibilidad DESPUÉS de PM de junio a octubre	89
Tabla 32. Estadísticas de Modos de Falla DESPUÉS PM	91
Tabla 33. Costo por hora de los equipos ANTES del PM	92
Tabla 34. Costo por hora de los equipos DESPUÉS del PM	92
Tabla 35. Matriz de Consistencia	105
Tabla 36. Insumos TO-C1019/ MODELO: D6T / SERIE: SMC01544	109
Tabla 37. Insumo TO-C1027/ MODELO: D6T2017	110
Tabla 38. Insumo TO-C1029/ MODELO: D6T 2017	111
Tabla 39. Insumo TO-C1030/ MODELO: D8T 201	112
Tabla 40. Insumo TO-80061/ MODELO: D8T 2017	113
Tabla 41. Tabla de criterios para jerarquización de sistemas	114
Tabla 42. Shift Downtime Summary- June 2017	115
Tabla 43. Shift Downtime Summary- July 2017	116
Tabla 44. Shift Downtime Summary- August 2017	117
Tabla 45. Shift Downtime Summary- September 2017	118

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.Plano de ubicación. Unidad Minera Coimolache S.A.	18
Figura 2. Motor del TO - CAT D8T	22
Figura 3. Sistema de enfriamiento TO - CAT D8T	23
Figura 4. Sistema eléctrico del TO - CAT D8T	24
Figura 5. Sistema de Monitoreo del TO - CAT D8T	25
Figura 6. Tablero del sistema de monitoreo TO - CAT D8T	25
Figura 7. Sistema de combustible de TO - CAT D8T	26
Figura 8. Rendimiento de Tractor TO - CAT D8T	27
Figura 9. Equipo TO - CAT D8T	27
Figura 10. Tren de Potencia	28
Figura 11. Bastidor del TO - CAT D6T Serie III	29
Figura 12. Motor del TO - CAT D6T	30
Figura 13. Equipo TO - CAT D8T	33
Figura 14. Índice de Fiabilidad del equipo	43
Figura 15. Agrupación de causas en el diagrama de Ishikawa	49
Figura 16. Total de insumos de equipos TO – D6T y D8T	56
Figura 17. Paradas y horas no programadas -2017	58
Figura 18. Disponibilidad TO D8T y D8T, Antes. 2017	60
Figura 19. Diagrama de Ishikawa Antes de PM	63
Figura 20. Total de Modo de Fallas TO CAT- D6T y D8T	68
Figura 21. Modo de Fallas en Motor de TO CAT- D6T y D8T	70
Figura 22. Modo de Fallas en sistema eléctrico. TO CAT- D6T y D8T	71
Figura 23. Modo de Fallas - aire acondicionado. TO CAT- D6T y D8T.	72
Figura 24. Modo de Fallas – sistema hidráulico. TO CAT- D6T y D8T	73
Figura 25. Diagrama de Ishikawa Después de PM	81

	Pág.
Figura 26. Paradas y horas no programadas Después PM. 2017.	87
Figura 27. Equipos con mayor número de correctivos	88
Figura 28. Número de correctivos TO D8T y D8T, Antes y Después PM	88
Figura 29. Disponibilidad TO D8T y D8T, Después PM	89
Figura 30. Disponibilidad TO D6T Antes Vs. Disponibilidad D8T, Después	90
Figura 31. Total de Modo de Fallas TO. D6T y D8T. Después PM	91
Figura 32. Costo por hora/parada de equipos T.O. CATD6T y D8T	93
Figura 33. Registro de control	106
Figura 34. Registro de control de mantenimiento PMS	107
Figura 35. Ficha de Evaluación de Impactos Ambientales. Campo	108
Figura 36. Área de acarreo T.O. D6T y D8T Cia Coimolache	119
Figura 37. Acumulación de material y Reporte de actividades diarias	120
Figura 38. Registro de Inscripción para capacitaciones, 2017 de operarios	121
Figura 39. Plan semanal de PM1 – TO-CAT-D6T y D8T. Mes junio, 2017	122
Figura 40. Plan semanal de PM1 – TO-CAT-D6T y D8T. Mes julio, 2017	123
Figura 41. Plan semanal de PM1 – TO-CAT-D6T y D8T. Mes agosto, 2017	124
Figura 42. Plan semanal PM1 – TO-CAT-D6T y D8T. Mes setiembre, 2017	125
Figura 43. Área de operaciones mina, Cia Coimolache	126
Figura 44. Botadero DM3	127
Figura 45. Plano de ubicación del Proyecto Tantahuatay	128
Figura 46. Plano de ubicación de la U. P Tantahuatay (Muestra de estudio)	129

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

En la actualidad las empresas industriales como Australia, usan nuevas tecnologías en mejoras de mantenimiento preventivo que exigen mayor preparación en la operación de un equipo, desde el punto de vista del mantenimiento industrial. Las nuevas tendencias mundiales de la industria en minería, tienen como prioridad elevar el mantenimiento y obtener beneficios en costos de producción de sus equipos. La norma de mantenimiento en empresas de clase mundial está migrando hacia el mantenimiento predictivo, el cual está basado en pronósticos de fallas a futuro de equipos y maquinaria. (Saavedra, 2013)

En el Perú el 39% de industrias utilizan el monitoreo preventivo a través de sistemas preventivos de fallas que es un estándar reconocido dentro de las mejores prácticas industriales. En Cajamarca, en la provincia de Hualgayoc, la empresa Conamultiservis S.R.L brinda servicios de Rentafer a la Unidad Minera Coimolache con 05 equipos tractor oruga Caterpillar Modelo CAT D6T y D8T en el área de descarga de mineral del pad de la Unidad de Producción (U.P). Tantahuatay, de los cuales 02 equipos presentan fallas y ocasionan paradas no programadas disminuyendo la disponibilidad de la empresa para el presente año que es de 90.2% para la flota tractor oruga Caterpillar Modelo CAT D6T y D8T. Originando aumento

de presupuesto para la empresa, no sólo por los costos operativos sino que afecta la seguridad de la vida útil del equipo, la operacionalidad de la empresa reduciendo la producción debiendo tomar medidas para evitar la falla de los equipos y no detener la producción.

Por lo que, se analizó la disminución de paradas no programadas de los equipos Tractor Oruga Caterpillar D6T y D8T de la empresa Conamultiservis S.R.L en servicio de Rentafer a la Unidad Minera Coimolache, analizando el modo de fallas y la baja disponibilidad de los equipos Tractor Oruga Caterpillar D6T y D8T, las paradas no programadas por equipo, el costo que ocasiona por pérdida de cada equipo sin operar e identificar y controlar las causas de falla de la maquinaria se utilizó el Diagrama de Ishikawa para identificar las fallas y anticipar los estados de fallas que son aportes invaluable para la programación y planificación del área de mantenimiento de la Unidad Minera Coimolache a la vez se propuso un plan de mantenimiento preventivo donde los colaboradores operarios, encargados del mantenimiento de los equipos, cumplan con las recomendaciones e identifiquen y controlen las causas de falla de la maquinaria.

## **1.2. Delimitación de la Investigación**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

La presente tesis profesional se ejecutó en el área de descarga de mineral del pad de la Unidad de Producción (U.P). Tantahuatay Cia Minera Coimolache, ubicada en la provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, región Cajamarca. Perú.

### **1.2.2. Delimitación social**

El presente trabajo de investigación estuvo delimitado por todo el personal que trabaja en el área de descarga de mineral del pad de la

Unidad de Producción (U.P). Tantahuatay, Cia Minera Coimolache y la jefatura de la Empresa Conamultiservis S.R.L.

### **1.2.3. Delimitación temporal**

El presente trabajo de investigación se realizó desde el 05 de junio al 05 de octubre de 2017.

### **1.2.4. Delimitación conceptual**

El presente trabajo de investigación determinó el mantenimiento preventivo de los equipos tractor oruga Caterpillar DR para su conservación mediante la realización e identificación del proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones como una inspección visual del grado de desgaste, monitoreo (vibraciones, ultrasonido), chequeos (nivel de aceite). Tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida. Por ejemplo, A partir de la medición de vibraciones de un equipo puede decidirse cambiarlo o no. Para que pueda evaluarse la conveniencia de estas tareas, debe necesariamente existir una clara condición de falla potencial. (Kuroda, 2013)

## **1.3. Problemas de Investigación**

### **1.3.1. Problema Principal**

- ¿Cuál es el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017?



### **1.3.2. Problemas Secundarios**

- ¿Cuál es el estado actual de los costos de mantenimiento de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017?
- ¿Cuáles son los indicadores de medición de antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017?
- ¿Cuál es la ganancia económica que genera la disminución de horas de paradas no programadas de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017?

## **1.4. Objetivos de la Investigación**

### **1.4.1. Objetivo General**

- Determinar el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.

### **1.4.2. Objetivo Específicos**

- Determinar el estado actual de los costos de mantenimiento de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.
- Determinar los indicadores de medición de antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo

tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.

- Determinar la ganancia económica que genera la disminución de horas de paradas no programadas de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.

## **1.5. Hipótesis y Variables de la Investigación**

### **1.5.1. Hipótesis General**

- La implementación del mantenimiento preventivo, influye significativamente en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.

### **1.5.2. Hipótesis Secundarias**

- El estado actual de los costos de mantenimiento de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, es alto y afecta a la productividad de la empresa.
- Los indicadores de medición después de la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T son porcentualmente superiores a los obtenidos antes de la implementación en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.
- La ganancia económica que genera la disminución de horas de paradas no programadas de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T, después de aplicar el mantenimiento preventivo contribuye favorablemente a la Unidad Minera Coimolache.

### 1.5.3. Variables de la investigación

V.I: Mantenimiento preventivo

V.D: Paradas no programadas

### 1.5.4. Operacionalización de la Variables de la Investigación

**Tabla 1**  
*Operacionalización de las variables de investigación*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA
V.I: Mantenimiento preventivo	Mantenimiento basado en inspecciones regulares al equipo de forma programada, planificada, controlada, con el fin de anticipar a las fallas para prevenir el deterioro del equipo.	Disponibilidad de equipo.	Horas totales del mes – Horas de parada x 100%	Registro de datos
			Horas totales del mes	Registro de datos
		Mantenimiento preventivo.	Eficiencia del equipo (%)	Registro de datos
			Horas totales del mes	Registro de datos
		Tiempo de parada	Registro de datos	
V.D: Paradas no programadas	Son las paradas que realizan los equipos no programadas, ya sea por una falla técnica	Costo que ocasionan las horas excedentes de PM.	$\frac{\text{N}^\circ \text{ paradas no programadas}}{\text{N}^\circ \text{ de mantenimientos programados}} \times 100\%$	Registro de datos

**Fuente:** Elaboración Propia, 2017.

## 1.6. Metodología de la Investigación

### 1.6.1. Tipo y Nivel de Investigación

#### a) Tipo de Investigación

Según Sánchez (2013). La investigación aplicada, busca aplicar los conocimientos teorías generales y conocimientos adquiridos y llevarlos a la práctica para entender la realidad social, a partir de una situación problema. (p. 154)

Teniendo en cuenta el propósito de investigación es aplicativo, porque se realizó un análisis de la situación actual de la aplicación

del proceso de mantenimiento preventivo a los 5 equipos tractor oruga Caterpillar Modelo CAT D6T y D8T del área de descarga de mineral del pad de la Unidad Minera Coimolache.

## **b) Nivel de Investigación**

Según Reyna (2016) considera que el nivel descriptivo, describe fenómenos sociales o clínicos en una circunstancia temporal y geográfica determinada, porque los hechos o acontecimientos, descubiertos en el nivel exploratorio tienen que ser enmarcados en un espacio geográfico y temporal. (p, 65)

El nivel de investigación fue descriptivo, porque describió el proceso de las fases técnicas a implementar del fenómeno a investigar durante la aplicación de la metodología para identificar peligros y fallas de los equipos durante el periodo de estudios.

## **1.6.2. Método y Diseño de la Investigación**

### **a) Método de investigación**

Según Rodríguez (2016), manifiesta que en este método, las hipótesis son puntos de partida para nuevas deducciones. Se parte de una hipótesis inferida de principios o leyes o sugerida por los datos empíricos, y aplicando las reglas de la deducción, se arriba a predicciones que se someten a verificación empírica, y si hay correspondencia con los hechos, se comprueba la veracidad o no de la hipótesis de partida. (p. 79)

El método que se utilizó en la presente tesis profesional fue el hipotético deductivo que expresan las relaciones entre las observaciones del origen de las fallas de los 5 equipos tractor

oruga Caterpillar Modelo CAT D6T y D8T del área de descarga de mineral del pad de la Unidad Minera Coimolache.

#### **b) Diseño de investigación**

Según Hernández (2014), el diseño es transversal cuando es apropiado cuando la investigación es centrada en analizar cuál es el nivel de una o diversas variables en un momento dado. (p, 58)

Esta investigación, fue de diseño Transversal, porque se ejecutó teniendo en cuenta tecnologías adecuadas de gestión de la calidad utilizando la norma SAE JA1011 de técnicas de confiabilidad, como el Análisis de los Modos y Efectos de las Fallas (FMEA).

### **1.6.3. Población y muestra de la investigación**

#### **a) Población**

Se consideró como universo a todos los registros de mantenimiento preventivo, realizados durante el año 2017 de los equipos del área de descarga de mineral del pad de la Unidad Minera Coimolache.

#### **b) Muestra**

Establecida por los diferentes registros de mantenimiento preventivo, desde el 05 de junio al 05 de noviembre de 2017, realizado a la flota de los 5 equipos tractor oruga Caterpillar Modelo CAT D6T y D8T, del área de descarga de mineral del pad de la Unidad de Producción (U.P). Tantahuatay.

**Tabla 2.** Muestra de estudio

N°	Cód. Interno	Modelo	Serie	Marca
1	TO-80054	D6T	JJWD00319	
2	TO-C1019	D6T	SMC01544	CAT
3	TO-C1020	D6T	SMC01722	
4	TO- C1033	D8T	GCT02506	
5	TO- C1026	D8T	GCT02009	

**Fuente:** Base de datos Conamultiservis S.R.L, 2017.

#### **1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **a) Técnicas**

Las técnicas empleadas para el acopio de la información fueron: Observación Directa (Formatos de Registros ) y Análisis de documentos .

##### **b) Instrumento**

Observación Directa (Registros de inscripción (Ver Anexo 17), Registros de control de mantenimiento. PMS (Ver Anexo 03 ) y Análisis de documentos (Ficha de evaluación de impactos (Ver 04), Registro de Control (Ver Anexo 02), Reporte de actividades (Ver Anexo 16).

#### **1.6.5. Justificación, Importancia y Limitaciones de la Investigación**

##### **a) Justificación**

La importancia del presente trabajo de investigación, radica que en últimas décadas la situación actual de las empresas que brindan multiservicios a empresas mineras, para aumentar la vida útil de sus equipos se basan en la confiabilidad y disponibilidad de su maquinaria y utilizan nuevas estrategias de mantenimiento preventivo, de tal manera que les permitirán alertar con semanas y meses de

anticipación las fallas de sus equipo, de esta manera podrán anticiparse al fallo y aumentar la productividad sin incrementar sus costos por mantenimiento, lo que obliga a las empresas a buscar estrategias de mejora para optimizar sus niveles de producción y mantenerse competitivas en el mercado laboral. (Saavedra, 2013)

Por lo que, la presente tesis profesional determinó el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de la Empresa Conamultiservis S.R.L., en Rentafér a la Unidad Minera Coimolache para incrementar la disponibilidad y reducción de paradas innecesarias, para la mejora del proceso se trabajó con el Diagrama de Ishikawa como guía de inicio para realizar actividades de mantenimiento preventivo e incrementó la disponibilidad y reducción de paradas innecesarias de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T durante el periodo de investigación.

Los resultados de la presente investigación permitieron mejorar el proceso de mantenimiento preventivo así como los indicadores incrementando la disponibilidad en un 27% disponibilidad mecánica de los equipos y lograr adelantar a las fallas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de la Unidad Minera Coimolache, que harán posible la mejora de la efectividad de la operación, reduciendo gastos económicos de mantenimiento a la empresa.

## **b) Importancia**

La importancia de la presente investigación se elaboró con la finalidad de brindar un mejor mantenimiento en el alquiler de los equipos Tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de la Empresa Conamultiservis S.R.L a otras empresas mineras y reducir las paradas no programadas durante la operación, rentando equipos confiables y seguros a las diferentes áreas de operaciones que no perjudiquen su economía. El

mantenimiento preventivo, de esta manera alargará la vida útil de los equipos sin recurrir al mantenimiento correctivo.

### **c) Limitaciones**

Se considera las siguientes limitaciones:

- Falta de acceso a la información sobre el número de fallas funcionales y técnicas de los mantenimientos preventivos programados y no programados de años anteriores al periodo de investigación.
- La investigación está financiada con recursos propios del tesista.
- La escasa disponibilidad de los trabajadores para brindar información sobre los datos necesarios al momento de aplicar los instrumentos de estudio.
- Las condiciones climatológicas, el transporte a la zona causó dificultad durante el periodo de estudios.
- La empresa Conamultiservis S.R.L no cuenta con archivos centrales de fallas funcionales y técnicas de mantenimiento preventivo por área de trabajo de años anteriores al 2010.



## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

#### **2.1.1 En el ámbito internacional**

Rivas (2013), manifestó en su trabajo de investigación, para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas. En Venezuela. En la Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui de Venezuela Facultad de Ingeniería, en la Tesis denominada: “Implementación del Mantenimiento Preventivo en el análisis de Vibración en la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.” La presente investigación tuvo como objetivo principal: Determinar la implementación del mantenimiento preventivo en el análisis de vibración en la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. La presente investigación presenta el siguiente Problema principal: ¿Cuál es la implementación del mantenimiento preventivo en el análisis de vibración en la Empresa C.V.? . El tipo de investigación es de carácter aplicada, el nivel de investigación es descriptivo porque describió el proceso a implementar en el análisis de Vibración en la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. El método que se utilizó fue hipotético deductivo, el diseño fue transversal. Logrando a la siguiente conclusión: En referencia el trabajo tiene como finalidad evaluar y presentar soluciones a la problemática planteada por medio del diagnóstico de fallas

incipientes en los equipos de la empresa del área de carguío, lo cual sirvió de base para mejorar los programas de inspección y mantenimiento, cumpliendo de ese modo con los lineamientos para la reducción de demoras por fallas en los equipos rotativos de las cintas transportadoras de la planta de procesamiento del mineral de hierro de la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A de una manera más efectiva.

Pesantez (2013), presentó en su trabajo de investigación, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico. En Ecuador. En la Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, en la Tesis denominada: “Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón”. La presente investigación tuvo como objetivo principal: Elaborar un plan anual de mantenimiento predictivo y preventivo de los equipos del proceso productivo que presenten un mayor índice de criticidad de una empresa empacadora de camarón. La presente investigación presenta el siguiente Problema principal: ¿Cómo elabora un plan anual de mantenimiento predictivo y preventivo de los equipos del proceso productivo que presenten un mayor índice de criticidad en la empresa empacadora de camarón? El tipo de investigación es de carácter aplicada, el nivel de investigación es descriptivo correlacional. El método que se utilizó fue hipotético deductivo, el diseño fue longitudinal. El presente trabajo de investigación concluye que la operatividad del proceso productivo depende directamente de las condiciones en las que se encuentren los equipos que intervienen en él. Fue necesario establecer que la etapa crítica del proceso productivo fue la congelación, para así saber a cuáles equipos se debió orientar este estudio. Los equipos críticos de la empresa que se pudieron determinar se los clasificó en dos grupos que son: los que directamente afectan al proceso productivo, que comprenden: los 5 congeladores de placas, los 2

túneles espirales, los 4 túneles de congelación por aire forzado y el IQF Brine y los que lo afectan de manera indirecta, que son: los 4 compresores de pistón marca Gram. El no tener un plan hizo que la empresa se dedicara a actuar resolviendo averías o desperfectos en todos los equipos de la planta, y realizando tareas de mantenimiento no programadas basadas en la experiencia de los técnicos o sobre la base de las averías que se presentaban.

Buelvas y Martínez, (2014) presentaron su trabajo de investigación, para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas. En Colombia. En la Universidad Autónoma del Caribe, Facultad de Ingeniería, en la Tesis denominada: “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L”. La presente investigación tuvo como objetivo principal: Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. La presente investigación presenta el siguiente Problema principal: ¿Cómo elabora un plan Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L? El tipo de investigación es de carácter descriptiva, el nivel de investigación es descriptivo. El método que se utilizó fue hipotético deductivo, el diseño fue transversal. El presente trabajo de investigación concluye que: Se revisaron los aspectos de mecánicos, encontrando que los tres de servicio deben mejorar su entrenamiento en sistemas de inyección electrónica, dado que por su edad, no han sido entrenados en este tipo de tecnologías, usadas en los equipos analizados. En relación a las fallas relevantes, el problema más crítico es el de roturas de mangueras. Los costos de los cambios de mangueras son iguales en esquema correctivo y preventivo, pero con la ventaja del preventivo de eliminar la pérdida de aceite hidráulico, lo cual por cada rotura inesperada, deja un costo promedio de \$ 400.00, donde 6 daños arroja un total de dos millones cuatrocientos mil mensual de ahorro con el enfoque preventivo. Los planes de mantenimiento se deben ajustar según la evolución que se

observe, teniendo en cuenta que cada actividad propuesta requiere un tiempo de gracia para mostrar los resultados esperados. (Buelvas & Martínez, 2014)

### **2.1.2 En el Ámbito Nacional**

Fuentes (2015) reveló en su trabajo de investigación, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial. En Perú, Chiclayo. En la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Industrial en la Tesis denominada “Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de overall equipment efficiency para la reducción de costos de mantenimiento en la empresa hilados Richard’S S.A.C”. La presente investigación tuvo como objetivo principal: Proponer un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de overall equipment efficiency para la reducción de costos de mantenimiento en la empresa hilados Richard’S S.A.C. La presente investigación presenta el siguiente Problema principal: ¿Cuál es la propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de overall equipment efficiency para la reducción de los costos de mantenimiento en la empresa hilados Richard’S S.A.C. El tipo de investigación es de carácter aplicada, el nivel de investigación es descriptivo correlacional. El método que se utilizó fue hipotético deductivo, el diseño fue longitudinal. Alcanzando la siguiente conclusión: Con la implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo, la empresa lograría un ahorro de S/. 103 020, 53 semestrales puesto que al atender correctamente y a tiempo las averías menores, se evitaría problemas de mayor envergadura, En la elaboración de las actividades a realizar se pudo determinar que la máquina *Enconadora Ras 15* si bien es una máquina importante en el proceso productivo, no es una máquina a la que se le pueda aplicar un mantenimiento programado ya que esta cuenta con 25 motores

distintos, los cuales funcionan independientemente uno del otro, por lo que se decidió con aporte del jefe de mantenimiento a excluir la máquina del Sistema de Gestión y colocar la máquina a responsabilidad de un mecánico. Mediante el Sistema de Gestión propuesto, utilizando el Software Renovefree, se comprobó que el Sistema es de gran utilidad y de simple manipulación para el personal de mantenimiento de la empresa. Mediante el análisis costo beneficio se determinó que el tiempo de recuperación del capital necesario para la implementación del Sistema de Gestión sería de dos meses, comprobando que es factible su ejecución.

Vega (2017) manifestó en su trabajo de investigación, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial. En Perú, Chiclayo. En la Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Industrial en la Tesis denominada “Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa grúas américa S.A.C. Santa Anita, 2017”. La presente investigación tuvo como objetivo principal: Implementar el mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa grúas américa S.A.C. Santa Anita, 2017. La presente investigación presenta el siguiente Problema principal: ¿Cuál es la implementación el mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa grúas américa S.A.C. Santa Anita, 2017. El tipo de investigación es de carácter correlacional, el nivel de investigación es descriptivo. El método que se utilizó fue hipotético deductivo, el diseño fue longitudinal. Alcanzando la siguiente conclusión: La implementación del mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017. Además, la disponibilidad incrementó de 0.893 a 0.961 lo que equivale a un aumento de 7.6%. La implementación del mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017. Además, la mantenibilidad disminuyó de

1.40 a 1.14 lo que equivale a una reducción en promedio de 0.26 horas/falla. La implementación del mantenimiento preventivo mejora la fiabilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C. Santa Anita, 2017. Además, la fiabilidad incrementó de 14.89 a 24.22 lo que equivale a un aumento de 9.33 horas/falla.

Villegas (2016) expuso en su trabajo de investigación, para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas. En Perú, Arequipa. En la Universidad Católica San Pablo. Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería de Minas en la Tesis denominada "Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa "Manfer S.R.L. contratistas generales", Arequipa 2016. La presente investigación tuvo como objetivo principal: Proponer una mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa "Manfer S.R.L. El tipo de investigación es de carácter correlacional, el nivel de investigación es descriptivo. El método que se utilizó fue hipotético deductivo, el diseño fue longitudinal. Por lo que se concluye: Se analizó la gestión actual en el área de mantenimiento de Manfer S.R.L. Determinando la falta de competencia y capacitación del personal de operación en equipos, y en general y la baja disponibilidad de 68.27% lo cual afecta la producción y en los altos costos de alquiler que ascienden a S/. 319,975.80 soles. Se determinó que no se cumplen los planes de mantenimiento, es decir no tienen implementado un sistema de mantenimiento preventivo. Se presenta una propuesta de gestión que permitirá optimizar el desempeño de la constructora mediante la elevación de la disponibilidad de los equipos desde un 68.27% a un 78.47%, lo cual disminuirá sustancialmente los costos de alquiler en S/.198,577.80 en el periodo de 02 años. Se realizó un análisis de costo beneficio de la propuesta en la que se determinó inicialmente que el costo total es de S/.73, 700 soles, además un ahorro de S/.198,577.80 en alquiler en los 02 años, teniendo en cuenta el aumento de disponibilidad de los equipos, lo cual nos

entrega un Ahorro Total de la propuesta de S/.124,877.80 en el transcurso de los 02 años.

### **2.1.3 En el Ámbito Local**

Cerrón (2012) presentó en su trabajo de investigación, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial. En Cajamarca. Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería Industrial en la Tesis denominada “Mejora del sistema de gestión de mantenimiento predictivo para la flota de tractores de cadenas Caterpillar® D10T basado en el Ciclo de Deming para mejorar el nivel de servicio al producto para la empresa Ferreyros S.A. en la operación minera Yanacocha. La presente investigación tuvo como objetivo principal: Mejorar el sistema de gestión de mantenimiento predictivo para la flota de tractores de cadenas Caterpillar® D10T basado en el Ciclo de Deming para mejorar el nivel de servicio al producto para la empresa Ferreyros S.A. La presente investigación presenta el siguiente Problema principal: ¿Cómo mejorar el sistema de gestión de mantenimiento predictivo para la flota de tractores de cadenas Caterpillar® D10T basado en el Ciclo de Deming para mejorar el nivel de servicio al producto para la empresa Ferreyros S.A? El tipo de investigación es de carácter correlacional, el nivel de investigación es descriptivo. El método que se utilizó fue hipotético deductivo, el diseño fue longitudinal. Por lo que se concluye: Este proyecto redujo el índice de mantenimientos correctivos no planificados de 60% a 40% en un periodo de 1 año y elimino completamente los mantenimientos correctivos adicionales (M.C.A.) que son los mantenimientos correctivos realizados por encima del 40% del tiempo de las paradas, como consecuencia de esta mejora se incrementó la disponibilidad de la flota de tractores de cadenas Caterpillar® D10T, mejoró la confiabilidad de los componentes mayores en los equipos; eliminó los eventos y códigos recurrentes de alarmas que generan paradas no programadas, en base del metodología y estrategias del circulo de

calidad planteadas por E. Deming. La viabilidad de esta mejora fue viable, porque registro un valor del “VAN” doce millones novecientos cincuenta y cuatro mil novecientos y uno nuevos soles con sesenta y cuatro céntimos. (S/. 12'954'901.64), con un “TIR” de 860.8%, que es 854.25% mayor que la mejora alternativa de inversión de fondos mutuos del mercado actual. Así como el retorno de inversión de este proyecto tiene un valor S/. 288.89.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Ubicación del proyecto en ejecución

#### a. Ubicación de la Empresa Conamultiservis S.R.L.,

La empresa Conamultiservis S.R.L., tiene sus oficinas centrales en Jr. San Sebastián N° 241 Interior (Piso 3), del distrito de Cajamarca, Perú.

**Tabla 3:** Datos básicos Empresa Conamultiservis S.R.L

<b>Datos de la Empresa en estudio</b>	
<b>Razón Social</b>	Conamultiservis S.R.L
<b>Representante legal</b>	Ing. Carmen Liliana Cáceres Sheen
<b>Ubicación de la Oficina</b>	Jr. San Sebastián N° 241 Interior (Piso 3)
<b>Número de empleados</b>	Actualmente cuenta 32 colaboradores que laboran de lunes a viernes
<b>Horario de trabajo</b>	De 7:30 a 15 :30 personal operativo y en la tarde
<b>Certificado ambiental</b>	Aprobado en 13 de marzo de 2008
<b>Certificado de bomberos</b>	Certificado de funcionamiento del curso de bombero 2007

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Es una empresa peruana localizada en Cajamarca, inició sus actividades desde el 13 de marzo de 2008. Esta empresa fue inscrita el año 2008 como una sociedad con responsabilidad Ltda. Conamultiservis S.R.L. tiene como nombre comercial, se encuentra registrada en la SUNAT con el RUC 20496037970. Se encuentra en estado Activo y condición Habido.



La empresa se dedica a las actividades de arquitectura e ingeniería y actividades conexas de consultoría técnica, brinda servicios Rentafer a contratas mineras en Cajamarca con alquiler de equipos presados. Empadronada en el Registro Nacional de Proveedores del Estado Conamultiservis S.R.L. inició sus actividades económicas el año 2008.

#### **b. Ubicación de la Unidad minera Coimolache S.A:**

Esta investigación se ejecutó en el Proyecto Tantauatay, está ubicado en la Comunidad Campesina El Tingo, en el distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Con un altitud de 3 750 y 4 050 m. Dista a 10 km al noreste del poblado de Hualgayoc, a 30 km al suroeste de Bambamarca y a 90 km de Cajamarca.



**Figura 1.** Plano de ubicación. Unidad Minera Coimolache S.A.  
**Fuente:** Google Earth, 2017.

### **c. Topografía y fisiografía**

En la zona del proyecto, la fisiografía se caracteriza por presentar cadenas montañosas de la divisoria continental de aguas de las cuencas del Pacífico y del Atlántico de los Andes del Norte de Perú. En oposición a las cadenas montañosas, ocurren valles de origen glaciar en forma de “U” abierta, los cuales se encuentran cubiertos de depósitos cuaternarios. La geomorfología en la zona de estudio del Proyecto Tantahuatay y en el área del proyecto, está constituida por cuatro unidades principales (Montañoso, colinas, laderas y valles glaciares – aluviales) y dentro de ellas, se han efectuado divisiones menores de unidades fisiográficas. (EslA, 2013)

#### **2.2.2. D6T y D8T CD Tractor de Cadenas CAT**

Los Tractor de Cadenas CAT, presentan los siguientes las siguientes Funciones: Movimientos de Tierras de un lugar a otro y colocarla en su nueva posición. Tareas de empuje. Trabajos de escarificado. Limpieza de terrenos y nivelación de acabado difícil.

##### **Tractor de oruga D8T**

El tractor de Cadenas D8T CD combina potencia y eficiencia con avanzada tecnología para aplicaciones de desmonte y reclamación, ha sido diseñado para cumplir las normas de protección ambiental EPA Tier III y regulaciones de nivel de sonido.

##### **Motor**

El resistente motor 3508B de Caterpillar es de fácil mantenimiento, tiene una reserva de par neta del 25 % y cumple los requisitos de emisiones de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) y de CARB del año 2000. El sistema de combustible de inyectores

electrónicos proporciona una eficiencia de combustible con un ajuste de relación automático de aire/ combustible y menos humos. (Caterpillar, 2013)



**Figura 2.** Motor del TO - CAT D8T  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013)

### **Puesto del operador**

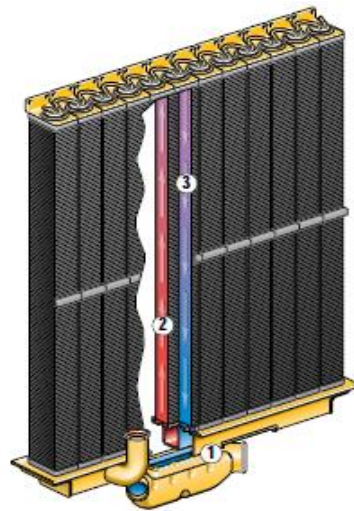
La cómoda y eficiente plataforma de control facilita un desempeño de primera clase. El asiento anatómico de la Serie Contour proporciona un soporte adecuado y comodidad de un automóvil. (Caterpillar, 2013)

### **Teclado**

El teclado de uso sencillo funciona junto con el sistema VIDS, permitiendo al operador ver los detalles de los mensajes de alerta para el diagnóstico como para la resolución rápida de problemas. (Caterpillar, 2013)

## Sistema de enfriamiento

El Sistema de enfriamiento modular avanzado (AMOCS) combina una mayor capacidad de enfriamiento con un servicio más fácil. El sistema AMOCS permite operar la máquina en los ambientes más exigentes, presenta lo siguiente: 1), hacia arriba por un lado del elemento de enfriamiento (2), y hacia abajo por el otro lado (3), volviendo a la parte inferior del tanque. (Caterpillar, 2013)



**Figura 3.** Sistema de enfriamiento TO - CAT D8T.  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013).

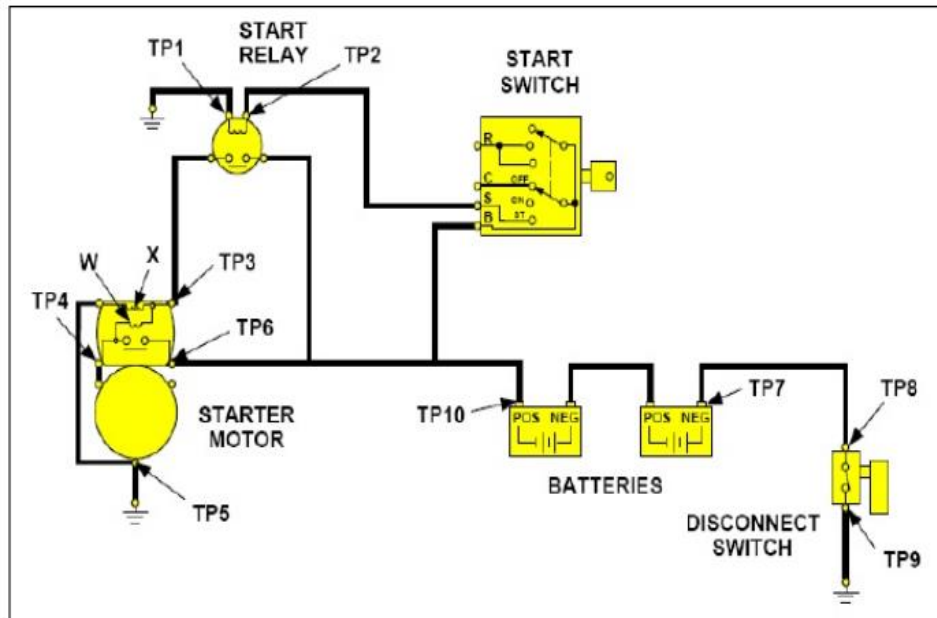
## Sistema de Visualización de Información Vital (VIDS)

El Sistema de Visualización de Información Vital proporciona al operador información continua sobre la operación de la máquina y de los sistemas. El sistema monitor fiable y de lectura sencilla también registra los datos de rendimiento para diagnósticos como la localización y resolución de problemas. (Caterpillar, 2013)

## Sistemas Eléctrico y de Monitoreo

Los sistemas electrónicos se usan en todas las máquinas Caterpillar, los sistemas eléctricos entregan la potencia con la que estos funcionan, el sistema de monitoreo informa las condiciones de operación del equipo. En la serie T de tractores, el sistema de

monitoreo ha sido mejorado a CMDS - A (Caterpillar Monitoring and Display System with Advisor). El propósito de este módulo es familiarizar al estudiante con el sistema eléctrico, electrónico y monitoreo de la máquina. Consta de dos lecciones: Sistema eléctrico y Sistema de monitoreo. (Caterpillar, 2013)



**Figura 4.** Sistema eléctrico del TO - CAT D8T.  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013)

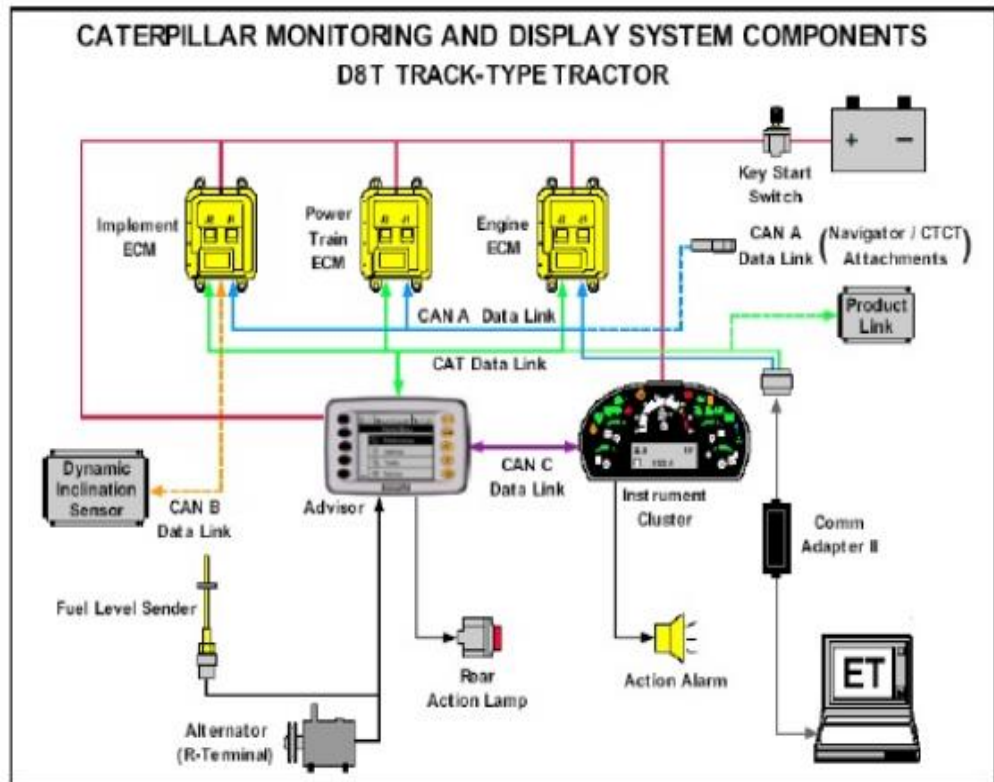
Los sistemas electrónicos controlan el funcionamiento del equipo.

Tenemos tres tipos de componentes básicos:

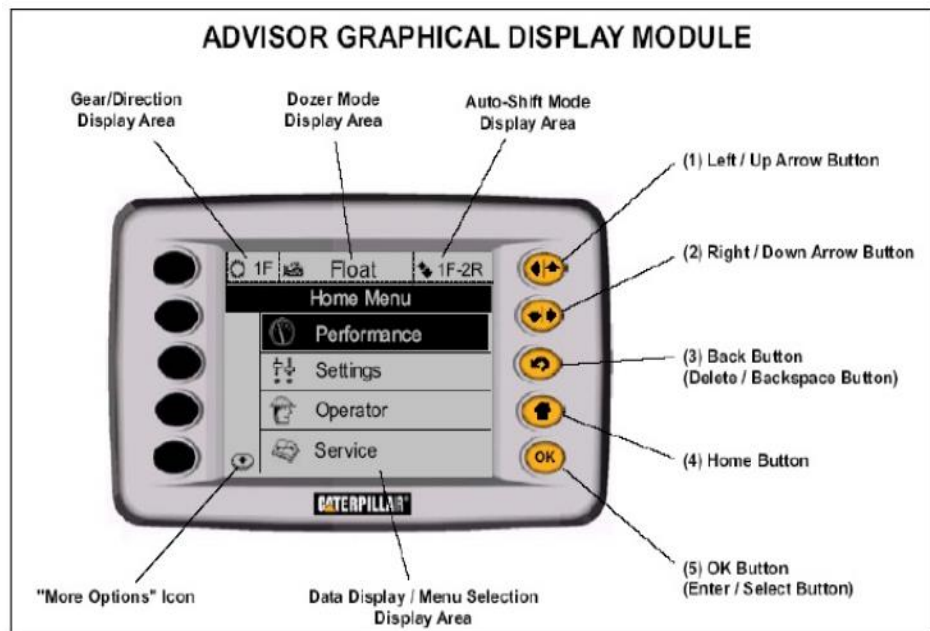
- Componentes de Entrada (Input)
- Componentes de Salida (Output)
- Modulo de Control Electrónico (ECM)

### Sistema de Monitoreo

El Sistema de Monitoreo Caterpillar con Asesor de Pantalla ( CMDS A Caterpillar Monitoring and Display System with Advisor) consiste de un panel de instrumentos y una Pantalla con Asesor Gráfico, esta permite al operador variar la configuración de los implementos y al personal de servicio ver el estado de los sistemas y realizar calibraciones.



**Figura 5.** Sistema de Monitoreo del TO - CAT D8T  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013)

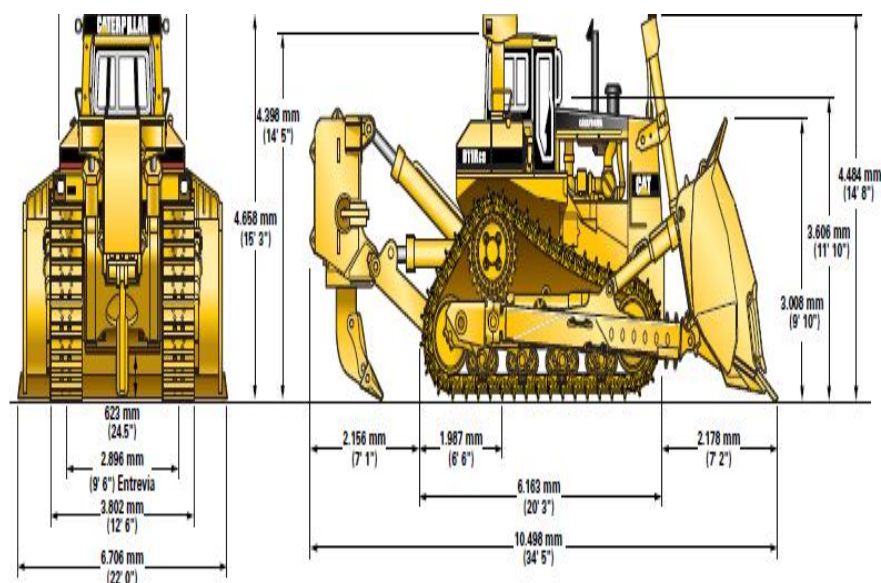


**Figura 6.** Tablero del sistema de monitoreo TO - CAT D8T.  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013)



## El sistema del combustible

El Sistema de Combustible EUI Caterpillar es de control electrónico. La bomba de inyección, las tuberías de combustible y los inyectores usados en los motores mecánicos se reemplazaron por un inyector unitario electrónico en cada cilindro. Un solenoide en cada inyector controla la cantidad de combustible que suministra el inyector. Un Módulo de Control Electrónico (ECM) envía una señal a cada solenoide del inyector, que controla la cantidad de combustible inyectado en cada cilindro. Los componentes principales del sistema EUI incluyen el ECM, los inyectores EUI, el mazo de cables, los sensores y los interruptores. El sistema de combustible EUI también incluye un sistema de suministro de combustible de presión baja, controlado mecánicamente, que envía combustible a los inyectores. El sistema de combustible de presión baja consta del tanque de combustible, la bomba de transferencia de combustible, filtros de combustible primario y secundario y un regulador de presión de combustible. (Caterpillar, 2013)



**Figura 7.** Sistema de combustible de TO - CAT D8T  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013).

RENDIMIENTO DE TRACTOR (más de 3800 m.s.n.m)					
Equipo	Tipo de Trabajo (Distancia de Empuje=60mt)	Producción Teórica (m3/hr)	Factor de Corrección Final	Rendimiento en Banco (m3/hr)	Rendimiento Standard en Banco (m3/día)
Tractor s/Orugas CAT-D9L	Mat. suelto	640.00	0.261	167.00	1,340.00
	Roca suelta	640.00	0.211	135.00	1,080.00
	Roca fija	640.00	0.170	109.00	870.00
Tractor s/Orugas CAT-D8L	Mat. suelto	340.00	0.261	89.00	710.00
	Roca suelta	340.00	0.211	72.00	580.00
	Roca fija	340.00	0.170	58.00	460.00
Tractor s/Orugas CAT-D8K	Mat. suelto	320.00	0.261	84.00	670.00
	Roca suelta	320.00	0.211	68.00	540.00
	Roca fija	320.00	0.170	54.00	430.00
Tractor s/Orugas CAT-D7G	Mat. suelto	220.00	0.261	57.00	460.00
	Roca suelta	220.00	0.211	46.00	370.00
	Roca fija	220.00	0.170	37.00	300.00
Tractor s/Orugas CAT-D6D	Mat. suelto	160.00	0.242	39.00	310.00
	Roca suelta	160.00	0.196	31.00	250.00
	Roca fija	160.00	0.148	24.00	190.00

**Figura 8.** Rendimiento de Tractor TO - CAT D8T  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013)

### Tractor de oruga D6T.

El motor C9, robusto y de fácil servicio, está equipado con un sistema de alimentación por inyección directa, controlado electrónicamente, más limpio y más eficiente en el consumo de combustible. El motor C9 cumple la normativa de la EPA, UE y JMOC sobre emisiones de escape. (Caterpillar, 2013)



**Figura 9.** Equipo TO - CAT D6T  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013).

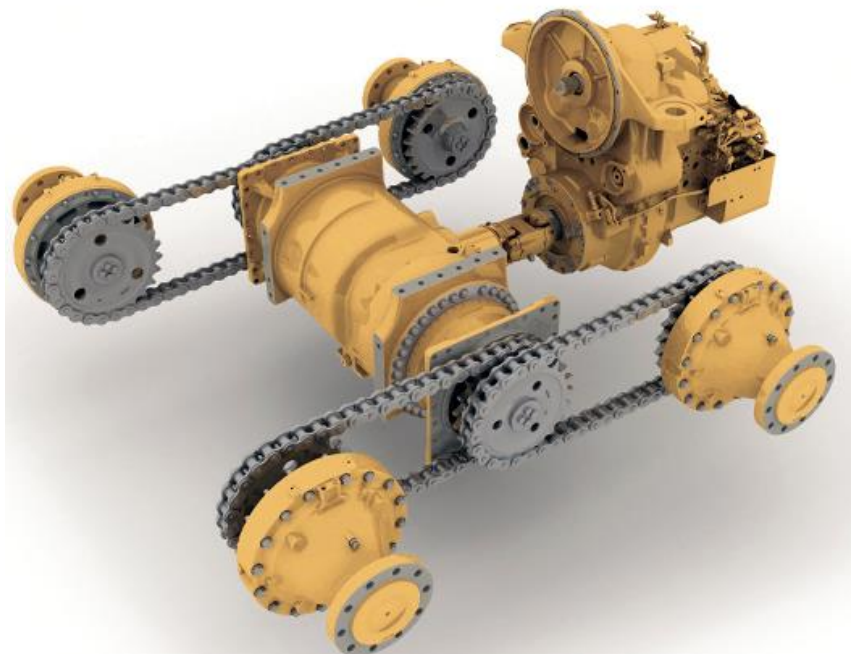


## **Sistema de Refrigeración Modular Avanzado (AMOCS)**

Gracias a su mayor superficie de refrigeración y a su sistema de doble paso, exclusivo de Caterpillar, el Sistema de Refrigeración Modular Avanzado (AMOCS) tiene mayor capacidad de refrigeración que los sistemas convencionales. (Caterpillar, 2013)

## **Tren de Potencia**

La servo transmisión electrónica Caterpillar®, perfectamente acoplada al motor electrónico C9, permite que el tren de potencia trabaje más eficientemente. (Caterpillar, 2013)



**Figura 10.** Tren de Potencia  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013).

## **Estructura**

El bastidor principal es pesado, robusto y duradero. La resistencia de su bastidor, con fundiciones de acero y rieles reforzados, proporciona un firme apoyo al tren de rodaje, mandos finales

elevados y otros componentes que forman un solo cuerpo con el bastidor. (Caterpillar, 2013)



**Figura 11.** Bastidor del TO - CAT D6T Serie III.  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013)

### **Tren de Rodaje**

El diseño de rueda cabilla elevada hace que los mandos finales estén por encima de la zona de trabajo, aislados de los impactos causados por el terreno. Las diferentes versiones de tren de rodaje permiten adaptar la máquina a cada aplicación. Diseñado para trabajar duro. (Caterpillar, 2013)

### **Motor**

Motor Cat C9 con tecnología ACERT. El Cat C9 es un motor de seis cilindros configurado en línea de 8,8 L (537 pulg<sup>3</sup>) de cilindrada con un sistema. Usa una tecnología ACERT, una serie de innovaciones diseñadas por Caterpillar que proporcionan un control electrónico avanzado, suministro de combustible de precisión y administración refinada de aire, produciendo un rendimiento extraordinario y menores emisiones. El motor C9 con la tecnología ACERT cumple con las normas de emisiones de Tier 3 de la EPA de EE.UU. y Stage IIIa de la Unión Europea.



**Figura 12.** Motor del TO - CAT D6T

**Fuente:** (Caterpillar, 2013)

### **Sistema de combustible HEUI™.**

El sistema de combustible HEUI ha evolucionado mucho y tiene un historial probado de fiabilidad en la obra. El sistema HEUI usa el avance técnico de un sistema de control electrónico con la flexibilidad de inyección de combustible controlada hidráulicamente. El sistema sobresale en su capacidad de controlar la presión de inyección en toda la gama de velocidades de operación del motor. Estas características permiten al C9 tener un control completo sobre la sincronización, duración y presión de la inyección. Posenfriador de aire a aire

### **El posenfriador de aire a aire (ATAAC)**

Permite la entrada de aire frío en el motor, lo que prolonga la duración y reduce las emisiones. Además, el ATAAC, junto con los componentes de la cámara de combustión de poca tolerancia, aumenta al máximo la eficiencia de combustible.

### **Turbo compresor con válvula de derivación de los gases de escape.**

La válvula de derivación de los gases de escape permite desviar un volumen elevado de gases de escape alrededor del turbocompresor enviándolos a los tubos de escape para prevenir el exceso de velocidad de giro de la rueda a altas rpm pero bajas condiciones de carga.

### **Servicio.**

El nuevo motor C9 ofrece un mantenimiento y una reparación más sencilla mediante funciones clave de supervisión y el registro de indicadores críticos. Es posible un acceso de diagnóstico electrónico con una sola herramienta, el Técnico Electrónico (ET) de Caterpillar.

### **Sistema de Enfriamiento Modular Avanzado (AMOCS).**

El radiador AMOCS, usando un sistema de dos pasadas, proporciona un intercambio de calor más eficiente y una mayor capacidad de enfriamiento con respecto al D6T de la Serie II.

El refrigerante circula desde un tanque inferior seccionado hacia arriba, hacia la parte delantera, por encima del núcleo y hacia abajo, hacia el lado del motor del núcleo hasta el tanque inferior. Dicha trayectoria de circulación permite que el refrigerante atraviese dos veces el radiador para lograr un mejor enfriamiento.

### **Facilidad de servicio.**

El diseño de núcleos modulares permite desmontar solo núcleo sin tener que desmontar el radiador completo, lo que reduce los costos de reparación y el tiempo de inactividad de la máquina. El

tanque superior, los canales laterales y una de las superficies de sellado hace que el AMOCS sea más fiable y facilite su servicio. Dispone de una mirilla que permite efectuar comprobaciones de servicio rápidas.

### **Protección de fugas.**

Para reducir la posibilidad de fugas de refrigerante, se sueldan tubos de latón a un colector más grande y más grueso, mejorando la resistencia de la junta entre los tubos y el colector. En condiciones donde pueda haber materiales abrasivos suspendidos en el aire, debe usarse el accesorio protector contra arena para impedir que se dañe el núcleo. Protector contra arena.

En las aplicaciones en que haya muchos residuos en suspensión en el aire, es sumamente importante tener una protección adecuada del núcleo del radiador. Para prolongar la duración del radiador en aplicaciones exigentes, se dispone de un protector contra arena opcional, con el fin de desviar los residuos dañinos expulsados por el ventilador del motor hacia el radiador

### **Herramientas**

Las herramientas del D6T de la Serie III han sido diseñadas para proporcionar flexibilidad, permitiendo que la máquina se adapte al trabajo.

### **Hojas Cat®**

Todas las hojas tienen un diseño fuerte de sección en caja que resiste los movimientos de torsión y agrietamiento. Las hojas están hechas de acero DH-2™Cat con alta resistencia a la tracción que soporta las aplicaciones más rigurosas. Verdadera construcción

pesada y cuchillas y cantoneras endurecidas empernadas que confieren resistencia y durabilidad.

### **Hoja semiuniversal.**

La hoja semiuniversal está construida para aplicaciones rigurosas donde la penetración y la capacidad son importantes. Las aletas de la hoja están diseñadas por su retención de carga y penetración superiores en materiales altamente compactados. Hoja recta. La hoja S (recta) es muy versátil. Como tiene menor capacidad, puede soportar materiales más pesados que una hoja más grande. Hoja orientable. La hoja orientable está sujeta por medio de brazos de empuje montados en el exterior usando una conexión sujeta por pasadores que permiten la orientación y la inclinación horizontal, hacia la derecha y hacia la izquierda, de la hoja.



**Figura 13.** Equipo TO - CAT D8T  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013)

### 2.2.3. Mantenimiento

#### Mantenimiento Industrial

El mantenimiento Industrial es el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento. El mantenimiento industrial engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. (Sanzol, 2013)

#### Mantenimiento

Según Dixon & Raouf (2013), sostiene que el Mantenimiento involucra cuatro etapas diferenciables según el concepto universal de mantenimiento: *El programado*, donde se prevén las intervenciones y trabajos a ejecutar y el *no programado*, donde las intervenciones se realizan de emergencia, por lo general ocasionan paradas de las instalaciones y cuenta con cuatro etapas:

**Tabla 4**  
*Etapas de Gestión de Mantenimiento Preventivo*

ETAPAS	CARACTERÍSTICAS
<i>Planificación</i>	Proceso mediante el cual se definen los objetivos a alcanzar en la gestión y se determinan las estrategias de acción a implantar de acuerdo a criterios basados en políticas, y estimación de costos.
<i>Programación</i>	El programa establece los tiempos esperado de inicio y terminación de la acción y se formula asignando recursos hasta el límite de disponibilidad de acuerdo a una planificación previa.
<i>Ejecución</i>	Se realiza a través de la dirección y la coordinación de los esfuerzos del grupo de realizadores de las actividades generadas que garantizan el logro de los objetivos propuestos
<i>Control</i>	El control es la evidencia de que las personas, sistemas y equipos están operando sin desviaciones con relación a la norma o parámetro determinado.

Fuente: (Sanzol, 2013).

### 2.2.3.1 Tipos y modelos de mantenimiento

#### a. Mantenimiento Correctivo

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos. El mantenimiento correctivo se basa en la intervención en el caso de avería de un equipo o instalación, es decir la interrupción súbita de la producción de la empresa. (Sanzol, 2013)

Conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados, que se realiza cuando aparece el fallo (INGMEC, 2013)

**Tabla 5**

*Sistemas de Mantenimiento correctivo*

<b>Mantenimiento correctivo</b>
<b>Aplicable a sistemas</b>
Complejos en los que es imposible predecir los fallos Admiten ser interrumpidos en cualquier momento y con cualquier duración
<b>Inconvenientes</b>
El fallo puede aparecer en el momento más inoportuno Fallos no detectados a tiempo pueden causar daños Irreparables en otros elementos Gran capital en piezas de repuesto

**Fuente:** (INGMEC, 2013)

#### b. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de valores de determinadas variables, representativas y operatividad. (Milano, 2013)



Según García (2013), sostiene “que para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo”. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos. (p. 69)

Conjunto de actividades programadas de antemano encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos:

**Tabla 6**

*Inconvenientes del Mantenimiento preventivo*

<b>Mantenimiento preventivo</b>
<b>Inconvenientes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios innecesarios (del propio elemento o de otros)</li> <li>• Problemas iniciales de operación</li> <li>• Coste de inventarios medio</li> <li>• Mano de obra</li> <li>• Caso de mantenimiento no efectuado</li> </ul>
<b>Planificación</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir los elementos objeto de mantenimiento</li> <li>• Establecer su vida útil</li> <li>• Determinar los trabajos a realizar en cada caso</li> <li>• Agrupar temporalmente los trabajos</li> </ul>

**Fuente:** (INGMEC, 2013)

### **Ventajas**

- Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo.
- Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.

- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.

### **Desventajas**

- Se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante para hacer el programa de mantenimiento a los equipos.
- No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

### **c. Mantenimiento Predictivo**

El mantenimiento predictivo, conocido según condición, surge como respuesta a la necesidad de reducir los costes de los métodos tradicionales correctivo y preventivo de mantenimiento. Formar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad reemplazando a los elementos cuando realmente no se encuentren en buenas condiciones operativas, suprimiendo las paradas por inspección innecesarias y, por otro lado, evitar las averías imprevistas, mediante la detección de cualquier anomalía funcional y el seguimiento de su posible evolución. (Sanzol, 2013)

El mantenimiento predictivo es un conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo que permiten una intervención correctora inmediata como

consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo. (INGMEC, 2013)

**Tabla 7**

*Monitorización de Mantenimiento predictivo*

<b>Mantenimiento predictivo</b>
<b>Monitorización de Diferentes Parámetros</b> (Presión, Temperatura, Vibraciones, Ruido, etc.)
<b>Ventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Registro de la historia de los análisis</li><li>• Programación del mantenimiento en el momento más adecuado</li></ul>

**Fuente:** (INGMEC, 2013)

### **Ventajas**

- Más confiabilidad al utilizar accesorios y personal calificado, resultados exactos.
- Requiere menos personal. Esto genera disminución en el costo de personal y en los procesos de contratación, aunque luego veremos una desventaja sobre ello.
- Los repuestos duran más. Como las revisiones son en base a resultados.

### **Desventajas**

- Siempre que hay un daño, necesita programación.
- Las revisiones son programadas según un cronograma.
- los equipos y aparatos suelen ser de alto costo, por lo que necesitan buscarse las mejores opciones para adquirirse.
- Es importante contar con personal más calificado.

#### d. Mantenimiento Productivo Total “Total Productive Maintenance (TPM)”

Mantenimiento Productivo Total (del inglés de total productive maintenance, TPM). El TPM busca agrupar a toda la cadena productiva con miras a cumplir objetivos específicos y cuantificables. Uno de los objetivos que se busca cumplir en el TPM es la reducción de las pérdidas. En TPM se destacan seis grandes pérdidas por avería en los equipos, pérdidas debidas a preparaciones, pérdidas provocadas por tiempo de ciclo vacío y paradas cortas, perdidas por funcionamiento a velocidad reducida, pérdidas por defecto de calidad, recuperaciones y reprocesado, pérdidas en funcionamiento por puesta en marcha del equipo. (MPT, 2013)

**Tabla 8**

*Ventajas de Mantenimiento productivo (TPM)*

<b>Mantenimiento productivo (TPM)</b>
---------------------------------------

**Mantenimiento:** Mantener las instalaciones siempre en buen estado

**Productivo:** Enfocado al aumento de productividad

**Total:** Implica a la totalidad del personal (no sólo al servicio de mantenimiento).

---

**Fuente:** (INGMEC, 2013)

#### e. Avería y Falla

El proceso de deterioro no es más que el camino que sigue un equipo cualquiera a lo largo de su vida útil. Un equipo falla cuando su funcionamiento medido en todos los parámetros de control no es especificado. Por lo tanto, se considera que un equipo se encuentra en estado de falla cuando no funciona en forma eficiente o cuando el producto no alcanza la calidad

especificada.

Se presenta la siguiente diferencia entre avería y falla como se detalla:

**Avería:** Estado caracterizado por la incapacidad para realizar la función requerida.

**Falla:** Evento que hace cesar la funcionalidad requerida.

Los llamados mecanismos de deterioro y origen de fallas, son los que afectan la *confiabilidad* de un bien, reduciendo los tiempos relativos en que se sucede una falla y la siguiente (MTBF, MTTF). Estos fenómenos son los que se deben tener bajo control y/o eliminarlos, por medio de intervenciones adecuadas de mantenimiento preventivo y/o mejoras.

### 2.2.3.2 Indicadores de gestión para mantenimiento

Considerando que el primer objetivo de trabajo, del área de mantenimiento, es el de propiciar el logro de altos índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a favor de la producción.

#### - **Confiabilidad**

Confiabilidad es una probabilidad, de que un equipo pueda operar sin fallas durante un periodo de tiempo. Los principios de Confiabilidad se basan en analizar los desperdicios ocasionados por las “fallas”, estableciendo el control y prevención de las mismas, para mejorar la efectividad y rentabilidad del negocio. Programa de Gestión del

Mantenimiento (PGM).El deterioro de los Equipos.

<sup>1</sup>MBT

Los mecanismos que dan origen a una falla son fenómenos naturales de deterioro en el funcionamiento de un bien, debido a diferentes procesos físico - químicos.

**Tabla 9**

*Mecanismos de Mantenimiento preventivo*

Mecanismos	Descripción
Procesos físicos de carga mecánica (presiones, impactos, esfuerzo).	El origen de la falla depende de la capacidad del material con el cual está construido el bien.
Procesos físicos de carga térmica.	El origen de la falla depende de la inercia térmica del material con la que sta construido el bien
Procesos físicos/químicos de envejecimiento.	El origen de la falla depende del envejecimiento que acompaña a la actividad normal de funcionamiento de un bien en su vida útil.

Fuente: (PROPYMES, 2013)

## - Disponibilidad

De acuerdo al planteamiento anterior el mantenimiento tiene objetivos fundamentales basados en la disponibilidad de los equipos, en tal sentido el mantenimiento consiste en maximizar la disponibilidad de máquinas y equipos para la producción. Preservar el valor de las instalaciones, minimizando el uso y el deterioro. Conseguir estas es la forma más económica posible y a largo plazo. (Dixon y Raouf, 2013)

Según Jiménez (2013) señala que para aumentar la disponibilidad en una planta se debe de aumentar la confiabilidd, expresada por el TMEF, es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que

<sup>1</sup> MBT: Mean Time Between Failure, tiempo medio transcurrido ente fallas

limita la capacidad de producción. Se define la probabilidad de que una máquina o sistema esté preparada para producción en un periodo de tiempo determinado, o sea que no esté parada por averías o ajustes.

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p}$$

**Donde**

D = disponibilidad

T<sub>o</sub> = tiempo total de operación

T<sub>p</sub> = tiempo total de parada

Los periodos de tiempo nunca incluyen paradas planificadas, ya sea por convenios laborales, por mantenimiento planificado, o por paradas de producción, dado que estas no son debidas al fallo de la máquina. Aunque la anterior es la definición natural de disponibilidad, se suele definir de forma más práctica a través de los tiempos medios entre fallos y de reparación, dado que son los datos que se conocerán para cada sistema.

Así se tiene que;

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$$

**Donde**

D = disponibilidad

TMEF = tiempo medio entre fallas

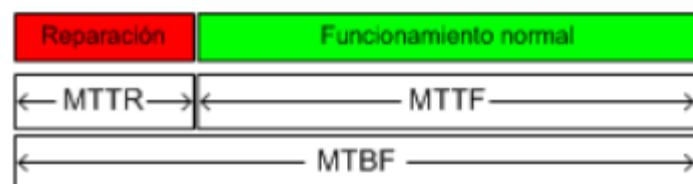
TMDR= tiempo medio de reparación

Según Rodríguez (2013) la disponibilidad para un sistema que brinda servicio a un cliente de forma no continua debe estar en el rango de 95% a 99% (p. 58).

## - **Fiabilidad**

La fiabilidad de un equipo tiene que ver con implementar acciones orientadas a lograr en la medida de lo posible, durante la vida útil del bien, mejoras graduales sobre su diseño. Esto permitirá reducir la frecuencia intrínseca con la que se producen las fallas, actuando sobre la aptitud que el bien tiene para fallar, aumentando el tiempo entre ocurrencias de dos fallas, o sea extender el MTBF, mejorando lo previsto por el diseño original. (PROPYMES, 2013)

Control del proceso de deterioro, consiste en la selección de actividades de mantenimiento planificando la frecuencia más oportuna de intervención. Su objetivo es anticiparse en forma preventiva a la frecuencia intrínseca con la que se producen las fallas a partir de una intervención programada, lo más próxima posible antes de la ocurrencia de la misma. No modifica la frecuencia MTBF.



**Figura 14.** Índice de Fiabilidad del equipo.  
**Fuente:** (Caterpillar, 2013)



**Dónde:**

MTTF: Tiempo medio de funcionamiento hasta la falla.

MTTR: Tiempo medio de reparación.

MTBF: Tiempo medio entre fallas.

MTBM: Tiempo medio entre mantenimiento.

Siendo el TBM, tiempo entre mantenimiento, el que transcurre entre dos mantenimientos sucesivos cualesquiera, sea correctivo por falla o preventivo.

Según Jiménez (2013) señala que la implantación de la fiabilidad suele adolecer de falta de determinación debido a la falta de tiempo. La fiabilidad es la probabilidad de que un determinado equipo o sistema desarrolle su función, bajo unas condiciones específicas, y durante un tiempo determinado. Por tanto, la media de tiempo entre fallos (TMEF) caracteriza la fiabilidad de la máquina.

$$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

**Dónde:**

TMEF: tiempo promedio entre fallas

HROP: horas de operación

NTFALLAS: número de fallas detectadas

## - **Mantenibilidad**

Según Ortiz ( 2013), sostiene que la mantenibilidad se puede definir como la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema pueda ser colocado en condiciones de operación dentro de un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento es ejecutada de acuerdo con procedimientos prescritos. (p. 158)

Según Ortiz (2013), menciona que una posibilidad que se presenta en la relación carga y resistencia, es que estas pueden interferir; esto quiere decir que en algún punto, existe una carga que sea superior a la resistencia. En estas condiciones la falla será inminente Por tanto, la media de tiempos de reparación (TPMR) caracteriza la mantenibilidad del equipo.

$$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$$

### **Donde**

TPMR: tiempos de reparación

TTF: tiempo total de fallas

NTFALLAS: número total de fallas detectadas

### **2.2.3.3 Indicadores de planificación de mantenimiento**

#### - **Indicador de cobertura**

Jiménez (2013) revela que este indicador está basado en el total de máquinas que van a contar con un plan, esta medida es el porcentaje del total de

máquinas que será cubierto en la planificación que esta muestra que tanto cubre el plan, siendo una medida estándar para la planificación. (p. 74)

Este está indicado como:

$$A = \frac{\text{MPM}}{\text{TM}} \times 100 \%$$

**Donde**

A= Porcentaje de máquinas que cuentan con plan de mantenimiento

MPM= Máquinas que cuentan con plan de mantenimiento

TM= Total de máquinas

- **Indicador de conformidad**

El cumplimiento del plan es la medida fundamental de la proactividad. Algunas empresas prefieren el término “éxito de la planificación” para clarificar que el objetivo es medir el control sobre el plan en vez de sobre el personal. Este debe de mostrar todas las divisiones del plan de mantenimiento, de tal manera que el supervisor puede ver fácilmente que actividades del plan se cumplieron y cuales no (Ortiz, 2013)

Los indicadores deben cumplir la siguiente estructura:

$$E = (D/A) \times 100\%$$

**Donde**

E= Porcentaje de cumplimiento de planificación de actividades

D= Actividades realizadas

A= Actividades planificadas

**2.2.3.4 Diagrama Ishikawa**

Los Diagramas Ishikawa o Causa-Efecto ayudan a pensar sobre todas las causas reales y potenciales de un suceso o problema, y no solamente en las más obvias o simples. Además, son idóneos para motivar el análisis y la discusión grupal, de manera que cada equipo de trabajo pueda ampliar su comprensión del problema, visualizar las razones, motivos o factores principales y secundarios, identificar posibles soluciones, tomar decisiones y, organizar planes de acción. (DICAIE, 2014)

El Diagrama Causa-Efecto es llamado usualmente Diagrama de “Ishikawa” porque fue creado por Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas interesado en mejorar el control de la calidad; también es llamado “Diagrama Espina de Pescado” por qué su forma es similar al esqueleto de un pez: Está compuesto por un recuadro (cabeza), una línea principal (columna vertebral), y 4 o más líneas que apuntan a la línea principal formando un ángulo aproximado de 70° (espinas principales). Estas últimas poseen a su vez dos o tres líneas inclinadas (espinas), y así sucesivamente (espinas menores), según sea necesario. (DICAIE, 2014)

## **Medios de análisis del problema**

Observación

Entrevistas

Encuestas

Tormenta de ideas

Medición de resultados

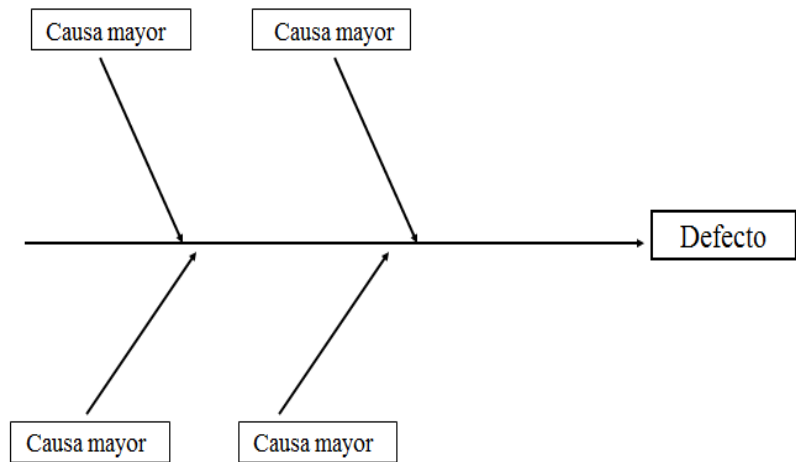
Monitoreo de colas

Etc.

## **Causa y efecto (Ishikawa)**

- Técnica de análisis de causa y efectos para la solución de problemas
- Relaciona un efecto con las posibles causas que lo provocan.
- Simplifica el análisis y mejora la solución de cada problema,
- Ayuda a visualizarlos mejor y a hacerlos más entendibles.
- Agrupa las causas del problema, o situación que se debe analizar.
- Detalla las subcausas que contribuyen a este problema o situación.

Un diagrama de Causa-Efecto sirve para que la gente conozca con profundidad el proceso con que trabaja, visualizando con claridad las relaciones entre los Efectos y sus Causas. Sirve también para guiar las discusiones, al exponer con claridad los orígenes de un problema de calidad. Permite encontrar rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual. (DICAЕ, 2014)



**Figura 15.** Agrupación de causas en el diagrama de Ishikawa  
**Fuente:** (DICAЕ, 2014)

### 2.3. Definición de términos básicos

**Acción Correctiva:** Acción tomada para eliminar las causas de una no conformidad, defecto o cualquier situación indeseable existente, para evitar su repetición. (Gestiopolis, 2013)

**Acción Preventiva:** Acción tomada para eliminar las causas de una no conformidad, defecto o cualquier situación indeseable potencial, con el fin de evitar que se produzca. (Dixon y Raouf, 2013)

**Benchmarks:** Es un estándar de rendimiento de clase mundial relativo a una métrica de rendimiento específica; representa y cuantifica las “mejores prácticas” de una operación o función específica dentro de la operación. (Milano, 2013)

**CAT:** Abreviatura comercial de la compañía CATERPILLAR Co. Que tiene como sede principal Morton, Illinois en Estados Unidos de Norteamérica que se dedica a la fabricación y desarrollo de maquinaria pesada para todo tipo de industria. (Caterpillar, 2013)

**Confiabilidad:** Probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. (García, 2013)

**Costos de Mantenimiento:** Es el precio pagado por concepto de las acciones realizadas para conservar o restaurar un bien o un producto a un estado específico. (Dixon y Raouf, 2013)

**Diagrama de Causa-Efecto:** También se conoce como Diagrama de Espinas de Pescado. Herramienta para analizar la fluctuación de un proceso, desarrollada por Kaoru Ishikawa. El diagrama ilustra las causas y subcausas que afectan a un proceso determinado y que producen un efecto (Síntoma). (DICAЕ, 2014)

**Diagrama de Pareto:** Herramienta gráfica en la cual se representa la frecuencia para un conjunto de causas ordenadas desde la más significativa hasta la menos significativa. (Dixon y Raouf, 2013)

**Dispatch:** Sistema de reportes del estado de todos los equipos de un área de trabajo. (Gestiopolis, 2013)

**Disponibilidad:** Disponibilidad es el porcentaje de tiempo analizado en el cual el equipo está disponible para producir. (Rodríguez, 2010)

**Defecto:** Causa inmediata de una falla: desalineación, mal ajuste, fallas ocultas en sistemas de seguridad, entre otros. (Rodríguez, 2010)

**Falla:** Terminación de la habilidad de un ítem para ejecutar una función requerida. (Dixon y Raouf, 2013)

**Falla Funcional:** incapacidad de un elemento, componente de un equipo, o equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado. (Dixon y Raouf, 2013)

**Falla Potencial:** Condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir un fallo funcional o que está en el proceso de ocurrir. (Dixon & Raouf, 2013)

**FMEA – Failure Mode Effect Analysis (Análisis de Modos de Falla y Efectos):** Metodología para analizar los problemas y fallas potenciales de un activo o proceso, puede aplicarse en cualquier momento en el desarrollo del ciclo de vida de un activo; facilitando el tomar acciones y poder conseguir plantear estrategias para enfrentar los problemas y de esta forma, mejorar su confiabilidad. (García, 2013)

**Frecuencia:** Circunstancia de repetir algo muchas veces o en intervalos de tiempo. (Dixon y Raouf, 2013)

**Horas Total Calendario:** Total del tiempo en el periodo analizado, por ejemplo; 8.760 horas/año, 720 horas/30 días mes, 168 horas/semana, etc. (Gestiopolis, 2013)

**Horas Programadas:** Tiempo en que la máquina está programada para operación. Típicamente determinada por el Departamento de Planificación y Operaciones Mina conjuntamente metas de producción total. (Dixon y Raouf, 2013)

**Horas No Programadas:** Horas fuera del plan, tiempo perdido que resulta de accidentes, huelgas, clima, actos religiosos, y días festivos o vacaciones que son observados, etc. (Dixon y Raouf, 2013)

**Horas Disponibles:** Tiempo en que la máquina está capacitada para funcionar en la operación deseada. Horas Operación: Tiempo en que la máquina está actualmente operando en la función deseada. (Gestiopolis, 2013)



**Horas Stand-by:** Tiempo en que una máquina está disponible para operación pero no es usada, por ejemplo, no está disponible el operador, sobre oferta de camiones, etc. También conocidas como horas línea a mano. (Creus, 2013)

**Lubricación:** Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde se realizan adiciones, cambios, y análisis de lubricantes. (Dixon y Raouf, 2013)

**Mantenimiento:** Es el conjunto de las actividades tendientes a permitir que los medios tecnológicos productivos no sufran paradas que ocasionan pérdidas. (Dixon y Raouf, 2013)

**Mantenimiento Correctivo:** Se conoce como un tipo de tareas reactivas, basadas en reemplazar, realizar intervenciones o reparar un activo (equipos o componentes averiados) cuando deja de cumplir su función. (INGMEC, 2013)

**Mantenimiento Predictivo:** Actividades que tienen como objetivo identificar de forma anticipada las necesidades de mantenimiento. Tareas de seguimiento del estado y desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o análisis por evaluación estadística, que determinen el punto exacto de su sustitución. (INGMEC, 2013)

**Mantenimiento Preventivo:** Mantenimiento que se realiza de forma preestablecida con el objetivo de prevenir la ocurrencia de fallas. (Dixon y Raouf, 2013)

**Modo Falla:** La manera específica de fallar; las circunstancias o secuencias de eventos, que llevan a una falla funcional. Describe de forma general como ocurre y su impacto en la operación del equipo (Dixon & Raouf, 2013)

**Tasa Falla:** El número de fallas de un componente, equipo específico o de un activo completo durante un periodo específico dividido por el número total de todas las fallas durante el periodo, expresado en número de fallas por periodo de tiempo . (INGMEC, 2013)

**Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) – Mean Time To Fail (MTTF):** Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado. (Dixon y Raouf, 2013)

**Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) – Mean Time To Repair (MTTR):** Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir el equipo a condiciones óptimas de operación una vez que el equipo se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. (Dixon y Raouf, 2013)

**Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF) – Mean Time Between Failures (MTBF):** El Tiempo Promedio Entre Fallos indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento “fallo”. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo. (Dixon y Raouf, 2013)

## **CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **3.1. Resultados del trabajo de investigación**

La presente tesis profesional, se ejecutó en el área de descarga de mineral del pad de la Unidad de Producción (U.P) Tantahuatay Cia Minera Coimolache, ubicada en la provincia de Hualgayoc. Desde 05 de junio al 05 de octubre de 2017. Se elaboró con la finalidad de disminuir las horas de parada no programada de los equipos tractor oruga - Caterpillar D6T y D8T, para lo cual se analizó el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga - Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache S.A.

Se revisó el estado de los equipos tractor oruga - Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache S.A y se verificó el mantenimiento de los principales sistemas, como el motor, tren de fuerza, sistema hidráulico, sistema eléctrico, sistema de tren de rodamiento etc., donde se detectó que no se tiene un buen control con relación a los niveles de funcionamiento ni de horas trabajadas de los equipos. Así como también no se realizó una buena planificación de trabajos de reparación.

### 3.2. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

La Empresa Conamultiservis S.R.L., brinda servicios de Réntafer a la Unidad Minera Coimolache S.A. a diferentes áreas de la unidad minera como al área de descarga de mineral del pad en donde se cuenta con 05 equipos tractor oruga de marca Caterpillar Modelo D6T y D8T, los cuales fueron la muestra de estudio del presente trabajo e investigación los mismos que se detallan a continuación:

**Tabla 10**  
*Descripción de la muestra de estudio*

ITM	EQUIPO	MODELO	N° SERIE	NEW CODE	CLIENTE	Horómetro ultimo PM
1	TRACTOR ORUGA	D6T	SMC01544	TO-C1019	C. COIMOLACHE	4353
2	TRACTOR ORUGA	D6T	GCT02506	TO-C1027	C. COIMOLACHE	1493
3	TRACTOR ORUGA	D6T	GCT02009	TO-C1029	C. COIMOLACHE	3747
4	TRACTOR ORUGA	D8T	J8B04993	TO-C1030	C. COIMOLACHE	4515
5	TRACTOR ORUGA	D8T	J8B04797	TO-80061	C. COIMOLACHE	3824

**Fuente:** (Conamultiservis, 2017)

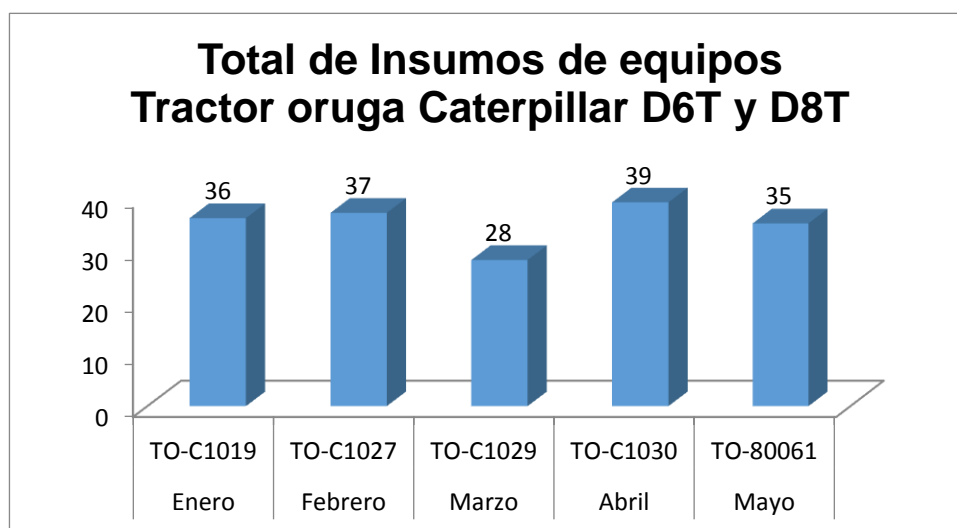
#### a. Requerimiento de insumos de los equipos D6T y D8T

Se revisó los insumos que originaron las fallas durante el proceso productivo que ocasionan las paradas no programadas y que perjudican al nivel de producción programado.

Por lo que, se solicitó información del área de planificación, para esto, donde brindó la información solicitada referida a la data histórica de 5 meses atrás (de enero a mayo de 2017) de la flota de equipos tractor oruga marca Caterpillar D6T y D8T se comparó el total de insumos por mantenimiento programado y solicitado por dos veces al mes al área de mantenimiento como se especifica en la siguiente tabla (Ver Tabla 11):

**Tabla 11***Insumos por mes al Área de Mantenimiento Cia Coimolache*

Insumos solicitados por mes al área de mantenimiento Cia Coimolache					
FECHA	EQUIPO	TIPO DE PM		SHIPPING	Descripción
08/01/2017	TO-C1019	PM2	36	64S008904	Filtro de combustible secundario
19/01/2017	TO-C1019	PM3	23	64S008995	Falta : 4 botellas , 4 etismas y 3 caps
12/02/2017	TO-C1027	PM3	37	64S008743	Seal-o-ring tapon de Transmision
20/02/2017	TO-C1027	PM2	32	64S008796	Falta elemento de retorno
10/03/2017	TO-C1029	PM3	28	64S008815	Cambiar aceites de dirección de motor.
20/03/2017	TO-C1029	PM2	26	64S008876	Falta elemento de retorno
10/04/2017	TO-C1030	PM4	22	64S008926	Falta elemento de retorno
20/04/2017	TO-C1030	PM3	39	64S008945	Eliminar fuga de aceite de motor / Cambio de manguera
09/05/2017	TO-80061	PM3	32	64S008976	Falta elemento de retorno
18/05/2017	TO-80061	PM4	35	64S008995	Revisión del Sistema Eléctrico y Arranque

**Fuente:** (Coimolache, 2017).**Figura 16:** Total de insumos de equipos TO – D6T y D8T**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la Figura 16, del total de insumos solicitados dos veces por mes como se explica detalladamente en los anexos (Ver Anexos 5, 6, 7, 8 y 9) se aprecia que el mayor requerimiento solicitado de insumos se realizó el 20 de abril de 2017 con el equipo TO-C1030 Modelo D8T que se muestra en el shipping 64S008945 con un mantenimiento Programado Tipo PM3 con 39 insumos en abril reportando el formato de eliminar fuga de aceite de motor/Cambio de manguera. Si se analiza los insumos requeridos de los equipos, se aprecia que

solo en el mes de abril se solicitó 22 insumos con el shipping 64S008926 prevaleciendo el Mantenimiento Programado de Tipo PM4 consiguiendo como respuesta falta elemento de retorno. Por ende se aprecia que de todos los insumos solicitados los meses de febrero y abril presentan mayor número de shipping respectivamente así como se infiere que dichos meses son los que presentan mayor precipitación, siendo abril el mes con mayor precipitación del 80% al año según información de la Estación Hualgayoc. (EsIA, 2013)

**b. Determinación de paradas no programadas por fallas de los equipos D6T y D8T**

Se identificó las fallas ocurridas durante el proceso productivo que ocasionaron las paradas no programadas y que perjudicaron al nivel de producción programado. Considerando cuatro etapas a fin de lograr su correcto funcionamiento de cada equipo analizado.

**Etapas 1:** Se investigó si los colaboradores manejan la información de mantenimiento en la empresa, si se les da Charlas a los operarios y mecánicos ver si utilizan la información del fabricante, si conocen el manual de partes de mantenimiento y de operación.

**Etapas 2:** Se inspeccionó la calidad de los repuestos e insumos utilizados para las reparaciones y se solicitó información sobre la experiencia del personal operativo y de mantenimiento.

**Etapas 3:** Se recurrió a la data histórica de 5 meses atrás (de enero a mayo de 2017) de la flota de equipos tractor oruga - Caterpillar D6T y D8T para poder observar las fallas por equipo se analizó primero el total de insumos por mantenimiento programado y solicitado por dos veces al mes al Área de Planeamiento de la Unidad Minera Coimolache como se detalla en la siguiente tabla (Ver Tabla 12):

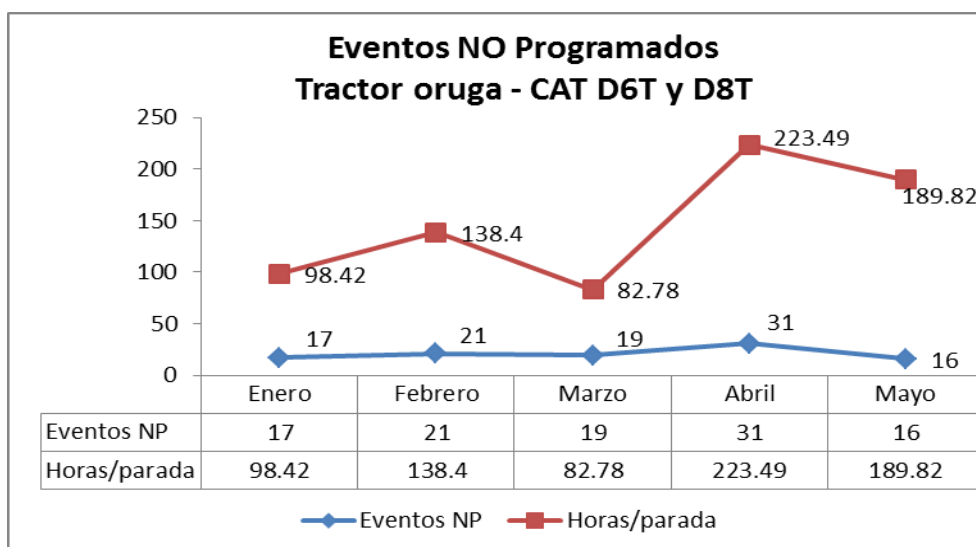
**Tabla 12**

*Trabajos no programados de enero a mayo de 2017.*

Sistema de mantenimiento preventivo (PC)			
EQUIPOS TRACTOR ORUGA - CATERPILLAR D6T Y D8T			
MES	EQUIPO	N° correctivos (Eventos)	Duración de correctivos (Horas)
Enero	TO-C1019	17	93.42
	TO-C1027		
	TO-C1029		
	TO-C1030		
	TO-80061		
Febrero	TO-C1019	31	138.4
	TO-C1027		
	TO-C1029		
	TO-C1030		
	TO-80061		
Marzo	TO-C1019	19	82.78
	TO-C1027		
	TO-C1029		
	TO-C1030		
	TO-80061		
Abril	TO-C1019	21	223.49
	TO-C1027		
	TO-C1029		
	TO-C1030		
	TO-80061		
Mayo	TO-C1019	16	189.82
	TO-C1027		
	TO-C1029		
	TO-C1030		
	TO-80061		
<b>TOTAL</b>		<b>104</b>	<b>727.89</b>

**Fuente:** Área de Planeamiento Cia Coimolache, 2017.

En la Tabla 12, se aprecia los trabajos no programados por mantenimiento preventivo y el tiempo correctivo en horas, durante los meses de enero hasta mayo de 2017.



**Figura 17.** Paradas y horas no programadas -2017.

**Fuente:** Elaboración Propia - 2017.

En la Figura 17, se observa que el mes de abril obtiene el mayor número de eventos correctivos con 31 eventos y 223.49 horas de paradas no programadas de los equipos tractor oruga - Caterpillar D6T y D8T de las cuales el equipo TO-C1030 estuvo en mantenimiento por *dilución de combustible al carter de motor*, desde el 15 de abril ingresando a las 07:00 am, hasta el 20 de abril de 2017 hasta las 14:24 pm horas, acumulando un tiempo de 223.49 horas de parada, seguido del mes de mayo el equipo TO-80061 con 189.82 horas de parada estuvo en mantenimiento por *cambio de cadenas de traslado RH y LH*, desde el 12 de mayo ingresando a las 09:00 am, hasta el 18 de mayo de 2017 hasta las 12:15 pm horas. Así mismo el mes de febrero obtienen el tercer mes con mayor horas de parada con 138.4 horas con el equipo TO-C1027. Lo que infiere que los meses con mayor número de horas de los meses analizados son abril, mayo y febrero.

Por lo que, se concluye el número de eventos correctivos demuestra mayor horas de mantenimiento preventivo, así como también se demuestran la relación que existe con el clima de la zona donde la mayor precipitación es en el mes de abril, alcanzando una temperatura mínima promedio de -10 °C, por ende se afirma que la temperatura influye en el estado de operación del equipo.

**Etapa 4:** Se aplicó el plan de mantenimiento preventivo y se observó los resultados de efectividad en base a la disminución de costos y análisis de disponibilidad de los equipos D6T y D8T.

#### - **Análisis de la disponibilidad de los equipos D6T y D8T**

Para el análisis de la disponibilidad se solicitó información al Área de Planeamiento de la Unidad Minera Coimolache donde la disponibilidad programada según el Benchmark anual proyectado



para el año 2017 es de 90.2% según los mantenimientos programados para el tractor oruga Caterpillar en el año 2017 como lo especifica la data de la Unidad Minera Coimolache.

Se consideró la muestra de estudio con las 24 horas trabajadas al día todos los días del año se obtiene los siguientes resultados de los 5 meses analizados los cuales se compararon con los meses actuales durante el periodo de ejecución del 05 de junio al 05 de octubre de 2017, como se especifica:

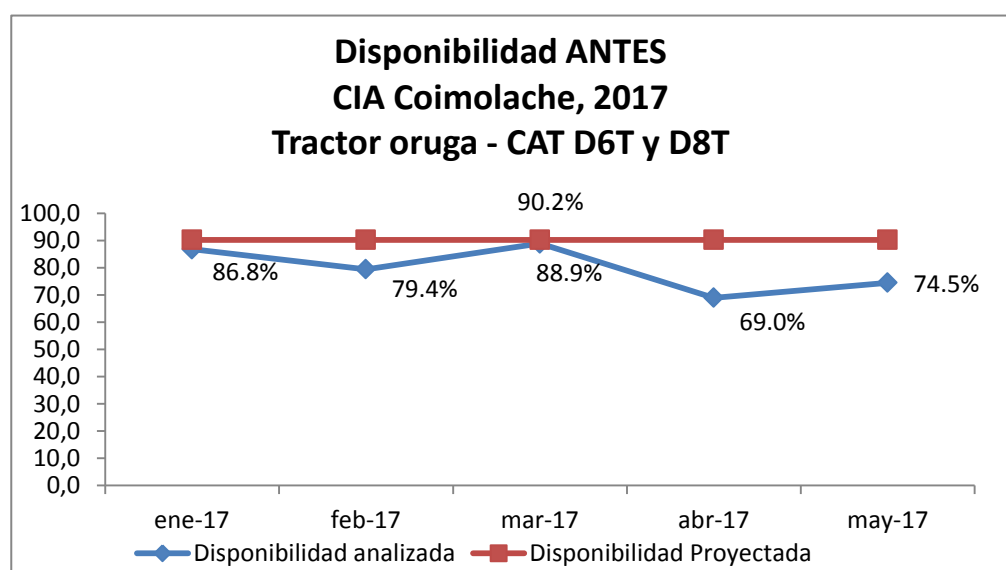
**Tabla 13**

*Disponibilidad ANTES de enero a mayo, 2017.*

Meses	días	horas	Total horas	h/paradas	%/ paradas	% disponibilidad
Enero	31	24	744	98.4	13.23	86.77
Febrero	28	24	672	138.4	20.60	79.40
Marzo	31	24	744	82.78	11.13	88.87
Abril	30	24	720	223.49	31.04	68.96
Mayo	31	24	744	189.82	25.51	74.49
<b>Total</b>				<b>732.89</b>		<b>78.10</b>

**Fuente:** Elaboración Propia, 2017.

Los meses analizados fueron considerados desde enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2017, se consideraron el porcentaje de las paradas no programadas y el porcentaje de la disponibilidad encontrada.



**Figura 18.** Disponibilidad TO D8T y D8T, Antes. 2017.

**Fuente:** Elaboración Propia, 2017.

En la Figura 18, se analizó la disponibilidad de los cinco meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2017, se aprecia que la mayor disponibilidad fue en marzo con 88.9% siendo la diferencia negativa -3.43% y la menor disponibilidad fue en mayo de 74.5% con un diferencia de -15.71% a la disponibilidad proyectada.

Se aprecia que la disponibilidad analizada no supera a lo proyectado, de los resultados obtenidos se concluye que solo dos meses enero y marzo presentan una disponibilidad promedio de 87%, mas no llegan a lo proyectado por la Unidad Minera Coimolache, lo que afecta la productividad de la empresa.

La disponibilidad se vio afectada por fallas en los equipos, lo que afecta la planificacion de los programas de mantenimiento de acuerdo a su prioridad. Estos indicadores de fallas señalan que los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T no superan el 90% en su rendimiento por lo que se buscó optimizar con la implementacion de un plan de mantenimiento debido a que influyen directamente con la economia de la empresa.

### **3.3. Implementación de mantenimiento preventivo**

Para determinar cuáles son las causas de las deficiencias en el mantenimiento preventivo en la Unidad Minera Coimolache de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T se determinó en primera instancia las Fallas Funcionales y Técnicas de los 05 equipos en estudio desde el 05 de junio al 05 de octubre de 2017, para ostentar las causas al diagrama de Ishikawa, como se especifica en la siguiente tabla:

## Determinación de Fallas Funcionales y Técnicas

*Determinación de Fallas Funcionales y Técnicas.*

### Fallas Funcionales y Técnicas

Falta de conocimiento del equipo por parte del operador.  
Falta de familiarización con el equipo por parte del operador.  
Mal uso del equipo por parte del supervisor de campo.  
Condiciones de frentes de trabajo en mal estado.  
Falta de cobertura en la comunicación móvil.  
Falta de inspección por parte de los mecánicos.  
Mejorar el soporte técnico calificado y no calificado.  
Falta aplicación de controles para mantenimientos.  
Falta de un stock mínimo de repuestos.  
Falta de repuestos críticos.  
Falta de programas mensuales, anuales de mantenimientos.  
Falta de evaluación del análisis de Aceite.  
Falta de estudio de vida útil de componentes de los sistemas  
Controlar y disminuir los tiempos de mantenimientos programados.  
Controlar y disminuir los tiempos de reparación entre fallas de  
Emergencia.

Se realizó una reunión con el jefe de taller, operarios y colaboradores, se dio a conocer las fallas funcionales y técnicas (Ver Tabla 14) las cuales se consideraron mediante una lluvia de ideas se nombraron las posibles causas que afectó la baja disponibilidad de los equipo en estudio, luego se clasificó y se agregó en un diagrama de Ishikawa, como se especifica.

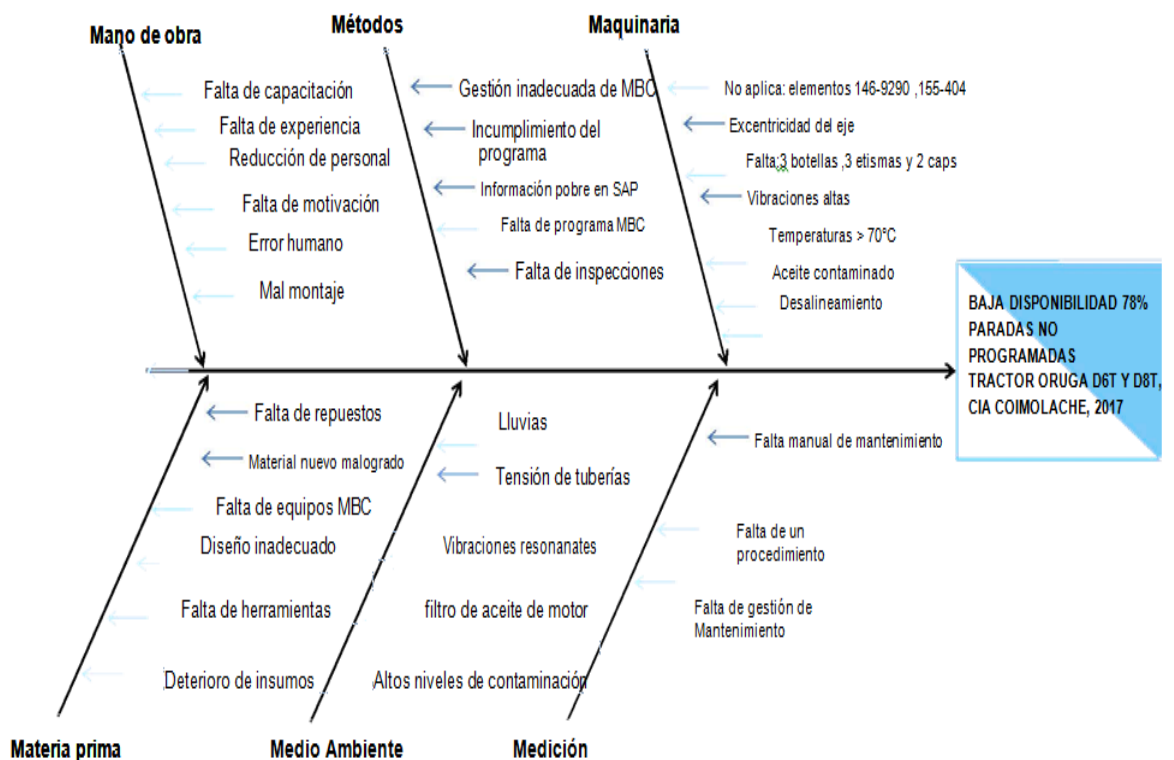
### a. Diagrama de Ishikawa Actual:

Se utilizó para encontrar el origen de las fallas y prevenir peligros en el área de mantenimiento y se ordenó considerando las 6M<sup>2</sup> (maquinaria, mano de obra, medio ambiente, métodos, materia prima y medición).

En dicho diagrama se consideró la disponibilidad de los equipos encontrada de los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo que alcanza a 78% (Ver Figura 19) esta situación pone en riesgo al área de mantenimiento por lo que había una necesidad urgente de implementar mejoras en el proceso de mantenimiento preventivo. Por lo que a

<sup>2</sup> **Método 6M o Análisis de Dispersión:** Este método de construcción más habitual que consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales como lo es, métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen de manera global de todo proceso y cada uno aporta una parte fundamental para la variabilidad y calidad.

través de capacitaciones y consultas con los directivos de la empresa se decidió implementar el mantenimiento preventivo, como un programa piloto en los tractores Caterpillar D8T que operan en la área de descarga de mineral del pad de la Unidad de Producción (U.P) Tantahuatay Cia Minera Coimolache para el año 2017 para lo cual se elaboró el siguiente diagrama:



**Figura 19:** Diagrama de Ishikawa Antes de PM.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## b. Proceso de implementación de mantenimiento preventivo

Con la implementación del mantenimiento preventivo se redujo las paradas no programadas por averías, al tener inspecciones y planificar cambios de los 05 equipos de tractor oruga Caterpillar D6T y D8T se logró un mejor conocimiento de los equipos y se detectaron futuros fallos que se puedan presentar con el tiempo.

Según Padero (2014), añade que la aplicación de la planificación del mantenimiento aumenta la productividad en un máximo del 25%, alarga el ciclo de vida de las máquinas en un 50% y reduce los costes ocasionados por el mantenimiento en un 30% (p. 80).

Los equipos llegan al taller de mantenimiento de la Unidad Minera Coimolache cada 250 horas para el cambio de aceite de motor los mismo que operan en promedio 22 horas diarias, es decir que en promedio estos equipos están cada 12 días en el taller, y se tardan alrededor de 20 minutos en terminar el proceso de mantenimiento preventivo solo para obtener la orden y los repuestos, el proceso inicia desde que el chofer se acerca a la oficina, termina cuando recibe los repuestos y se dirige al taller autorizado.

Por lo tanto, esta información nos sirve para mitigar los Modos de Fallas más frecuentes identificados en la Ficha técnica de reporte y de esta forma mejorar la confiabilidad y disponibilidad encontrados en el análisis de datos (Ver Figuras 17 y 18).

Se verificó las listas de chequeo (Checklist) del PM y se comprobó que había dificultades debido a que eran difíciles de ejecutar por tener diversos requerimientos, además no se enfocaban en identificar las causas de fallas más comunes. Por lo que, se realizó un resumen de las tareas de mantenimiento preventivo (PM), teniendo en cuenta los cambios de aceite, filtros y toma de muestras como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 15**

*Tareas de Mantenimiento Preventivo por Equipos*

	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Tareas de mantenimiento preventivo</b>	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
<b>Tareas de Mantenimiento Preventivo Tractor Oruga D6T y D8T Cia Coimolache, 2017</b>								
Cambio de aceite de Motor	c, m	c,m	c,m	c,m	c,m	c,m	c,m	c,m
Cambio de aceite Hidráulico	m	m	m	m	m	m	m	c,m
Cambio de aceite de Transmisión y Convertidor	m	m	m	c,m	m	m	m	c,m
Aceite Bastidores	n	n	n	n	n	n	n	n
Aceite de Barra Ecuilizador	n	n	n	n	n	n	n	n
Aceite Eje Pivote	n	n	n	n	n	n	n	n
Aumento excesivo de viscosidad del aceite	n	n	n	n	n	n	n	
Filtro de Combustible	f	f	f	f	f	f	f	f
Filtro de Aire Primario	f	f	f	f	f	f	f	f
Filtro de Aire Secundario	f		f		f		f	
Elemento Filtrante de la Transmisión	m	m	m	m	m	m	m	c,m
Elemento Filtrante del Convertidor	m	m	m	c,m	m	m	m	c,m
Elemento Filtrante del Tanque Hidráulico	m	m	m	m	m	m	m	c,m
Temperatura del motor demasiado baja	m	m	m	c,m	m	m	m	c,m
Cambio de tanque de combustible.	n	n	n	n	n	n	n	n
Evaluar transmisión (Neutralizado)	n	n	n	n	n	n	n	n
Rotura de pernos de unión de cadena de traslación LH.	n	n	n	n	n	n	n	
Cambio de compresor de aire acondicionado	n	n	n	n	n	n	n	n
Cambio de arrancador.	n	n	n	n	n	n	n	n
Instalación de faros o cambio de foco H3	n	n	n	n	n	n	n	n
Evaluar pérdida de potencia.	n	n	n	n	n	n	n	n
Reparación de caneria hidráulica de cilindro de levante	n	n	n	n	n	n	n	n
Evaluación de alerta de la dirección	n	n	n	n	n	n	n	
Alerta activa de bloqueo del sistema de dirección (código de falla del 3er. nivel) / Solo de reseteo / En espera de repuesto	n	n	n	n	n	n	n	
Reparación Harness Eléctrico - Motor Diesel / Inyectores #02 y #04.	f	f	f	f	f	f	f	f
Evaluación del sistema eléctrico.	m	m	m	m	m	m	m	c,m
Evaluar alerta del sistema de dirección	m	m	m	c,m	m	m	m	c,m
Cambio de manguera de cilindro de inclinación.	f	f	f	f	f	f	f	f
Evaluar código de falla activo.	f	f	f	f	f	f	f	f
Eliminar fuga de aceite de Transmisión.	m	m	m	m	m	m	m	c,m
Evaluación de Falla en Control "Joystick" de Bulldozer	m	m	m	c,m	m	m	m	c,m
Cambio de arrancador	m	m	m	m	m	m	m	c,m
Cambio de Cadenas y zapatas	m	m	m	c,m	m	m	m	c,m
Cambio de manguera hidráulico de cilindro de levante de Bulldozer.	m	m	m	m	m	m	m	c,m
Evaluación del sistema hidráulico de levante de Bulldozer / Configuración	m	m	m	c,m	m	m	m	c,m
Evaluar código de falla de dirección	f	f	f	f	f	f	f	f
Eliminar fuga de combustible por tanque	m	m	m	m	m	m	m	c,m
Cambio de manguera hidráulica por fuga de aceite	m	m	m	c,m	m	m	m	c,m
Reparación de joystick.	m	m	m	c,m	m	m	m	c,m

**c. cambiar aceite. m, tomar muestra. n, revisar nivel. t, revisar tapón. f, cambiar - revisar filtro**

**Fuente:** Hoja de Análisis de PMI. Cia Coimolache, 2017.

### c. Número de fallas significativas de Tractor Oruga D6Ty D8T

Así mismo se identificó el total de fallas por equipo tractor oruga D6T y D8T como se aprecia en la siguiente tabla (Ver Tabla 16)

**Tabla 16**

*Número de Fallas significativas*

Fallas significativas Tractor Oruga Modelo CAT D6T y D8T			
Cód. Interno	Descripción de fallas significativas	Horas acumuladas	Nº fallos
TO-C1019	Cambio de pernos y tuercas de zapatas	5.2	7
TO-C1027	Dilución de combustible al carter de motor. 220 1	8.9	1
TO-C1029	Cambio de cadenas RH y LH y ruedas guías 106.92 1	2.5	1
TO-C1029	Cambio de manguera hidráulica de cilindro de inclinación por fuga 288.93 38	2	1
TO-C1019	Reparación de bancada de rueda guía	4.2	1
TO-C1027	Cambio de pernos de regulador de cadena de traslación.	2.4	1
TO-C1029	Instalación de faros o cambio de foco H3	8	1
TO-C1019	Cambio de tapa lateral de bastidor lado LH	4	1
TO-C1027	Evaluación de advertencia de motor.	1.5	1
TO-C1029	Acondicionamiento de Soporte de Extintor	1.5	1
TO-C1019	Cambio de dos cilindros de levante	2	1
TO-C1027	Cambiar faja de alternador	1.5	1
TO-C1029	Evaluar pérdida de potencia.	4.42	1
TO-C1027	Cambio de pernos de trunnion del Bulldozer / Rotoa	1.5	1
TO-C1019	Eliminar fuga de aceite de motor	2.15	1
TO-C1027	Extarar piedra de bastidor LH:	4.12	1
TO-C1029	Extraer piedra del bastidor LH.	4	1
TO-C1030	Evaluar Transmision (Neutralizado)	3.57	1
TO-80061	Rótura de pernos de unión de cadena de traslación LH.	1	1
TO-C1030	Cambio de compresor de aire acondicionado	3.4	1
TO-80061	Cambio de arrancador.	3.03	1
TO-C1030	Instalación de faros o cambio de foco H3	3	1
TO-80061	Evaluar pérdida de potencia.	3	1
TO-C1030	Reparación de caneria hidráulica de cilindro de levante	2.83	1
TO-80061	Evaluación de alerta de bloqueo de la dirección	2.83	1
TO-C1030	Alerta activa de bloqueo del sistema de dirección	2.5	1
TO-80061	reseteo / En espera de repuesto	2.42	1
TO-C1030	Reparación Harness Eléctrico - Motor Diesel / Inyectores	2.42	1
TO-80061	Evaluación del sistema eléctrico.	3	1
TO-C1030	Evaluar alerta del sistema de dirección	2.17	1
TO-80061	Reparación del Harness Eléctrico - Motor Diesel	2.17	1
TO-C1030	Cambio de manguera de cilindro de inclinación.	2	1
TO-80061	Evaluar Código de falla activo.	2	1
TO-C1030	Eliminar fuga de aceite de Transmision.	2	1
TO-80061	Evaluación de Falla en Control "Joystick" de Bulldozer	1.83	1
TO-C1030	Cambio de arrancador	1.75	1
TO-80061	Cambio de Cadenas y zapatas	1.67	1
TO-C1030	Cambio de manguera hidráulico de cilindro de levante.	1.58	1
TO-80061	Evaluación del sistema hidráulico de levante de Bulldozer / Configuración	1.57	1
TO-C1030	Evaluar Código de falla de dirección	1.53	1
TO-80061	Eliminar fuga de combustible por tanque	1.5	1
TO-C1030	Reparación de joystick.	1.5	1
TO-80061	Evaluación del sistema hidráulico de levante de Bulldozer	1.5	1
<b>Total</b>		<b>121.49</b>	<b>50</b>

Fuente: Hoja de Análisis de PMI. Cia Coimolache, 2017.

De todas las fallas significativas encontradas en la Tabla 16 de los 05 Tractores Caterpillar D6T y D8T, se seleccionó las más frecuentes conjuntamente con el supervisor, el operador del equipo y

el grupo de mantenimiento las cuales conllevan a la falla funcional general, se adjunta el reporte de fallas significativas por mes durante el periodo de investigación (Ver Anexos 11, 12, 13, y 14).

**Tabla 17**  
*Selección de fallas significativas*

Cód. Func.	Función	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla
1	Empujar y Esparcir el Material Estéril Descargado por los Camiones 793 en el Botadero a razón de 1150 y 1250 tn/h con una disponibilidad mínima mensual del 90.2%	No puede Empujar ni Esparcir el Material Estéril o hacerlo, por debajo de las 1150,tn/h y la Disponibilidad del equipo cae, por debajo del 90.2%.	1020	Falla en el Motor
			1345	Falla en el Radiador
			1500	Falla en el Sistema Eléctrico
			3024	Falla en la Transmisión
			3210	Falla en el Convertidor de Torque
			2358	Falla en el Diferencial (Bevel Gear)
			3025	Falla en Mando Final
			2516	Falla en el Rodaje
			3658	Falla en el Sistema de Frenos
			5278	Falla en el Sistema de Dirección
			2324	Falla en el Sistema Hidráulico
			4520	Falla en Cilindros / Hidráulica Cylinders
			6587	Falla en Hoja Topadora
			6584	Falla en el GET Herramienta de Corte
			4589	Falla en el Chasis / Frame
			4521	PM - Mantenimiento Preventivo
			7569	Falla en el Sistema de Engrase
7549	PCR - Reemplazo de componentes			
4562	Falla en el sistema de vibración			
2	Brindar comodidad al operador para que este opere el equipo sin riesgos contra su salud	La cabina no brinda comodidad ni seguridad al operador	7300	Falla en Cabina del Operador
			7320	Falla en Aire Acondicionado
			7401	Falla en el Sistema Supresor de Incendio / FSS

**Fuente:** Hoja de análisis de T.O. CAT- D6T y D8T.

La información del área de mantenimiento de los 05 tractores oruga Caterpillar D6T y D8T después de haber analizado los 05 meses anteriores se procedió a analizar los meses del periodo de investigación desde enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2017, se determinaron cuáles fueron los modos de fallas que se presentan con más frecuencia y por lo tanto afectan la confiabilidad y el tiempo medio entre fallas (MTBF) de los equipos.



**Tabla 18**

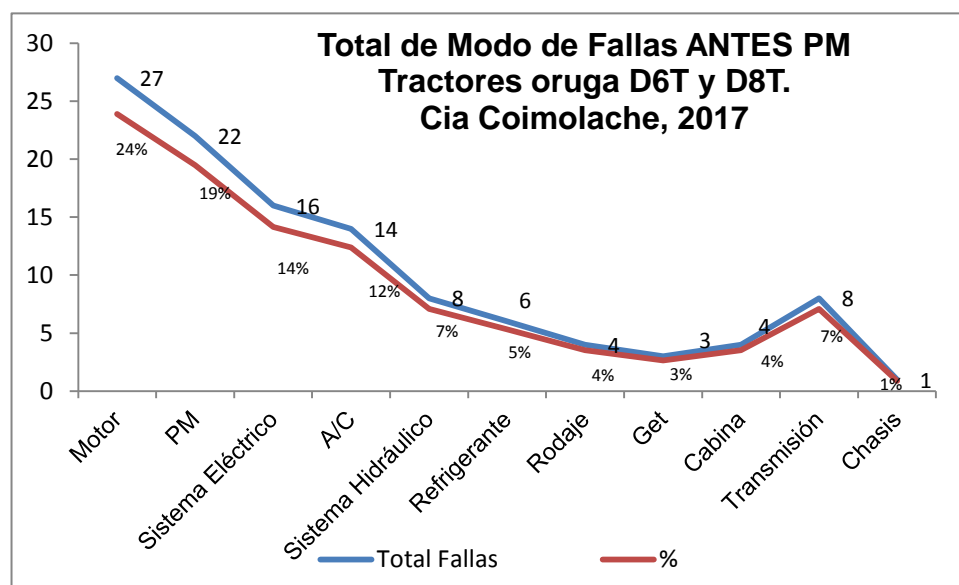
*Estadísticas de Modos de Falla ANTES PM*

**Modos de Falla en los Tractores Oruga D6T y D8T**

Código	Modo de Falla	Total Fallas	%
1010	Motor	27	24
7500	PM	22	19
1459	Sistema Eléctrico	16	14
7322	A/C	4	4
5789	Sistema Hidráulico	8	7
1896	Refrigerante	6	5
4536	Rodaje	14	12
6987	Get	3	3
7354	Cabina	4	4
2354	Transmisión	8	7
8759	Chasis	1	1
TOTAL		113	100

**Fuente:** Hoja de análisis de T.O. CAT- D6T y D8T

En la Tabla 18, de Modos de Falla de los Tractores Oruga Caterpillar D6T y D8T se encontró 113 fallas que se presentaron en los 05 tractores de la Unidad Minera Coimolache.



**Figura 20.** Total de Modo de Fallas TO CAT- D6T y D8T.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la Figura 20, de total de Modo de Fallas de Tractores oruga Caterpillar D6T y D8T. Cia Coimolache, 2017 se aprecia que 27 fueron fallas de motor las cuales representan el 24% del total de fallas 22 fallas fueron por enviar el equipo a PM, se manifiesta que estas paradas son obligatorias que debe hacer el equipo para mantenimiento, 16 fueron fallas por Sistema Eléctrico de los Tractores oruga Caterpillar D6T y D8T que representan el 14.1% del

total de las fallas, estos tres sistemas representan el 57% del total de las fallas, por lo tanto si se orienta la estrategia de mantenimiento a reducir las fallas en estos tres sistemas se incrementaría considerablemente la confiabilidad de estos equipos. Siguiendo el orden de prioridad los sistemas a analizar sería el sistema de aire acondicionado con un 12% del total de las fallas y el sistema hidráulico y el sistema de transmisión con el 8% del total de fallas.

Por lo que, se infiere que el mayor modo de fallas de los Tractores oruga Caterpillar D6T y D8T de la Unidad Minera Coimolache analizados para determinar cuáles eran las causas reales de la falla incurrir en el motor, por lo que las fallas pueden ser por diferentes motivos, al revisar el motor de los equipos TO-C1027 y TO-80061.

De lo analizado en la Figura 20 del Total de Modo de Fallas de los Tractores oruga D6T y D8T se analizaron el porqué de las causas que originan los modos de falla de cada sistema en estudio:

- **Modos de Falla de Motor**

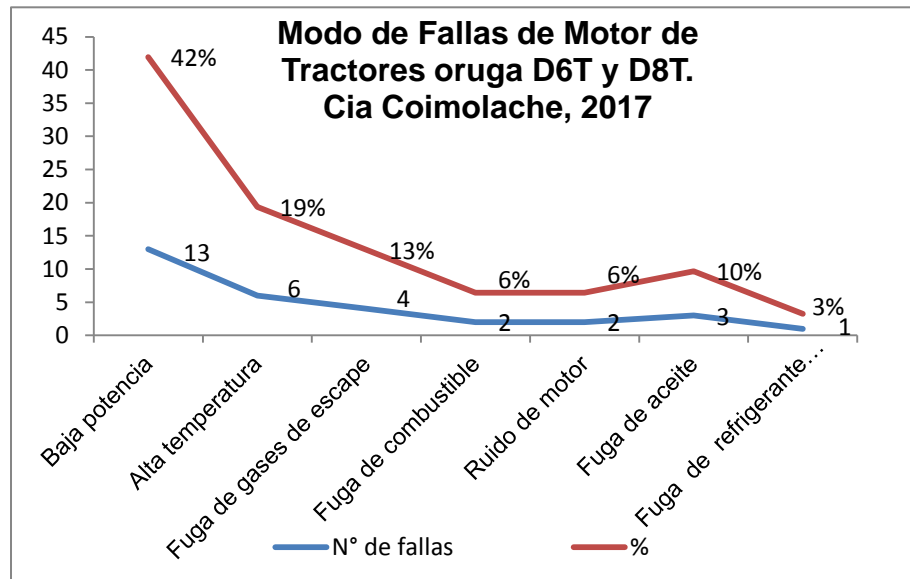
**Tabla 19**

*Modos de Falla en Motor*

<b>Modos de Falla de Motor</b>	<b>N° de fallas</b>	<b>%</b>
Baja potencia	13	42
Alta temperatura	6	19
Fuga de gases de escape	4	13
Fuga de combustible	2	6
Ruido de motor	2	6
Fuga de aceite	3	10
Fuga de refrigerante por bomba	1	3
Total	31	100
<b>Promedio de fallas</b>	<b>4.42</b>	

**Fuente:** Hoja de análisis de T.O. CAT- D6T y D8T

En la Tabla 19 de Modos de Falla en Motor de Tractor oruga Caterpillar de modelo D6T y D8T, se encontraron 31 fallas como se detallan a continuación:



**Figura 21:** Modo de Fallas en Motor de TO CAT- D6T y D8T.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la Figura 21 de Modo de Fallas de Motor de Tractores oruga D6T y D8T. Se aprecia que la más frecuente de las fallas por motor es baja potencia con 42%, seguida por problemas de alta temperatura con 19%, fuga de aceite con 10% y fuga de combustible así como ruido de motor con 5%.

#### - Modos de Falla en sistema eléctrico

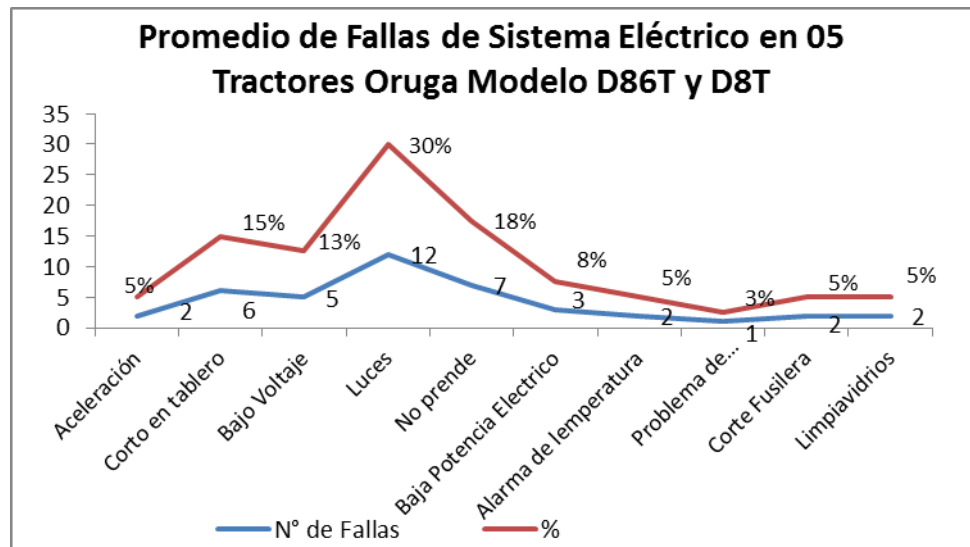
**Tabla 20**

*Modos de Falla Sistema eléctrico*

Sistema eléctrico	N° de Fallas	%
Aceleración	2	5
Corto en tablero	6	15
Bajo Voltaje	5	13
Luces	12	30
No prende	7	18
Baja Potencia Eléctrico	3	8
Alarma de temperatura	2	5
Problema de inclinación/Ames	1	3
Corte Fusilera	2	5
Limpiavidrios	2	5
Total	40	100
<b>Promedio de fallas</b>	<b>4.2</b>	

**Fuente:** Hoja de análisis de T.O. CAT- D6T y D8T.

En la Tabla 19 de Modos de Falla en Sistema eléctrico de Tractor oruga Caterpillar de modelo D6T y D8T, se encontraron 47 fallas de las cuales las más destacadas de los 05 equipos se detallan a continuación:



**Figura 22:** Modo de Fallas en sistema eléctrico. TO CAT- D6T y D8T.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la Figura 22 de Modo de Fallas de Motor de sistema eléctrico de Tractores oruga D6T y D8T. Se aprecia que la más frecuente de las fallas por sistema eléctrico es el sistema de luces con el 30% de las fallas, seguido por problemas de encendido con el 18% así como por corto tablero con el 15%.

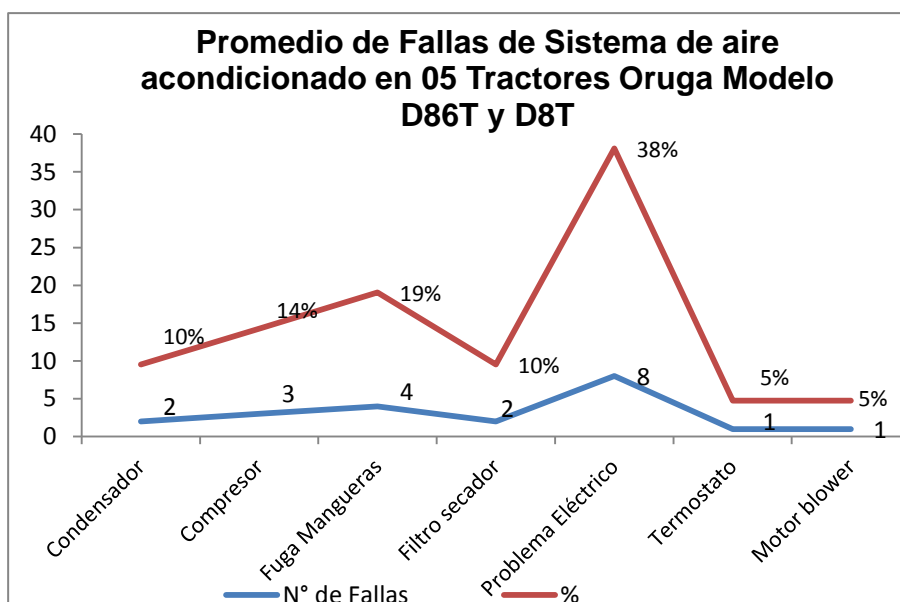
- **Modos de Falla de Aire acondicionado(A/C)**

**Tabla 21**  
*Modos de Falla aire acondicionado*

Aire acondicionado	N° de Fallas	%
Condensador	2	10
Compresor	3	14
Fuga Mangueras	4	19
Filtro secador	2	10
Problema Eléctrico	8	38
Termostato	1	5
Motor blower	1	5
	21	100

**Fuente:** Hoja de análisis de T.O. CAT- D6T y D8T

En la Tabla 21 de Modos de Falla en Aire acondicionado (A/C) de Tractor oruga Caterpillar de modelo D6T y D8T, se encontraron 21 fallas de las cuales las más destacadas de los 05 equipos se detallan a continuación:



**Figura 23:** Modo de Fallas - aire acondicionado. TO CAT - D6T y D8T.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la Figura 23 de Modo de Fallas de Motor de A/C de Tractores oruga D6T y D8T. Se aprecia que la más frecuente de las fallas por A/C con el 38% de fallas, seguido de fuga de mangueras con el 19% de fallas (las fallas en el sistema hidráulico son causadas principalmente por fugas en las mangueras 70.4% de las falla y fugas hidráulicas por cilindros).

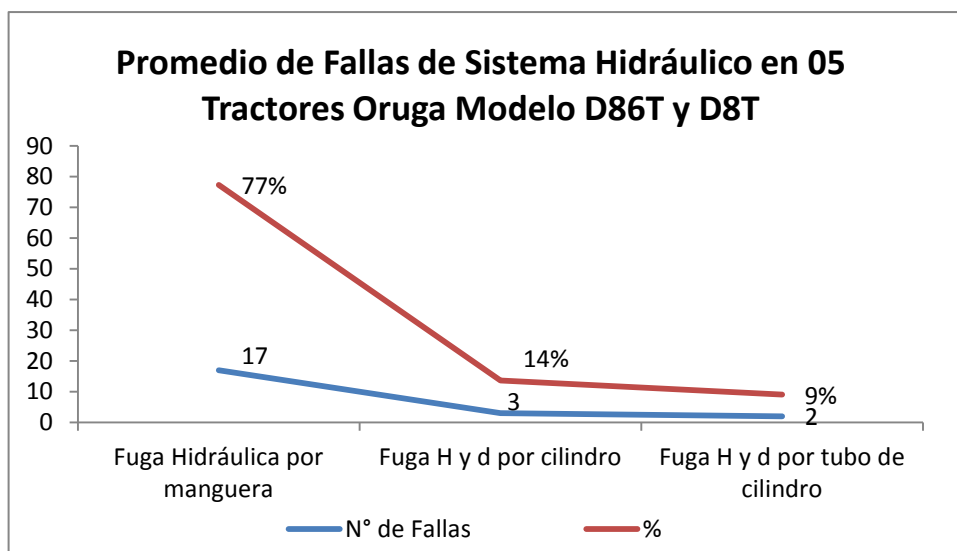
- **Modos de Falla en el sistema hidráulico**

**Tabla 22**  
*Modos de Falla Sistema Hidráulico*

Sistema Hidráulico	N° de Fallas	%
Fuga Hidráulica por manguera	17	77
Fuga H y d por cilindro	3	4
Fuga H y d por tubo de cilindro	2	9
	22	100

**Fuente:** Hoja de análisis de T.O. CAT- D6T y D8T

En la Tabla 22 de Modos de Falla del sistema hidráulico de Tractor oruga Caterpillar de modelo D6T y D8T, se encontraron 22 fallas de las cuales las más destacadas de los 05 equipos se detallan a continuación:



**Figura 24:** Modo de Fallas – sistema hidráulico. TO CAT- D6T y D8T.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la Figura 24 de Modo de Fallas del sistema hidráulico de Tractores oruga D6T y D8T. Se aprecia que la más frecuente de las fallas por sistema hidráulico es por fuga hidráulica por manguera con el 77% de fallas encontradas y por fuga hidráulica por cilindro con el 14% en 3 fallas, seguido de fuga hidráulica y fuga por tubo de cilindro con el 9% de fallas en 2 fallas.

#### d. Análisis de Modos y efectos de fallas (FMEA)

Se analizó los Modos y Efectos de Fallas (FMEA) para la optimización del mantenimiento preventivo. El FMEA es un método sistemático que permite identificar las fallas antes que estos ocurran y puedan afectar a los equipos del área de descarga de mineral del pad de la Unidad de Producción (U.P) Tantahuatay Cia Minera Coimolache, el FMEA, obtendrá la información necesaria para poder prevenir las

consecuencias o efectos de las posibles fallas, a partir de la selección adecuada de actividades de mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias.

Los modos de fallas analizados en la Tabla 18 son generales, para poder definir claramente la causa de la falla, en donde se determinó tareas adecuadas de mantenimiento a cada Análisis de Modos de fallas así como también los Efectos de falla con un nivel de ocurrencia en cada actividad de mantenimiento con una frecuencia de aplicación mensual por cada mantenimiento preventivo realice.

Este trabajo se realizó en conjunto con los Supervisores, Operarios y Técnicos de PM, así mismo se consideró el análisis realizado en el Diagrama de Ishikawa que identifica los sistemas a mejorar.

Se identificó de forma correcta, con el apoyo del grupo de trabajo los modos de fallas (Ver Tabla 19, 20, 21 y 22) que fue el factor básico para la selección adecuada de las actividades de mantenimiento preventivo a realizar para evitar la ocurrencia de cada modo de falla y disminuir sus posibles efectos. Para reducir las posibles consecuencias a la seguridad humana, al ambiente y a las operaciones.

Por lo que, se analizó el total de Modos de fallas de los equipos tractores oruga D6T y D8T de la Unidad Minera Coimolache, donde de sus 12 modos de falla encontrados como: Motor, PM, Sistema Eléctrico, A/C, Sistema Hidráulico, Refrigerante, Rodaje, Get, Cabina, Transmisión y Chasis, se analizó los modos más destacados como Motor, PM, Sistema Eléctrico, A/C, y Sistema Hidráulico en Nivel durante el periodo de estudio, como se detallan a continuación:

**Tabla 23**

**Análisis de Modos y efectos de Fallas (FMEA) del Motor**

Análisis de Modos y Efectos de Falla - FMEA		Fecha de Inicio:	05/07/2017				
		Fecha de culminación:	05/07/2017				
		N° de Reuniones:	05				
Modo/ Falla	Cod.	Modo de Falla NIVEL II	Efectos de Falla	Nivel de ocurrencia (NO)	Actividad de mantenimiento	Frecuencia/ aplicación	Personal
NIVEL I	MF II						
<b>Fallas de Motor</b>	W756074-1778	Baja Potencia por Filtros de Aire Obstruidos	-Las Velocidad del motor calado está por debajo de 1500 rpm,	1	No realiza PM	Cada 04 meses	Operador
	W290479-1775	Baja Potencia por Falla Mecánica en Inyector	El operador para el equipo	1	Tarea a condición		Inspector
	W293110-1708	Baja Potencia por Tanque de Combustible sucio	El operador para el equipo	2	No realiza PM	Cada 01mes	Mecánico
	W288076-1789	Baja Potencia/Turbo cargador con desgaste fallado.	El operador para el equipo	1	Reacondiciona miento	Cada 04 meses	Operador
	W290810-1754	Baja Potencia por Fuga de Gases de escape	El operador para el equipo.	2	No realiza mantenimiento programado	Cada 01mes	Operador
	W295867-1725	Alta temperatura por El Impeler de la Bomba de Agua no gira.	El operador para el equipo.	1	No realiza mantenimiento programado	Cada 04 meses	Operador
	W290479-1765	Alta temperatura por Radiador obstruido exter		1	Tarea a condición	Cada 04 meses	Operador
	W293110-1714	Alta temperatura por Radiador obstruido inter	La temperatura del motor sube por encima de 110 °C,	2	No realiza PM	Cada 01mes	Operador
	W286076-1736	Alta temperatura por Filtros de Aire obstruidos	aparece la alarma de alta temperatura de motor en el tablero y el operador para el equipo.	1	Tarea a condición	Cada 01mes	Operador
	W290810-1769	Alta temperatura por Posenfriador		2	No realiza PM	Cada 04 meses	Operador
	W295867-1758	Alta temperatura por Compresión al radiador.		1	No realiza PM	Cada 01mes	Operador
	W295867-1759	Alta temperatura Aire (Sistema enfriamiento		1	Tarea a condición	Cada 01mes	Operador
	W295867-1778	Baja Presión de Aceite de Motor por Obstrucción Interna en conductos de lubricación.	La presión de aceite cae por debajo de 20 psi, aparece en el tablero y el operador para el equipo.	2	Tarea a condición	Cada 04 meses	Mecánico
	W290479-1758	Fuga de Combustible por líneas de combustible.	Las Velocidad del motor calado están por debajo de 1500 rpm, el operador para el equipo.	2	Tarea a condición	Cada 01mes	Mecánico
	W290479-1745						
	W293110-1759	Análisis de Aceite Crítico de Motor SOS por Silicio.	Mantenimiento recibe los reportes de análisis de aceite y dependiendo de la criticidad solicita parar el equipo y llevarlo al taller para evaluación.	1	No realiza PM	Cada 04 meses	Operador
	W286076-1774						
	W290810-1734	Análisis de Aceite Crítico de Motor SOS por Agua.		2	Tarea a condición		Operador
	W295867-1753	Análisis de Aceite Crítico de Motor por Hierro/Aluminio		1	Tarea a condición	Cada 04 meses	Operador
	W290479-1711	Motor no gira por Problemas Mecánicos		1	No realiza PM	Cada 04 meses	Mecánico
	W293110-1723	Cigüeñal pegado por falta de lubricación	El Motor no trabaja correctamente, el operador para el equipo.	2	No realiza PM	Cada 04 meses	Mecánico
	W393110-1720	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Mecánicos Tanque sucio		1	No realiza PM	Cada 01mes	Mecánico
		Motor Gira pero no Arranca por Problemas Mecánicos Bajo Nivel de Combustible.					
	Ruido en el Motor / Falla Interna de engranaje	El Motor presenta falla interna, se debe traer el equipo. El operador para el equipo.	1	Tarea a condición	Cada 04 meses	Operador	

Fuente: Hoja de análisis de T.O. CAT- D6T y D8T.



**Tabla 24**

**Análisis de Modos y efectos de Fallas (FMEA) Sistema Eléctrico.**

Análisis de Modos y Efectos de Falla - FMEA		Cia Coimolache		Fecha de Inicio:	05/07/2017		
				Fecha de culminación:	05/07/2017		
				N° de Reuniones:	05		
Modo de Falla	Cod.	Modo de Falla NIVEL II	Efectos de falla	Nivel de ocurrencia (NO)	Actividad de mantenimiento	Frecuencia de aplicación	Personal
NIVEL I	MF II						
	W756074-1778	Bajo Voltaje de la Batería en más de 32 voltios DC.	Aparece alarma de alto voltaje en el tablero.	1	No realiza PM	Cada 01 mes	Operador
	W295767-1745	Alternador no regula	El operador para el equipo.		Tarea a condición	Cada 01mes	electricista
	W290479-1775	Alto Voltaje de Las Baterías es menor que 9 Voltios DC/ Alternador no carga / Baterías no cargan	Aparece alarma de bajo voltaje en el tablero.	2	Tarea a condición		Inspector
	W293110-17082		El operador para el equipo.		No realiza PM	Cada 01mes	Mecánico
	W290810-1754	Baja Potencia por Problemas Eléctricos Switch de aceleración no funciona.	El operador para el equipo.	1	No realiza mantenimiento programado	Cada 01mes	
	W293110-1714	Motor no gira por problemas Eléctricos		1	No realiza PM	Cada 01mes	Operador
	W286076-1736	Baterías descargadas					
	W290810-1769	Motor no gira por problemas Eléctricos Motores de Arranque	El Motor no gira, se debe traer el equipo al taller para evaluación.	2	No realiza PM	Cada 04 meses	Operador
	W295867-1759	Motor no gira por problemas Eléctricos Arnes de Motor Abierto o en Corto		1	Tarea a condición	Cada 01mes	Operador
	W295867-1778	Motor no gira por problemas Eléctricos Arnes de Circuito de	El Motor no trabaja correctamente.	1	Tarea a condición	Cada 04 meses	Mecánico
	W290479-1758	Arranque Abierto o en Corto	El operador para el equipo.		Tarea a condición	Cada 01mes	Mecánico
	W290479-1745	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Eléctricos Falla en		2	No realiza PM	Cada 04 meses	Operador
	W286076-1774	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Eléctricos		1			
	W290810-1734	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Eléctricos Configuración errónea del ECM		2	Tarea a condición		Operador
	W295867-1753	Alta Temperatura de Motor / Transmision / Hidráulico por	Aparece Alarma de temperatura en el tablero.	1	Tarea a condición	Cada 04 meses	Operador
	W290479-1711	Problemas Eléctricos Sensor de Temperatura de dañado	El operador para el equipo.				
	W293110-1723	Alta Temperatura de Motor / Transmision / Hidráulico por			Tarea a condición		Operador
		Problemas Eléctricos Arnes de Sensor Abierto o en Corto -Instalación Incorrecta		1			
	W393110-1720		El operador no observa ninguna señal de alarma en el tablero. El operador para el equipo	2	Tarea a condición	Cada 04 meses	Operador
		Alarma de Retroceso no Funciona Arnes de Alarma / Daño en Alarma / Daño en Switch	El Operador No para el equipo,	1	Tarea a condición	Cada 04 meses	Operador
		Arnes de Tablero Abierto o en Corto / Daño en Luces de tablero.	El operador no observa ninguna señal de alarma en el tablero.	2	Tarea a condición	Cada 04 meses	Operador
	W290479-1708	limpiavidrios Abierto o en Corto / Daño en Motores / Daño en Switch	En días lluviosos el operador para el equipo al perder la visibilidad.	1	Tarea a condición	Cada 01 mes	Operador

Fuente: Hoja de análisis de T.O. CAT- D6T y D8T.

**Tabla 25**

**Análisis de Modos y efectos de Fallas (FMEA) Sistema Hidráulico.**

Análisis de Modos y Efectos de Falla - FMEA		Cia Coimolache	Fecha de Inicio:	05/07/2017			
			Fecha de culminación:	05/07/2017			
			N° de Reuniones:	05			
Modo de Falla	Cod.	Modo de Falla NIVEL II	EFFECTOS DE FALLA	Nivel de ocurrencia (NO)	Actividad de mantenimiento	Frecuencia de aplicación	Personal
NIVEL I	MF II						
	W286076-1772	No levanta los Implementos/ Lentos Varillaje Suleto de palanca de levante.		1	No realiza PM	Cada 04 meses	Operador
	W290810-1754	No levanta los Implementos/Implementos Lentos Baja Presión de Bomba por desgaste interno.	El Operador no puede operar correctamente el equipo y el operador para el equipo.	2	Tarea a condición	Cada 01mes	electricista
	W295867-1756	No levanta los Implementos/Implementos Lentos por Tanque hidráulico sin aceite por fuga.		1	Tarea a condición	Cada 04 meses	Inspector
	W290479-1745	No levanta los Implementos/Implementos Lentos por Partio el eje de la bomba / daño del drive del motor		1	No realiza PM	Cada 01mes	Mecánico
	W293110-1783	Implementos se caen Varillaje Suleto de palanca de levante	El Operador no puede operar	2	Reacondicionamiento	Cada 04 meses	Operador
	W286076-1743	Implementos se caen Spool de Válvula de Levante atascada por partículas		1	No realiza mantenimiento programado	Cada 01mes	Operador
	W290810-1740	Alta temperatura de Aceite hidráulico por Bajo Nivel de Aceite Tanque hidráulico	Correctamente el equipo y el operador para el equipo.		No realiza mantenimiento programado	Cada 04 meses	Operador
	W290810-1740	Alta temperatura de Aceite hidráulico por Bajo Nivel de Aceite Tanque hidráulico		1	No realiza PM	Cada 01mes	Operador
	W290479-1742	Alta temperatura de Aceite hidráulico por Sobre Nivel de Aceite Tanque hidráulico	Aparece alarma de alta temperatura y en el indicador de temperatura en el tablero, el operador para el equipo	1	Tarea a condición	Cada 01mes	Operador
	W293110-1731	Alta temperatura de Aceite hidráulico por Restricción en el sistema hidráulico		2	No realiza PM	Cada 04 meses	Operador
	W286076-1732	Alta temperatura de Aceite hidráulico por Enfriador de aceite obstruido		1	No realiza PM	Cada 01mes	Operador
	W290810-1791	Fuga Hidráulica por Bomba de Implementos- instalación incorrecta	El equipo se queda sin aceite el operador observa la fuga en la inspección.	2	Tarea a condición	Cada 01mes	Operador
	W295867-1703	Fuga Hidráulica por Tanque de hidráulico por grietas.		1	Tarea a condición	Cada 04 meses	Mecánico
	W290479-1721	Fuga Hidráulica por Enfriador de hidráulico- instalación incorrecta		1	Tarea a condición	Cada 01mes	Mecánico
	W290479-1732	Ventilador no gira o con baja velocidad	Aparece alarma de alta temperatura y en el indicador de temperatura en el tablero, el operador para el equipo	2	No realiza PM	Cada 04 meses	Operador
	W290479-1723	Ventilador no gira o con baja velocidad Partió el eje de la bomba / daño del drive del motor		1	No realiza PM	Cada 04 meses	Operador
	W290479-1728	Ruido en la Bomba con desgaste interno	El Operador no puede operar correctamente.	2	No realiza PM	Cada 04 meses	Operador
	W290479-1719	Análisis de Aceite Critico de hidráulico SOS por Cobre, Hierro, Aluminio Bombas con desgaste interno	Mantenimiento recibe los reportes de análisis de aceite y para el equipo y llevarlo al taller para evaluación	1	Tarea a condición	Cada 04 meses	Operador

Fuente: Hoja de análisis de T.O. CAT- D6T y D8T.

### 3.4. Plan general de mantenimiento preventivo

Después de haber identificado las mejores acciones de mantenimiento para cada modo de falla de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T, se establece el programa general de mantenimiento preventivo, para cada equipo según los requerimientos de la Unidad Minera Coimolache.

Para lo cual se conformó un equipo de Trabajo constituido por:

**Conformación del Equipo de Trabajo:** Conformado por un personal del área de operaciones y procesos, un personal del área de seguridad, un personal del área de mantenimiento mecánico y eléctrico, 02 facilitadores, y personal del área de la planificación.

Las actividades de un mantenimiento disminuyen las fallas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T y optimizar la vida útil de los equipos, garantizando su buen funcionamiento durante el tiempo de utilidad. Según Cervantez (2013), “El mantenimiento preventivo a través de sus constantes revisiones y planeaciones, evita que se produzcan accidentes provocados por una descompostura de un equipo en pleno trabajo, con lo que se reducen las tasas de accidentes y enfermedades ocupacionales en una empresa”. (p.17)

#### **Misión:**

El Plan de Mantenimiento preventivo (PM), permite a una empresa, tener un registro de todos los aspectos que conciernen al PM de las áreas y equipos haciendo una relación detallada de las actividades que necesita un bien y los costos e intervalos de tiempo para optimizar su funcionamiento y facilitar las actividades de la empresa. (Valdes y Pacheco, 2014)

**Visión:**

El Plan de Mantenimiento preventivo (PM), es un sistema que provea órdenes de trabajo eficaz y un mecanismo de control que actué sobre el avance de las actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo. Estimando así los costos a largo plazo evitándolos por la falta de mantenimiento. (Valdes y Pacheco, 2014)

**Objetivos:**

- Definir políticas adecuadas para cada área de mantenimiento, estableciendo diferencias a equipos en el contexto operativo, funciones y estándares de rendimiento.
- Optimizar la disponibilidad de los equipos, seguridad, integridad ambiental, eficiencia energética y calidad de servicios al mínimo costo.
- Preservar las funciones de los activos físicos para evitar, eliminar o minimizar las consecuencias que puedan generar las fallas.

**Ventajas de mantenimiento preventivo:**

- Confiabilidad, las maquinarias operan en mejores condiciones de seguridad, porque se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.
- Planeación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los cambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con la producción.
- Reducción de accidentes y daños físicos a los colaboradores.
- En seguridad se puede establecer un lugar adecuado para realizar las revisiones y/o asegurar la zona en donde se realizan las tareas.

- Se puede reducir el costo de reparaciones, se reemplaza una pieza o parte del equipo que no se encuentre en estado óptimo puede evitar que el equipo resulte con un daño mayor y por lo tanto más costoso.

Para la ejecución del presente plan de mantenimiento preventivo, después de haber analizado la causa de los modos de falla de los equipos tractor oruga Caterpillar D6Ty D8T, se reestructura el diagrama de Ishikawa para corregir y mejorar la disponibilidad de los equipos en base a implementación de las mejoras:

### 3.4.1 Implementación de mejoras

Se analizó el proceso de mantenimiento preventivo, se encontró las causas que ocasionan las paradas no programadas y sus posibles soluciones se muestra la implementación de las mejoras de mantenimiento preventivo a ejecutar como se detalla:

**Tabla 26.**  
*Implementación de las mejoras*

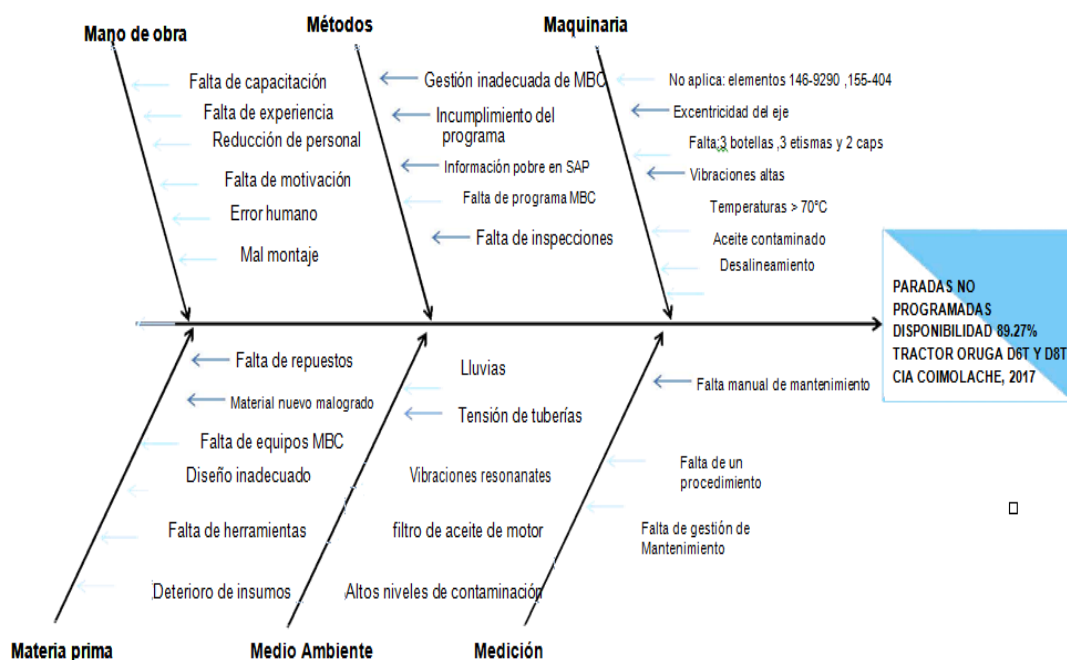
Mejora a implementar
- Se elaboró el formato de Inspección el cual permitió consolidar la información general de los puntos de chequeo y revisión durante el proceso de mantenimiento preventivo.
- Se designó un responsable en el área para socializar los acuerdos relacionados al sistema preventivo vía virtual por el correo de la Unidad Minera Coimolache.
- Se propuso la capacitación del personal de mantenimiento, operarios de los equipos para mejorar el desempeño en las tareas relacionadas al sistema preventivo.
- Se comparó con el Diagrama de Ishikawa Después: - Se realizó el análisis de la criticidad (CA).
- Se solicitó al proveedor contar con un stock fijo de repuestos electrónicos según modelo de cada equipo.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 3.4.2 Diagrama de Ishikawa Después:

Después de encontrar el origen de las fallas y la causa de la baja disponibilidad de 78.10% durante los meses analizados de enero, febrero, marzo, abril y mayo siendo la disponibilidad trazada por el Benchmark de la Unidad Minera Coimolache para el año 2017 en tractor oruga Caterpillar D6Ty D8T en 90.2%, y para la confiabilidad la meta trazada es de 100 horas. Así mismo después de cumplir la

implementación de mejoras en la Unidad Minera Coimolache en la se logró aumentar la disponibilidad de los tractores oruga Caterpillar D6Ty D8T a 89.27%, durante el periodo de estudios como se demuestra en el diagrama detalladamente:



**Figura 25.** Diagrama de Ishikawa Después de PM.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### 3.4.3 Resultados de la criticidad (CA).

Después de encontrar los modos de fallas y la causa de la baja disponibilidad de 78.10%, se encontró la jerarquización de subsistemas y matriz de Criticidad que es una metodología basada en analizar el Riesgo de cada modo de falla, para determinar la jerarquía de sistemas, instalaciones y equipos, para optimizar el proceso de asignación de recursos que permite subdividirlos para que puedan ser manejados de manera controlada y auditable para la toma de decisiones. Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema y la consecuencia está referida con: el impacto y la flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

En función a criterios como: Impacto a la Seguridad, Ambiente e Higiene, Impacto Operacional, Costos operacionales y de mantenimiento, Flexibilidad Operacional y Frecuencia de falla, como se detalla a continuación:

**a. Cálculo de la Criticidad de los Modos de Fallas**

**Tabla 27**  
*Jerarquización Total por Subsistema y Matriz de Criticidad-H-01.*

Matriz de Criticidad								
<b>Descripción:</b> Jerarquización de Subsistema y Matriz de Criticidad						<b>Páginas:</b> 01 de 03		
Tesis: "EFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA DISMINUCIÓN DE PARADAS NO PROGRAMADAS DE LOS EQUIPOS TRACTOR ORUGA - CATERPILLAR D6T Y D8T EN LA UNIDAD MINERA COIMOLACHE S.A., CAJAMARCA, 2017"								
<b>Sistema:</b> Mantenimiento preventivo						<b>Rev. No:</b> 03	<b>Fecha:</b> 05/07/2017	
SUBSISTEMAS	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTOS DE MANTENIMIENTO	IMPACTO SHE	CONSECUENCIAS	TOTAL	JERARQUIZACION
Modos de Falla de Motor	3	2	2	1	4	12	36	<b>Crítico</b>
PM	2	2	2	1	2	9	18	<b>No Crítico</b>
Modos de Falla en sistema eléctrico	3	2	1	1	2	9	27	<b>Semi Crítico</b>
Modos de Falla de Aire acondicionado(A/C)	2	2	2	1	2	9	18	<b>No Crítico</b>
Modos de Falla en el sistema hidráulico	2	2	2	1	4	11	22	<b>Semi Crítico</b>

Consecuencias	
Equipos No Críticos (NC)	2
Equipos Semi Críticos(SC)	2
Equipos Críticos(C)	1
<b>Total</b>	<b>5</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Tabla 28.****Jerarquización de Subsistema y Matriz de Criticidad-H-02.**

<b>Matriz de Criticidad</b>									
<b>Descripción:</b> Jerarquización de Subsistema y Matriz de Criticidad								<b>Páginas:</b> 02 de 03	
Tesis: "EFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA DISMINUCIÓN DE PARADAS NO PROGRAMADAS DE LOS EQUIPOS TRACTOR ORUGA - CATERPILLAR D6T Y D8T EN LA UNIDAD MINERA COIMOLACHE S.A, CAJAMARCA, 2017"									
<b>Sistema:</b> Mantenimiento preventivo						<b>Rev. No:</b> 03	<b>Fecha:</b>	05/07/2017	
<b>SUBSISTEMAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>	<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>IMPACTO SHE</b>	<b>CONSECUENCIAS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>JERARQUIZACION</b>	
<b>Modos de Falla de Motor</b>									
Baja potencia	3	2	2	1	4	12	36	Crítico	
Alta temperatura	2	2	3	1	2	10	20	No Crítico	
Fuga de gases de escape	3	2	2	1	3	11	33	Crítico	
Fuga de combustible	2	2	2	1	6	13	26	Semi Crítico	
Ruido de motor	3	2	1	1	3	10	30	Semi Crítico	
Fuga de aceite	3	2	2	1	4	12	36	Crítico	
Fuga de refrigerante por bomba	2	2	2	1	3	10	20	No Crítico	
<b>Modos de Falla en sistema eléctrico</b>									
Aceleración	2	2	3	1	2	10	20	No Crítico	
Corto en tablero	2	2	2	1	6	13	26	Semi Crítico	
Bajo Voltaje	2	2	2	1	6	13	26	Semi Crítico	
Luces	3	2	2	1	6	14	42	Crítico	
No prende	3	1	2	1	4	11	33	Crítico	
Baja Potencia Eléctrico	2	2	3	1	3	11	22	Semi Crítico	
Alarma de temperatura	3	2	1	1	3	10	30	Semi Crítico	
Problema de inclinación/Ames	2	2	1	1	2	8	16	No Crítico	
Corte Fusilera	3	2	1	1	3	10	30	Semi Crítico	
Limpiavidrios	2	2	1	1	2	8	16	No Crítico	
<b>Modos de Falla de Aire acondicionado(A/C)</b>									
Condensador	2	2	1	1	2	8	16	No Crítico	
Compresor	2	2	1	1	2	8	16	No Crítico	
Fuga Mangueras	2	2	3	1	3	11	22	Semi Crítico	
Filtro secador	2	1	3	1	4	11	22	Semi Crítico	
Problema Eléctrico	3	2	2	1	4	12	36	Crítico	
Termostato	2	2	2	1	2	9	18	No Crítico	
Motor blower	2	2	1	1	2	8	16	No Crítico	
<b>Modos de Falla en el sistema hidráulico</b>									
Fuga Hidráulica por manguera	3	2	2	1	4	12	36	Crítico	
Fuga H y d por cilindro	3	3	2	3	1	12	36	Semi Crítico	
Fuga H y d por tubo de cilindro	3	2	3	2	1	11	33	Semi Crítico	

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Con el cálculo de la criticidad se cuantificó las consecuencias o impactos de los Modos de Fallas de los subsistemas, para establecer tareas de mantenimiento en el área de planeamiento de la Unidad Minera Coimolache que genera mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, y disponibilidad de la Flota de tractores Modelo D6T y D8T con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo. (Ver Tablas 27 y 28).



**Tabla 2**

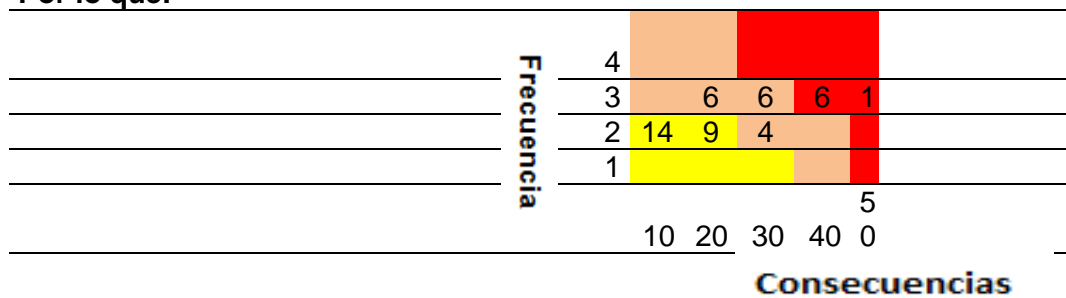
*Jerarquización de Subsistema y Matriz de Criticidad-Resultados H-03.*

Matriz de Criticidad	
<b>Descripción:</b> Jerarquización de Subsistema y Matriz de Criticidad	<b>Página</b> 03 de <b>s:</b> 03
Tesis: "EFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA DISMINUCIÓN DE PARADAS NO PROGRAMADAS DE LOS EQUIPOS TRACTOR ORUGA - CATERPILLAR D6T Y D8T EN LA UNIDAD MINERA COIMOLACHE S.A, CAJAMARCA, 2017"	
<b>Sistema:</b> Mantenimiento preventivo	<b>Rev. No:</b> 03 <b>Fecha:</b> 05/07/2017

**Resumen**

Subsistemas de Fallas	N C	S C	C C
Modos de Falla de Motor	2	2	3
PM	14	5	0
Modos de Falla en sistema eléctrico	3	5	2
Modos de Falla de Aire acondicionado(A/C)	4	2	1
Modos de Falla en el sistema hidráulico	0	2	1

**Por lo que:**



Equipos No Críticos (NC)	23
Equipos Semi Críticos(SC)	16
Equipos Críticos(C)	7
<b>Total</b>	<b>46</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En la Tabla 29, el análisis de la criticidad es una metodología que mejora la confiabilidad operacional de los equipos, para igualar criterios para establecer prioridades de la salud de cada equipo y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

Por lo que después de la Jerarquización Total por Subsistema y Matriz de Criticidad se describe el resultado total de los cinco equipos Tractor Oruga Caterpillar D6T y D8T con códigos TO-C1019, TO-C1027, TO-C1029, TO-C1030 y TO-80061 clasificados por subsistemas se tuvo los siguientes resultados que dos equipos modelo TO-C1019 y el TO-C1029, según la

Jerarquización Total por Subsistema son equipos No críticos. Dos equipos modelo TO-C1027 y el TO-C1030, según la Jerarquización Total por Subsistema son equipos Semi críticos y un equipo modelo TO-80061 es un equipo crítico. Por lo que el mantenimiento preventivo se realizó de acuerdo al orden de jerarquización por sistema encontrado.

### **3.5. Análisis de las paradas y fallas de los Tractores oruga D6T y D8T DESPUÉS de la implementación del mantenimiento preventivo**

Después de implementar el mantenimiento preventivo para cada modo de falla de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T, seleccionados por subsistemas con mayor riesgo según los requerimientos de la Unidad Minera Coimolache, en respuesta a las cuatro etapas trabajadas a fin de lograr su correcto funcionamiento de cada equipo analizado.

**Etapas 1:** Se procedió a realizar Charlas a los operarios y mecánicos del área y se reiteró que deben de conocer el manual de partes de mantenimiento y de operación.

**Etapas 2:** Se coordinó con el Equipo de Trabajo y se inspeccionó la calidad de los repuestos e insumos utilizados para las reparaciones y se solicitó y que todos los requerimientos sean atendidos a tiempo.

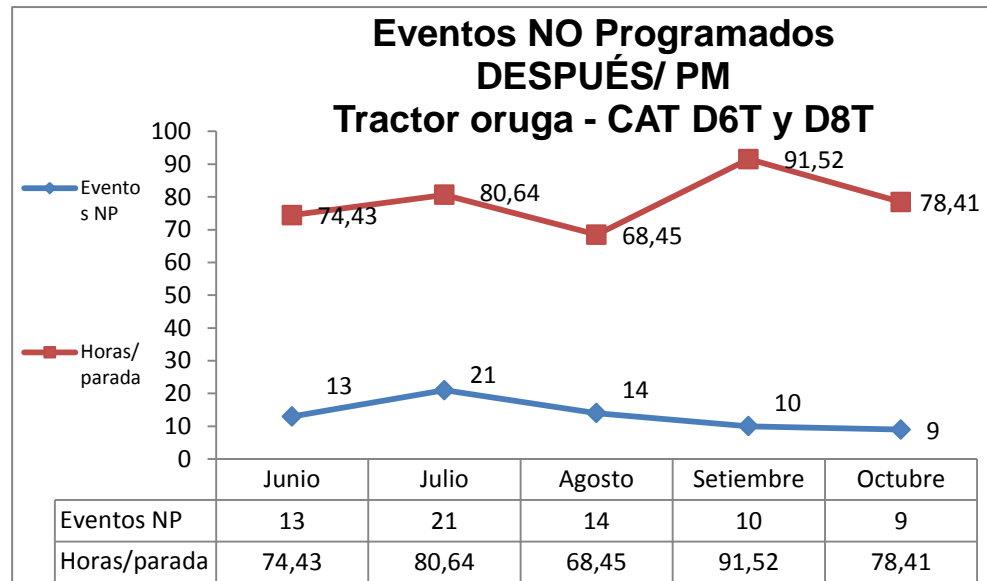
**Etapas 3:** Se verificó el cumplimiento DESPUÉS de la implementación de mejora (Ver Tabla 26) en conjunto con el Área de Planeamiento de la Unidad Minera Coimolache durante los meses de junio a octubre de 2017 de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T, de los 05 equipos en estudio como se detalla en la siguiente tabla (Ver Tabla 30):

**Tabla 30***Trabajos no programados Después de PM*

<b>Sistema de mantenimiento preventivo (PC) DESPUÉS</b>				
EQUIPOS TRACTOR ORUGA - CATERPILLAR D6T Y D8T				
<b>MES</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>N° correctivos (Eventos)</b>	<b>Duración de correctivos (Horas)</b>	<b>Duración de correctivos (Horas)</b>
Junio	TO-C1019	0	13	74.43
	TO-C1027	4		
	TO-C1029	2		
	TO-C1030	5		
	TO-80061	2		
	Total	13		
Julio	TO-C1019	1	21	80.64
	TO-C1027	5		
	TO-C1029	2		
	TO-C1030	6		
	TO-80061	7		
	Total	21		
Agosto	TO-C1019	2	14	68.45
	TO-C1027	4		
	TO-C1029	1		
	TO-C1030	3		
	TO-80061	4		
	Total	14		
Setiembre	TO-C1019	1	10	91.52
	TO-C1027	1		
	TO-C1029	3		
	TO-C1030	2		
	TO-80061	3		
	Total	10		
Octubre	TO-C1019	0	9	78.41
	TO-C1027	2		
	TO-C1029	1		
	TO-C1030	3		
	TO-80061	3		
	Total	9		
<b>TOTAL</b>		<b>67</b>	<b>67</b>	<b>393.45</b>

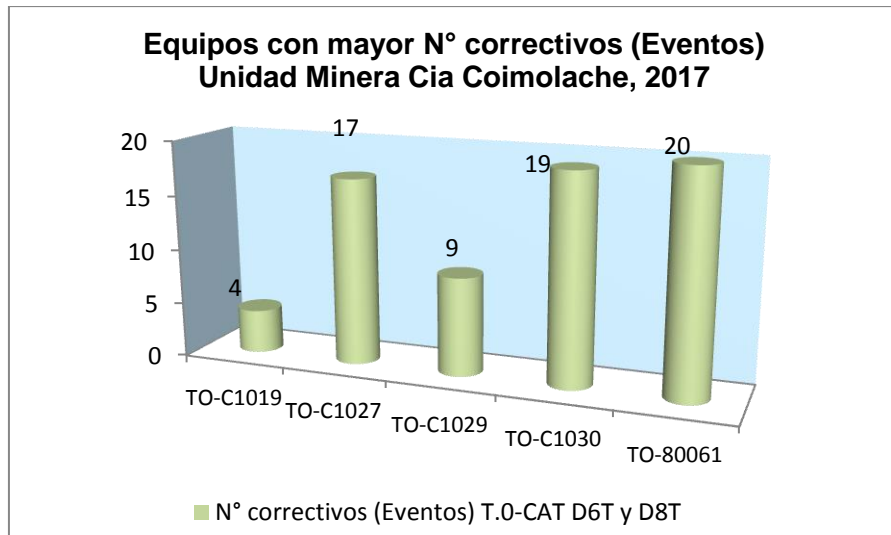
**Fuente:** Área de Planeamiento Cia Coimolache, 2017.

En la Tabla 30, se aprecia los trabajos no programados por mantenimiento preventivo por equipo correspondiente a cada mes de estudio y el tiempo correctivo en horas, durante los meses de junio a octubre de 2017.



**Figura 26.** Paradas y horas no programadas Después PM. 2017.  
**Fuente:** Elaboración Propia - 2017.

En la Figura 26, se observa que el mes de julio obtiene el mayor número de eventos correctivos con 21 eventos y 80.64 horas de paradas no programadas de los equipos tractor oruga - Caterpillar D6T y D8T de las cuales el equipo TO-80061 estuvo en mantenimiento por *rectificación de guarda de cilindro hidráulico de inclinación de bulldozer*, desde el 26 de julio ingresando a las 18:00 pm, hasta el 28 de julio de 2017 hasta las 02:24 am horas, acumulando un tiempo de 80.64 horas de parada, seguido del mes de agosto con un total de 14 eventos correctivos de paradas no programadas de los equipos TO-C1027 y TO-80061 con 04 eventos correctivos cada uno que estuvo en mantenimiento por *Cambio de cantoneras y volteo de cuchillas de Bulldozer*, desde el 24 de agosto ingresando a las 14:00 pm, hasta el 25 de agosto de 2017 hasta las 08:15 am horas. Así mismo el mes de junio obtiene 13 eventos o correctivos con 74.43. Lo que infiere que los meses con mayor número de horas de parada son los meses de julio y agosto. Por lo que, se concluye la relación de lluvias que en el mes de agosto tuvieron mayor precipitación según información de la Estación Hualgayoc. (EsIA, 2013)



**Figura 27.** Equipos con mayor número de correctivos.  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2017.

En la Figura 27, se analizó los equipos con el mayor número de correctivos TO D8T y D8T, de los cinco meses de junio, julio, agosto, setiembre y octubre de 2017, se aprecia que el equipo con mayor número de correctivos es el equipo TO-80061, seguido del equipo TO-C1030 y TO-C1027 del área de descarga de mineral del pad de la Unidad de Producción (U.P) Tantahuatay Cia Minera Coimolache, así como también se aprecia la disminución de eventos correctivos Después de PM, a 67 a 104 eventos o correctivos, durante el periodo de estudios.



**Figura 28.** Número de correctivos TO D8T y D8T, Antes y Después PM.  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2017.

### 3.5.1 Resultados de la disponibilidad DESPUÉS PM

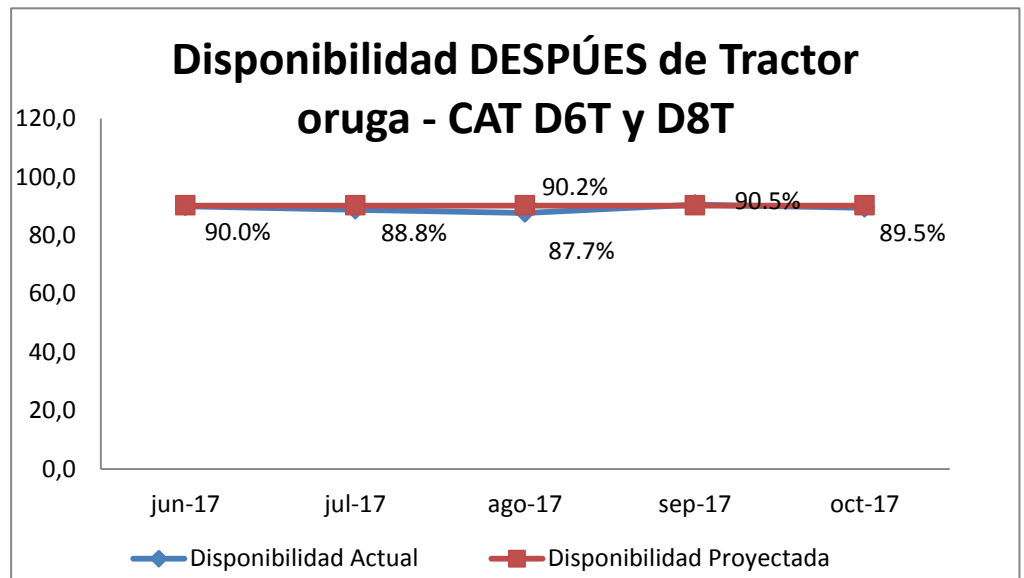
Después de encontrar los modos de fallas y la causa de la baja disponibilidad de 78.2% durante los meses analizados, se muestra la disponibilidad obtenida desde junio a octubre de 2017, como se especifica:

**Tabla 31**  
*Disponibilidad DESPUÉS de PM de junio a octubre.*

MESES	DIAS	HORAS	TOTAL HORAS	H/PARADAS	%/ PARADAS	% DE DISPON
Junio	31	24	744	74.43	10.00	90.00
Julio	30	24	720	80.64	11.20	88.80
Agosto	31	24	744	91.52	9.20	87.29
Setiembre	30	24	720	68.45	12.71	90.80
Octubre	31	24	744	78.41	10.54	89.46
						89.27

**Fuente:** Elaboración Propia, 2017.

Los meses analizados fueron considerados desde junio, julio, agosto, setiembre y octubre de 2017, se consideraron el porcentaje de las paradas no programadas y el porcentaje de la disponibilidad encontrada.



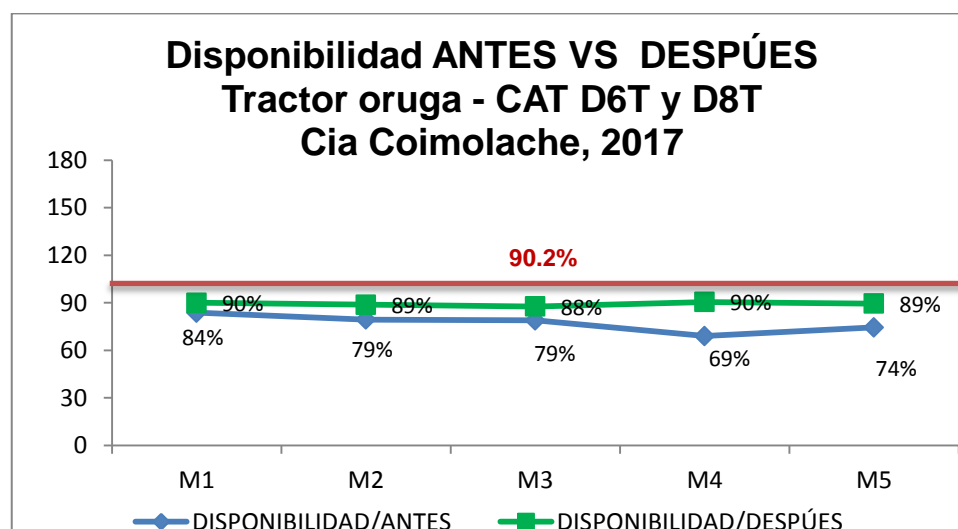
**Figura 29.** Disponibilidad TO D8T y D8T, Después PM.

**Fuente:** Elaboración Propia, 2017.

En la Figura 29, se analizó la disponibilidad Después de PM de los cinco meses de junio, julio, agosto, setiembre y octubre de

2017, se aprecia que la mayor disponibilidad fue en el mes de setiembre con 90.8% siendo la diferencia negativa de -3.43% , seguido por el mes de junio con 90% y una diferencia significativa de 0.20% , se aprecia la menor disponibilidad fue en agosto con 87.7% con un diferencia de - 0.29% a la disponibilidad proyectada por la Unidad Minera Coimolache para el año 2017.

Se analizó las dos disponibilidades la de Antes con la Después para comparar si se ha cumplido con el Benchmarks de la Unidad Minera Coimolache para el año 2017.



**Figura 30.** Disponibilidad TO D6T Antes Vs. Disponibilidad D8T, Después.  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2017.

En la Figura 30, se aprecia que la disponibilidad Antes no supera a la disponibilidad Después, ni a lo proyectado, de los resultados obtenidos se concluye que solo dos meses junio y setiembre logran la mayor disponibilidad con 90% que alcanzan a la proyectada por la Unidad Minera Coimolache para el año 2017., lo que infiere que después de cumplir con el plan de mantenimiento preventivo, las mejoras a implementar, y con el sustento del diagrama de Ishikawa, se logra incrementar la disponibilidad proyectada de la flota de tractores oruga Caterpillar D6T y D8T aumentando el rendimiento del equipo, para el año 2017.

### 3.5.2 Resultados de los modos de Fallas DESPUÉS PM

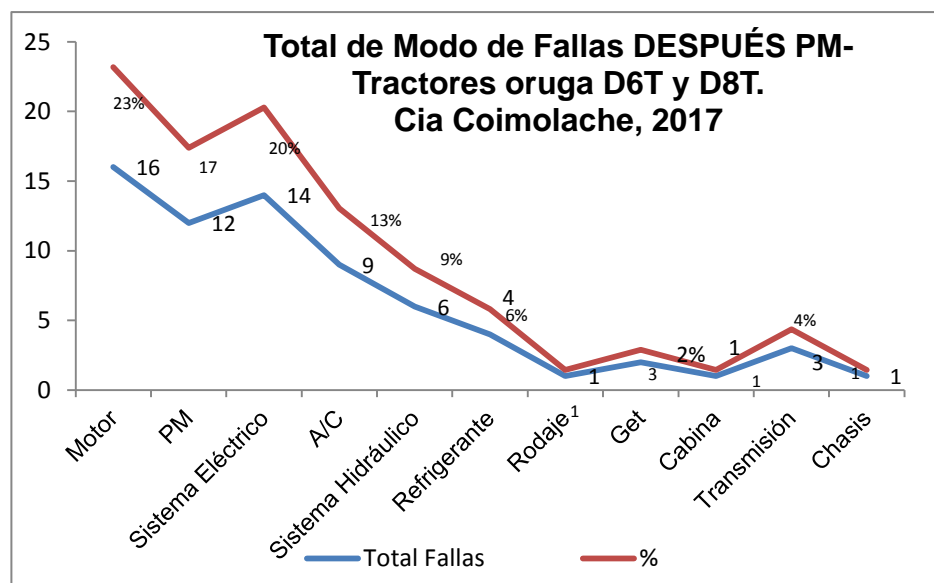
Después de haber encontrado los modos de falla de los 05 tractores oruga Caterpillar D6T y D8T durante los meses de análisis de enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2017, se determinaron cuáles fueron los modos de fallas que se presentan con más frecuencia en los meses del periodo de estudios de junio a octubre encontrando lo siguiente:

**Tabla 32**  
*Estadísticas de Modos de Falla DESPUÉS PM*

Código	Modos de Falla	Total Fallas	%
1010	Motor	16	23
7500	PM	12	17
1459	Sistema Eléctrico	14	20
7322	A/C	9	13
5789	Sistema Hidráulico	6	9
1896	Refrigerante	4	6
4536	Rodaje	1	1
6987	Get	2	3
7354	Cabina	1	1
2354	Transmisión	3	4
8759	Chasis	1	1
TOTAL		69	100

**Fuente:** Hoja de análisis de T.O.

En la Tabla 32, de Modos de Falla de los Tractores Oruga Caterpillar D6T y D8T se encontró 69 fallas que se presentaron en los 05 tractores de la Unidad Minera Coimolache.



**Figura 31.** Total de Modo de Fallas TO. D6T y D8T. Después PM.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



En la Figura 31, de total de Modo de Fallas de Tractores oruga Caterpillar D6T y D8T. Cia Coimolache, DESPUÉS PM, se aprecia que el número de fallas se redujeron a 69, encontrando 16 fallas de motor las cuales representan el 23% del total de fallas. 12 Fallas fueron por enviar el equipo a PM, se manifiesta que estas paradas son obligatorias que debe hacer el equipo para mantenimiento, 14 fueron fallas por Sistema Eléctrico de los Tractores oruga Caterpillar D6T y D8T que representan el 20% del total de las fallas, estos tres sistemas representan el 70% del total de las fallas, por lo tanto si aprecia que sí, se redujo a más del 45% el total de los modos de fallas.

### 3.5.3. Análisis Económico DESPUÉS del PM

Se especifica el análisis económico de la mejora de la producción de la Flota de tractores Caterpillar Modelo D6T y D8T DESPUÉS de aplicar el mantenimiento preventivo, como se muestra en la Tabla 33.

**Tabla 33.**

*Costo por hora de los equipos ANTES del PM*

<b>ANTES del PM</b>			
<b>COSTO x HORA PARADA DE EQUIPO</b>			
	<b>EVENTOS</b>	<b>HORAS</b>	<b>COSTO \$</b>
Enero	17	93.42	5679.936
Febrero	31	138.4	8414.72
Marzo	19	82.78	5033.024
Abril	21	223.49	13588.192
Mayo	16	189.82	11541.056
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>727.91</b>	<b>44256.928</b>

**Fuente:** Elaboración propia 2017.

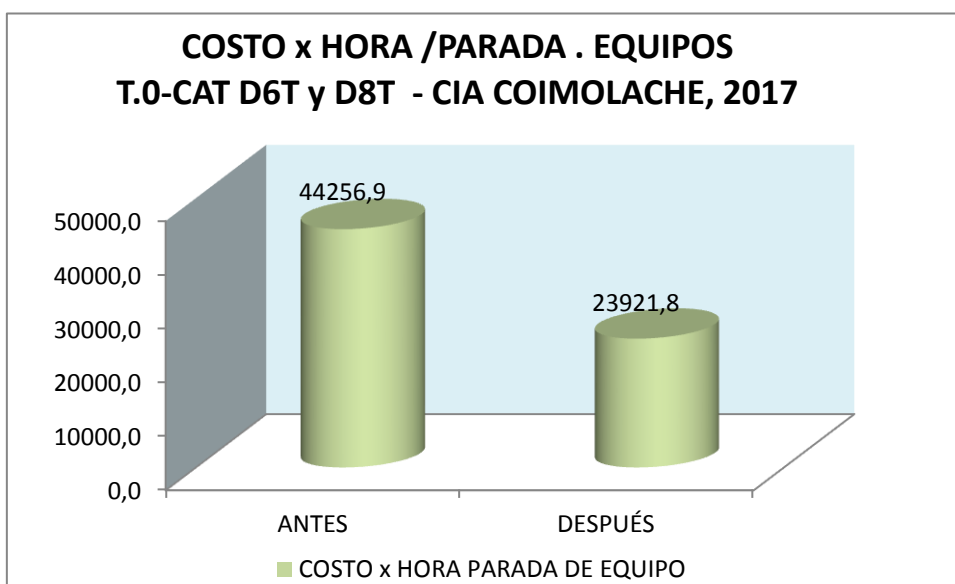
**Tabla 34.**

*Costo por hora de los equipos DESPUÉS del PM*

<b>DESPUES</b>			
<b>COSTO x HORA PARADA DE EQUIPO</b>			
	<b>EVENTOS</b>	<b>HORAS</b>	<b>COSTO \$</b>
Junio	13	74.43	4525.344
Julio	21	80.64	4902.912
Agosto	14	68.45	4161.76
Setiembre	10	91.52	5564.416
Octubre	9	78.41	4767.328
<b>Total</b>	<b>67</b>	<b>393.45</b>	<b>23921.76</b>

**Fuente:** Elaboración propia 2017.

En las Tablas 33 y 34 se aprecian los costos por hora de los equipos tractores Caterpillar Modelo D6T y D8T ANTES y DESPUÉS de aplicar el mantenimiento preventivo, durante el periodo de ejecución durante el año 2017.



**Figura 32.** Costo por hora/parada de equipos T.O. CATD6T y D8T.  
**Fuente:** Elaboración propia 2017.

En la Figura 32, Costo por hora/parada de equipos T.O. CAT D6T y D8T, después de haber realizado el análisis del costo por hora de equipos de enero a mayo de 2017 se encontró 104 eventos correctivos en 727.89 horas de parada por equipo, el costo por hora de los equipos es de \$ 60.8 se obtuvo un total de \$44256.928. Después de haber realizado la implementación del mantenimiento preventivo durante el periodo de ejecución de junio a octubre de 2017 se realizó el análisis del costo por hora de equipos T.O. CAT D6T y D8T y se encontró 67 eventos correctivos en 393.45 horas de parada por equipo, se obtuvo un total de \$23921.76, obteniendo una diferencia de \$ 20335.2.

### 3.5.4. Indicadores de medición DESPUÉS del PM

#### Tiempo Medio entre Paradas (MTBS): Mean Time Between Shutdowns

##### MTBS ANTES DE PM:

Este es un indicador muestra el tiempo promedio que la máquina trabaja antes de parar por algún motivo mecánico. Proporciona información sobre la adecuada gestión del mantenimiento ya que una adecuada gestión del planeamiento proporcionará un adecuado MTBS, como se detalla:

$$MTBS = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Número de paradas}}$$

$$MTBS = \frac{2896.11}{104}$$

$$MTBS = 27.85 \text{ horas}$$

## **MTBS DESPUÉS DE PM:**

Este es un indicador muestra el tiempo promedio que la máquina Después de mantenimiento preventivo que por algún motivo mecánico. Proporciona información sobre la adecuada gestión del mantenimiento ya que una adecuada gestión del planeamiento proporcionará un adecuado MTBS, como se detalla:

$$MTBS = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Número de paradas}}$$

$$MTBS = \frac{3278.55}{67}$$

$$MTBS = 48.93 \text{ horas}$$

Por lo que, se infiere según este indicativo el Tiempo Medio entre Paradas (MTBS) de los 05 equipos T.O. CAT D6T y D8T analizados de los meses de enero a mayo es de 27.85 horas que comparado Después de realizar la Implementación del Mantenimiento Preventivo de junio a octubre se aprecia el incremento en el tiempo medio entre paradas a 48.93 horas en la Unidad Minera Coimolache por parada en promedio por ende los valores metas de este indicador dependen del tipo de equipo y del trabajo que realiza cada equipo, como construcción de rampa, acumular el material, corregir pistas, descresta de material, ripeo en el área de la Unidad Minera Coimolache. Las 104 fallas encontradas (ANTES) pueden haber sido producidas por mala operación, malas reparaciones efectuadas, repuestos defectuosos, fallas del producto original, etc. se redujeron a 67 fallas (DESPUÉS), por lo que se realizó mayor análisis para establecer la causa raíz de la falla.

### 3.6. Contrastación de hipótesis

#### Hipótesis general

El presente trabajo de investigación muestra la siguiente hipótesis general: *H: La implementación del mantenimiento preventivo, influye significativamente en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.*

Por lo que, se acepta la hipótesis general, y se confirma que la implementación del mantenimiento preventivo, influye significativamente en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de 104 eventos correctivos en 727.91 horas de parada a 67 eventos correctivos en 393.45 horas de parada.

#### Hipótesis Secundarias

**HE<sub>1</sub>:** El estado actual de los costos de mantenimiento de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, es alto y afecta a la productividad de la empresa.

Se acepta la primera hipótesis secundaria, porque desde los meses de junio a octubre del 2017, se logró un total de 67 eventos correctivos y una disminución de 393.45 horas de parada por equipo, de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de acuerdo al orden de jerarquización por sistema encontrado en cada equipo originando un costo de mantenimiento de \$ 23921.76.

**HE<sub>2</sub>:** *Los indicadores de medición después de la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T son porcentualmente superiores a los obtenidos antes de la implementación en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.*

Sí, se acepta la segunda hipótesis secundaria, porque después de aplicar la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de la Unidad Minera Coimolache la disponibilidad mecánica *Antes* de la implementación fue de 78.10% y un tiempo medio entre paradas (MTBS de 27.85 horas) y *Después* de implementación de mantenimiento preventivo fue de 89.27% y un tiempo medio entre paradas (MTBS de 48.93 horas). Así como también a través de la matriz de Criticidad se logró identificar el estado de los cinco equipos Tractor Oruga Caterpillar D6T y D8T con códigos TO-C1019, TO-C1027, TO-C1029, TO-C1030 y TO-80061 se tuvo los siguientes resultados que dos equipos modelo TO-C1019 y el TO-C1029, son equipos No críticos. Dos equipos modelo TO-C1027 y el TO-C1030, son equipos Semi críticos y un equipo modelo TO-80061 es un equipo crítico. Por lo que el mantenimiento preventivo se realizó de acuerdo al orden de jerarquización por sistema encontrado.

**HE<sub>3</sub>:** La ganancia económica que genera la disminución de horas de paradas no programadas de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T, después de aplicar el mantenimiento preventivo contribuye favorablemente a la Unidad Minera Coimolache.

Sí, se acepta la tercera hipótesis secundaria, porque *Después* de aplicar la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de la Unidad Minera Coimolache, la ganancia económica que genera la disminución de horas de paradas no programadas de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T, logró reducir a 67 eventos correctivos en 393.45 horas de parada por equipo, lo que obtuvo un total de \$23 921.76, obteniendo una diferencia de \$ 20 335.2 desde junio a octubre de 2017.

## CONCLUSIONES

La implementación del mantenimiento preventivo, Influyó notablemente en el mejoramiento del área de descarga de mineral del pad de la Unidad de Producción (U.P) Tantahuatay Cia Minera Coimolache e incrementó la disponibilidad de los equipos tractor oruga - Caterpillar D6T y D8T, en 11.17% disminuyendo el número de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de 104 eventos correctivos en 727.91 horas de parada a 67 eventos correctivos en 393.45 horas de parada.

Los costos de mantenimiento de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de la Unidad Minera Coimolache desde junio a octubre de 2017 de acuerdo al orden de jerarquización por sistema encontrado en cada equipo es de \$ 23921.76.

Los indicadores de medición de antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T de la Unidad Minera Coimolache, son disponibilidad mecánica (ANTES) fue de 79.83% disponibilidad mecánica (DESPUÉS) fue de 89.29%, el Tiempo Medio entre Paradas (MTBS) ANTES fue de 27.85 horas y el Tiempo Medio entre Paradas (MTBS) DESPUÉS fue de 48.93 horas.

La ganancia económica que genera la disminución de horas de paradas no programadas de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T, DESPUÉS de la implementación del mantenimiento preventivo logró reducir a 67 eventos correctivos en 393.45 horas de parada por equipo, lo que obtuvo un total de \$23 921.76, obteniendo una diferencia de \$ 20 335.2 desde junio a octubre de 2017.

## **RECOMENDACIONES**

La Unidad Minera Coimolache S.A, debe de establecer políticas de mantenimiento aprobadas por los directivos de la empresa, las mismas que deberán ser difundidas y compartidas por todos los colaboradores de la empresa.

La Unidad Minera Coimolache S.A, debe de emplear una propuesta de mejora para minimizar las horas de paradas no programadas por fallas en el sistema preventivo y por otros sistemas debido a que este problema también se presenta con otros modelos de equipos, así como también la propuesta de mejora permitirá minimizar gastos, aumentar la disponibilidad de los equipos para un mejor rendimiento e incrementar la producción.

La Unidad Minera Coimolache S.A, debe de capacitar a todo el personal de las diferentes áreas de la empresa Unidad Minera Coimolache S.A, para no causar accidentes e incidentes que perjudiquen la salud de cada colaborador y afecte la productividad de la empresa.



## Referencias Bibliográficas

- Buelvas, D., y Martínez, F. (2014). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L*. (Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Caribe). Recuperado de <https://es.scribd.com/document/318397213/Elaboracion-de-Plan-de-Mantenimiento-a-Una-Maquinaria-Pesada-de-La-Empresa>.
- Caterpillar. (2013). *Especificaciones técnicas*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/58629330/D6R-II-espanol>
- Cerrón, A. (2012). *Mejora del sistema de gestión de mantenimiento predictivo para la flota de tractores de cadenas caterpillar® D10T basado en el Ciclo de Deming para mejorar el nivel de servicio al producto para la empresa Ferreyros S.A. en la operación minera Yanacocha*. Cajamarca, Perú. (Tesis de pregrado, Privada del Norte. Cajamarca. Perú). Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21939/1/tesis.pdf>.
- Cervantez, L. (2013). *Mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa Antiguo Arte Europeo S. A. de C. V. Tula de Allende Hidalgo, Mexico*: Grijalbo.
- Coimolache. (2017). *Registro de datos de mantenimiento preventivo Cia Coimolache*. Cajamarca Hualgayoc, Perú.
- Conamultiservis. (2017). *Lista de datos estadísticos de Rentafer Empresa Conamultiservis S.R.L.* Cajamarca, Perú.
- Creus, A. (2013). *Fiabilidad y seguridad su aplicación en procesos industriales*. Barcelona. España: Marcombo.

- DICAE. (2014). *Diagrama de Ishikawa*. Recuperado de [www.idea.edu.pe/herramientas/diagramadecausayefecto.ppt](http://www.idea.edu.pe/herramientas/diagramadecausayefecto.ppt)
- Dixon, J., y Raouf, A. (2013). *Sistemas de mantenimiento*. México: Limusa.
- EsIA. (2013). *Compañía minera Coimolache S.A. Proyecto Tantahuatay. Estudio de impacto ambiental*. Lima, Perú. Recuperado de [http://www.grufides.org/sites/default/files//Documentos/fichas\\_proyectos/19%20Proyecto%20Tantahuatay.pdf](http://www.grufides.org/sites/default/files//Documentos/fichas_proyectos/19%20Proyecto%20Tantahuatay.pdf)
- Fuentes, S. (2015). *Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de overall equipment efficiency para la reducción de los costos de mantenimiento en la empresa hilados Richard´S S.A.C.,.* (Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo). Chiclayo, Perú.
- García, S. (2013). *Organización y gestión integral del mantenimiento*. México: Alfaomega.
- Gestiopolis. (2013). *Gestión por procesos y modelos de procesos de mantenimiento*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/glosario-terminos-la-gestion-mantenimiento/>
- Hernández, R. (2014). *Metodología en investigación*. Recuperado en: <http://fournier.facmed.unam.mx/deptos/seciss/images/investigacion/22.pdf>
- INGMEC. (2013). *Manual de mantenimiento*. Recuperado de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/tecnologia-de-maquinas/material-de-clase-1/mantenimiento.pdf>
- Jiménez. A. (2013). *Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad*. Recuperado en: <https://maintenancela.blogspot.com/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>

- Kuroda, K. ( 2013). *Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo*.  
 Marcobombo, México: Limusa S.A
- Milano, T. (2013). *Planificación y gestión del mantenimiento industrial*.  
 Venezuela: Panapo.
- Ortiz (2013). *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento*. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920491036>
- Pesántez, A. (2013). *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón*. (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Quito. Ecuador).  
 Recuperado de  
[https://www.researchgate.net/publication/28792441\\_Elaboracion\\_De\\_Un\\_Plan\\_De\\_Mantenimiento\\_Predictivo\\_Y\\_Preventivo\\_En\\_Funcion\\_De\\_La\\_Criticidad](https://www.researchgate.net/publication/28792441_Elaboracion_De_Un_Plan_De_Mantenimiento_Predictivo_Y_Preventivo_En_Funcion_De_La_Criticidad)
- PROPYMES. (2013). *Mantenimiento preventivo de equipos*. Recuperado de  
[http://www.cecma.com.ar/\\_\\_mm/biblioteca/modulo-ii-el-deterioro-de-los-equipos-mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo-v1.p](http://www.cecma.com.ar/__mm/biblioteca/modulo-ii-el-deterioro-de-los-equipos-mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo-v1.p)
- Reyna, P. (2016). *Niveles de la investigación Científica*. Recuperado en:  
[http://grreyna.blogspot.com/2013/06/niveles-de-investigacion\\_29.html](http://grreyna.blogspot.com/2013/06/niveles-de-investigacion_29.html)
- Rivas, A. (2013). *Implementación Mantenimiento Predictivo basado en el análisis de Vibración en la Empresa C.V.G Ferrominera Orinoco C.A.* (Tesis de pregrado, Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui de Venezuela). Recuperado de  
<http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2504/1/TESIS.IM009G36>.

- Rodríguez, J; Pérez, J., (2017). *Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento*. Revista Escuela de Administración de Negocios, núm. 82, 2017, pp. 1-26 Universidad EAN Bogotá, Colombia. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
- Saavedra, P. (2013). *La Evolución y Perspectivas del Mantenimiento Predictivo Proactivo en la Industria*. Santiago de Chile, Chile: El Mercurio.
- Sánchez, A. L. (2013). *Estudio aplicativo metodológico*. Recuperado de: <https://prezi.com/yfwcfwogdfvh/que-es-el-estudio-aplicativo/>.
- Sanzol, L. (2013). *Implantación de plan de mantenimiento tpm en planta de cogeneración*. España: Grafidea.
- Valdes, J., & Pacheco, E. (2014). *Plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa remaplast*. Cartajena, Colombia: Buena Semilla.
- Vega, A. (2017). *Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa grúas américa S.A.C.* (Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo. Perú). Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1978/Vega\\_AAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1978/Vega_AAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Villegas, J. (2016). *Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa "Manfer S.R.L. contratistas generales*. (Tesis de pregrado, Universidad Católica San Pablo. Arequipa, Perú). Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1978/Vega\\_AAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1978/Vega_AAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Arequipa 2016.

# **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de Consistencia

**Tabla 35.**

*“Efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga - Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache S.A, Cajamarca, 2017”.*

PROBLEMA(S) DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO(S) DE LA INVESTIGACION	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES E INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p><b>Problema principal:</b></p> <p>--¿Cuál es el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>-Determinar el efecto de la implementación de mantenimiento preventivo en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>-La implementación del mantenimiento preventivo, influye significativamente en la disminución de paradas no programadas de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.</p>	<p>V.I.</p> <p>Mantenimiento preventivo</p> <p>V.D.</p> <p>Paradas no programadas.</p>	<p>Registros de inscripción,</p> <p>Registros de control de mantenimiento,</p> <p>Ficha de evaluación de impactos. Reporte de actividades.</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p><b>Pre experimental:</b> Porque se hizo un análisis de la situación actual del proceso de mantenimiento preventivo de los 5 equipos tractor oruga Caterpillar Modelo CAT D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache.</p> <p><b>Nivel de investigación</b></p> <p><b>Descriptiva y aplicativo:</b> porque describen fenómenos que se ejecutan en la empresa.</p> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p><b>Transversal:</b> Porque se analizó el nivel del mantenimiento preventivo en un momento dado, analizando las tecnologías adecuadas de gestión de la calidad utilizando la norma SAE JA1011 de técnicas de confiabilidad.</p> <p><b>Población</b></p> <p>Se considera como universo a todos los registros de mantenimiento preventivo, realizados durante el año 2017.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Establecida por los diferentes registros de mantenimiento preventivo, desde del 05 de junio al 05 de octubre de 2017, realizado a la flota de los 05 equipos tractor oruga Caterpillar Modelo CAT D8T y D6T.</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos.</b></p> <p>Observación Directa (Formatos de Registros ) y Análisis de documentos.</p>
<p><b>Problemas secundarios:</b></p> <p>-¿Cuál es el estado actual de los costos de mantenimiento de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017?</p> <p>-¿Cuáles son los indicadores de medición de antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017?</p> <p>-¿Cuál es la ganancia económica que genera la disminución de horas de paradas no programadas de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>-Analizar el estado actual de los costos de mantenimiento de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.</p> <p>-Determinar los indicadores de medición de antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017</p> <p>-Determinar la ganancia económica que genera la disminución de horas de paradas no programadas de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.</p>	<p><b>Hipótesis secundarias:</b></p> <p>- El estado actual de los costos de mantenimiento de los equipos tractor oruga Caterpillar D6T y D8T en la Unidad Minera Coimolache, es alto y afecta a la productividad de la empresa.</p> <p>- Los indicadores de medición después de la implementación del mantenimiento preventivo de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T son porcentualmente superiores a los obtenidos antes de la implementación en la Unidad Minera Coimolache, Cajamarca, 2017.</p> <p>- La ganancia económica que genera la disminución de horas de paradas no programadas de los equipo tractor oruga Caterpillar D6T y D8T, después de aplicar el mantenimiento preventivo contribuye favorablemente a la Unidad Minera Coimolache.</p>			

Fuente: Elaboración propia - 2017.

## Anexo 2. Registro de control

REGISTRO DE CONTROL DE INSPECCIONES											
Nº	FAMILIA	MODELO	NUMERO DE SERIE	CUENTA	CÓDIGO CLIENTE	FECHA DE RECOJO DEL EQUIPO	FECHA DE ENTREGA TÉCNICA	OT	MOTIVO	OT	MOTIVO
5	TO-80054	D6T	JJWD00319						Inspección de equipo		
6	TO-C1019	D6T	SMC01544						Inspección AT1		
7	TO-C1020	D6T	SMC01722						Relleno de refrigerante y aceite de motor		
8	TO-C1033	D8T	GCT02506						Inspección AT1 + Instalación de pernos de cantonera.		Se solicitó el 25/04/17. Arandela (3K5234). Tuerca (2J3503)
9	TO-C1026	D8T	GCT02009						Etiquetado de los tanque de combustible e hidráulico		
10	TO-C1033	D8T	GCT02506						Etiquetado de los tanque de combustible e hidráulico		
11	TO-C1026	D8T	GCT02009						Inspección AT1 + Relleno de aceite de motor		
12	TO-80054	D6T	JJWD00319								
13	TO-C1019	D6T	SMC01544						Eliminar fuga de aceite cylinder stick		
14	TO-C1020	D6T	SMC01722								
15	TO-C1033	D8T	GCT02506						Etiquetado de los tanque de combustible e hidráulico		
16	TO-C1026	D8T	GCT02009								
17	TO-C1026	D8T	GCT02009						Inspección, Instalación de rombos NFPA a tanques de fluidos.		
18	TO-C1033	D8T	GCT02506								
19	TO-C1026	D8T	GCT02009						Etiquetado de los tanque de combustible e hidráulico		
20	TO-80054	D6T	JJWD00319						Etiquetado de los tanque de combustible e hidráulico		
21	TO-C1019	D6T	SMC01544						Inspección AT1 + Relleno de aceite de motor		
22	TO-C1020	D6T	SMC01722								
23	TO-C1033	D8T	GCT02506								
24	TO-C1026	D8T	GCT02009								

Figura 33. Registro de control.

Fuente: Área de operaciones Cia. Coimolache, 2017.

### Anexo 3. Registro de control de mantenimiento PMS

RENTAFER - PROYECTO										MANTENIMIENTOS REALIZADOS																			
It	Marca dor	MODEL	Cód. cliente	N/S	ÚLT IMO MTT O	PRO X MTT O	HOROM ET. ACTUAL (LENA R DATOS)	ESTADO	OB SE RV ACI ON ES	1º mtto	2º mtt o	3º mtt o	4º mtt o	5º mtt o	6º mtt o	7º mtt o	8º mtt o	9º mtt o	10º mtt o	11º mtt o	12º mtt o	13º mtt o	14º mtt o	15º mtt o	16º mtt o	17º mtt o	18º mtt o	19º mtt o	
1	-959.0	CAT D6T	TO-80054	JJWD00319	272.0	500	1,459	MTTO.		272																			
2	128.0	CAT D6T	TO-C1019	5M001544	2050.0	2250	2,122	NORMAL		2050																			
3	175.0	CAT 329DL	TO-C1020	5M001722	2025.0	2250	2,075	NORMAL		2025																			
4	26.0	CAT D6T	TO-C1033	GCT02506	2600.0	2750	2,724	MTTO.		2600																			
5	126.0	CAT D6T	TO-C1026	GCT02009	4365.0	4500	4,374	NORMAL		4365																			
6	149.0	CAT D8T	TO-C1033	JJWD00319	258.0	500	351	NORMAL		258																			
7	125.0	CAT D8T	TO-C1026	5M001722	257.0	500	375	NORMAL		257																			
8	103.0	CAT D6T	TO-C1033	GCT02506	775.0	1000	897	NORMAL		775																			





Control de PMS, Minera Coimolache 2017

Figura 34. Registro de control de mantenimiento PMS.  
Fuente: Área de operaciones Cia. Coimolache, 2017.



## Anexo 4. Ficha de Evaluación de impactos ambientales

		FICHA DE EVALUACION DE ASPECTOS AMBIENTALES				NUMERO FICHA 004			
GERENCIA/AREA:			MINA						
PROCESO		ACARREO		RESPONSABLE		SUPERVISOR DE CAMPO			
N°	ASPECTO AMBIENTAL	CONDICION			IMPACTO	EVALUACION			
		NORMAL	ANORMAL	EMERGENCIA		Severidad	Frecuencia	Significancia	Clasificación
1	Consumo de papel	X			Agotamiento del recurso natural	1	1	1	NS
2	Consumo de agua	X			Agotamiento del recurso natural	1	1	1	NS
3	Generación de residuos orgánicos	X			Reducción de la vida útil del relleno sanitario	1	1	1	NS
		X			Contaminación del suelo	1	1	1	NS
4	Generación de residuos inorgánicos	X			Reducción de la vida útil del relleno sanitario	2	2	3	NS
		X			Contaminación del suelo	2	2	3	NS
5	Generación de residuos peligrosos	X			Reducción de la vida útil del relleno de seguridad	2	2	3	NS
		X			Contaminación del suelo	2	2	3	NS
6	Generación de residuos metálicos	X			Reducción de la vida útil del relleno sanitario	1	1	1	NS
		X			Contaminación del suelo	1	1	1	NS
7	Consumo de Hidrocarburos	X			Agotamiento del recurso natural	2	2	3	NS
8	Emisión de gases de combustión	X			Contaminación del aire	2	2	3	NS
9	Generación de polvo	X			Contaminación del aire	2	2	3	NS
10	Potencial derrame de hidrocarburos		X	X	Contaminación del suelo / Agua	3	2	4	S
11	Potencial incendio		X	X	Contaminación del suelo	2	1	2	NS
			X	X	Contaminación del aire	3	1	3	NS

		Cargo	Fecha
Elaborado por: Wilyn Reyes Araujo		Jefe de SSOMA	14/07/2017
Revisado por: Jose Paredes Villalobos		Jefe de Mina	14/07/2017
Aprobado por: Christian Dávila Flores		Gerente de Operaciones	14/07/2017

**Figura 35.** Ficha de Evaluación de Impactos Ambientales. Campo.

**Fuente:** Área de operaciones Cia. Coimolache, 2017.

## Anexo 5. Insumo TO-C1019/ Modelo: D6T

**Tabla 36.**

*Insumos TO-C1019/ MODELO: D6T / SERIE: SMC01544*

TO-C1019/ MODELO: D6T / SERIE: SMC01544						
ITM	N/P	INSUMOS	PM1	PM2	PM3	PM4
1	ETISMA	ETIQUETA	3	4	1	2
2	177-9343	CAP PROBE (VAMPIROS)	2	5	3	1
3	169-7373	BOTELLAS	4	7	4	2
4	1R-0762	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	1	1	1	1
5	1R-1808	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	1	1	1	1
7	326-1644	SEPARADOR DE AGUA	1	1	1	1
8	337-5270	ELEMENTO TRANSMISIÓN	x	1	1	1
9	1R-0777	ELEMENTO HIDRÁULICO	x	1	1	1
10	9X-2205	KIT DE SELLOS	x	1	1	1
11	9X -8600	SELLOS	x	1	1	1
12	126-1818	FILTRO HIDRÁULICO	x	1	1	1
13	6I-2501	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	1	1	1	1
14	6I-2502	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	x	x	1	1
15	RA2040TM	ELEMENTO RACOR	1	1	1	1
16	2H6124	O'RING	1	1	1	1
17	5H-6733	SELLOS	1	1	1	1
18	9G-5127	RESPIRADERO DE TRANSMISION	x	x	1	1
19	6V-9633	GASKET DE TAPA DE TANQUE HYDO	x	x	1	1
20	9H-6454	Gasket de colador de tanque HYDO	x	x	x	1
21	8F-9206	SEAL	1	1	1	1
22	6V-9633	GASKET	1	1	1	1
23	102-2828	FILTER AS-HYD	x	x	1	1
25	6T-5068	FILTER A	1	1	x	1
26	6T-0988	FILTER	1	1	x	1
27	9F-4446	SEAL-O-RING repiradero de motor	x	x	1	1
28	3J-1907	Seal-o-ring tapon de transmision	x	x	1	1
29	130-0229	seal-o-ring	1	x	1	1
30	3S-7781	GASKET	1	x	1	1
31	8M-4987	SEAL O-RING	1	1	1	1
32	5N-4185	WASHER -ARANDELA	1	1	1	1
33	6V-5188	SEAL	1	1	1	1
34	328-3655	Elemento de Transmision	1	1	1	1
35		Filtro de cabina	X	X	X	1
Total			25	36	32	33

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## Anexo 6. Insumo TO-C1027/ Modelo: D6T

**Tabla 37.**

*Insumo TO-C1027/ MODELO: D6T2017.*

TO-C1027/ MODELO: D6T / SERIE: GCT02506						
ITM	N/P	INSUMOS	PM1	PM2	PM3	PM4
1	ETISMA	ETIQUETA	3	7	3	5
2	177-9343	CAP PROBE (VAMPIROS)	2	4	4	4
3	169-7373	BOTELLAS	3	2	4	1
4	1R-0762	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	1	1	1	1
5	1R-1808	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	1	1	1	1
7	326-1644	SEPARADOR DE AGUA	1	1	1	1
8	337-5270	ELEMENTO TRANSMISIÓN	x	1	1	1
9	1R-0777	ELEMENTO HIDRÁULICO	x	1	1	1
10	9X-2205	KIT DE SELLOS	x	2	1	1
11	9X -8600	SELLOS	x	1	x	1
12	126-1818	FILTRO HIDRÁULICO	x	1	x	1
13	6I-2501	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	1	1	x	1
14	6I-2502	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	x	x	1	1
15	RA2040TM	ELEMENTO RACOR	1	1	1	1
16	2H6124	O'RING	x	1	x	x
17	5H-6733	SELLOS	x	1	x	1
18	9G-5127	RESPIRADERO DE TRANSMISION	x	x	1	1
19	6V-9633	GASKET DE TAPA DE TANQUE HYDO	x	x	1	
20	9H-6454	Gasket de colador de tanque HYDO	x	X	X	1
21	8F-9206	SEAL	x	x	1	1
22	6V-9633	GASKET	1	1	x	1
23	102-2828	FILTER AS-HYD	x	x	1	1
25	6T-5068	FILTER A	1	1	x	1
26	6T-0988	FILTER	x	x	1	1
27	9F-4446	SEAL-O-RING respiradero de motor	x	x	1	1
28	3J-1907	Seal-o-ring tapon de Transmision	x	x	1	1
29	130-0229	Seal-o-ring	1	x	1	x
30	3S-7781	GASKET	1	x	1	x
31	8M-4987	SEAL O-RING	1	1	1	x
32	5N-4185	WASHER -ARANDELA	1	1	1	1
33	6V-5188	SEAL	1	1	1	1
34	328-3655	Elemento de Transmision	1	1	1	1
35		Filtro de cabina	x	x	x	1
Total			23	32	37	31

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## Anexo 7. Insumo TO-C1029/ / Modelo: D6T

**Tabla 38**

*Insumo TO-C1029/ MODELO: D6T 2017.*

TO-C1029/ MODELO: D6T / SERIE: GCT02009						
ITM	N/P	INSUMOS	PM1	PM2	PM3	PM4
1	ETISMA	ETIQUETA	1	3	2	1
2	177-9343	CAP PROBE (VAMPIROS)	2	2	2	3
3	169-7373	BOTELLAS	3	7	3	2
4	1R-0762	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	1	1	x	1
5	1R-1808	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	1	1	1	x
7	326-1644	SEPARADOR DE AGUA	1	1	1	1
8	337-5270	ELEMENTO TRANSMISIÓN	x	1	1	x
9	1R-0777	ELEMENTO HIDRÁULICO	x	1	1	1
10	9X-2205	KIT DE SELLOS	x	1	1	x
11	9X -8600	SELLOS	x	1	1	1
12	126-1818	FILTRO HIDRÁULICO	x	1	1	x
13	6I-2501	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	1	1	1	x
14	6I-2502	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	x	x	1	1
15	RA2040TM	ELEMENTO RACOR	1	1	1	x
16	2H6124	O'RING	1	1	1	x
17	5H-6733	SELLOS	1	1	1	x
18	9G-5127	RESPIRADERO DE TRANSMISION	x	x	1	1
19	6V-9633	GASKET DE TAPA DE TANQUE HYDO	x	x	1	1
20	9H-6454	Gasket de colador de tanque HYDO	x	x	x	1
21	8F-9206	SEAL	1	x	x	1
22	6V-9633	GASKET	x	x	x	1
23	102-2828	FILTER AS-HYD	x	x	1	1
25	6T-5068	FILTER A	x	x	x	x
26	6T-0988	FILTER	x	x	x	1
27	9F-4446	SEAL-O-RING repiradero de motor	x	x	1	1
28	3J-1907	Seal-o-ring tapon de transmision	x	x	1	1
29	130-0229	seal-o-ring	1	x	1	1
30	3S-7781	GASKET	1	x	1	1
31	8M-4987	SEAL O-RING	1	1	1	1
32	5N-4185	WASHER -ARANDELA	1	x	1	1
33	6V-5188	SEAL	1	1	x	1
34	328-3655	Elemento de Transmision	1	1	x	x
35		Filtro de cabina	X	X	X	1
Total			20	26	28	26

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## Anexo 8. Insumo TO-C1030/ Modelo: D8T

**Tabla 39**

*Insumo TO-C1030/ MODELO: D8T 2017.*

TO-C1030/ MODELO: D8T / SERIE: J8B04993						
ITM	N/P	INSUMOS	PM1	PM2	PM3	PM4
1	ETISMA	ETIQUETA	3	7	7	1
2	177-9343	CAP PROBE (VAMPIROS)	3	4	4	2
3	169-7373	BOTELLAS	3	7	7	1
4	1R-0749	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	2	2	2	2
5	1R-0716	FILTRO DE ACEITE	1	1	1	1
6	326-1644	SEPARADOR DE AGUA	1	1	1	1
7	337-5270	ELEMENTO TRANSMISIÓN	x	1	1	1
8	1R-0777	ELEMENTO HIDRÁULICO	x	1	1	1
9	9X-2205	KIT DE SELLOS	x	1	1	1
10	9X -8600	SELLOS	x	1	1	1
11	126-1818	FILTRO HIDRÁULICO	x	1	1	1
12	6I-2505	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	1	1	1	7
13	6I-2506	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	x	x	1	7
14	RA2040TM	ELEMENTO RACOR	1	1	1	1
15	2H6124	O'RING	x	x	x	1
16	5H-6733	SELLOS	1	1	1	1
17	130-0229	SEAL O-RING	2	2	2	1
18	166-2340	SEAL PRESS	1	1	1	1
19	3J-1907	SEAL O-RING	1	x	x	1
20	3S-9643	SELLOS	x	x	x	1
21	4F-7390	RING-ANILLO	x	x	x	1
22	9H-6454	GASKET	x	x	x	1
23	1G-8878	FILTRO HIDRAULICO	X	X	1	1
24	242-9537	SEAL	x	1	1	1
25	248-5513	REGULADOR	X	X	X	1
26	222-0345	BELT.	X	X	X	1
27	119-5152	COOLNT	X	X	X	1
28	209-8217	FILTER-RECIR	1	1	1	1
29	231-0167	ELEMENT	1	1	1	1
30	328-3655	Elemento de Transmision	X	X	1	1
31		Filtro de cabina	1	1	x	1
Total			23	36	39	33

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## Anexo 9. Insumo TO-80061/ Modelo: D8T

**Tabla 40.**

*Insumo TO-80061/ MODELO: D8T 2017.*

TO-80061/ MODELO: D8T / SERIE: J8B04797						
ITM	N/P	INSUMOS	PM1	PM2	PM3	PM4
1	ETISMA	ETIQUETA	3	2	1	2
2	177-9343	CAP PROBE (VAMPIROS)	3	1	3	4
3	169-7373	BOTELLAS	3	3	2	3
4	1R-0749	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	1	1	4	1
5	1R-0716	FILTRO DE ACEITE	1	2	1	1
6	326-1644	SEPARADOR DE AGUA	1	1	1	1
7	337-5270	ELEMENTO TRANSMISIÓN	x	1	1	1
8	1R-0777	ELEMENTO HIDRÁULICO	x	1	1	1
9	9X-2205	KIT DE SELLOS	x	1	1	1
10	9X -8600	SELLOS	x	1	1	1
11	126-1818	FILTRO HIDRÁULICO	x	1	1	1
12	6I-2505	FILTRO DE AIRE PRIMARIO	1	1	1	1
13	6I-2506	FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	x	x	1	1
14	RA2040TM	ELEMENTO RACOR	1	1	1	1
15	2H6124	O'RING	x	1	1	1
16	5H-6733	SELLOS	1	1	1	1
17	130-0229	SEAL O-RING	2	1	1	1
18	166-2340	SEAL PRESS	1	1	1	1
19	3J-1907	SEAL O-RING	1	1	1	1
20	3S-9643	SELLOS	x	1	1	1
21	4F-7390	RING-ANILLO	x	1	1	1
22	9H-6454	GASKET	x	1	1	1
23	1G-8878	FILTRO HIDRAULICO	X	X	1	1
24	242-9537	SEAL	x	1	1	1
25	248-5513	REGULADOR	X	X	X	X
26	222-0345	BELT.	X	X	X	X
27	119-5152	COOLNT	X	X	1	1
28	209-8217	FILTER-RECIR	1	1	1	1
29	231-0167	ELEMENT	1	1	1	1
30	328-3655	Elemento de Transmision	X	X	1	1
31		Filtro de cabina	1	1	1	x
Total			22	29	32	35

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## Anexo 10. Tabla de criterios para jerarquización de sistemas

**Tabla 41.**

*Tabla de criterios para jerarquización de sistemas*

Tabla de criterios para jerarquización de sistemas			
Paso N° 1: Contexto operacional			
Sistema:	Rev. N° 01	Fecha: 12/08/2017	
<b>Frecuencia de Falla:</b>		<b>Costo de Mantto:</b>	
Mayor a 5 fallas / año	4	Mayor o igual a US\$ 20,000	2
Promedio 3-5 fallas / año	3	Inferior a US\$ 20,000	1
Buena 2-3 fallas / año	2		
Excelente 1 falla / año	1		
<b>Impacto Operacional:</b>		<b>Impacto en seguridad Ambiente e Higiene:</b>	
Parada total	10	Afecta la seguridad humana externa como interna	8
Parada del subsistema y tiene repercusión en otros sistemas		Afecta el ambiente produciendo daños reversibles	6
Parada del sistema sin afectar a otros subsistemas	8	Provoca daños menores personal propio (accidentes e incidentes)	4
Impacta en niveles de producción o calidad		Afecta las instalaciones causando daños severos	3
Repercute en costos operacionales asociados a disponibilidad		Afecta a las instalaciones causando daños menores	2
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	6	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
<b>Flexibilidad Operacional:</b>		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	
No existe opción de producción y no existe repuesto	4		
Hay opción de repuesto compartido			
Repuesto disponible	2		

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## Anexo 11. Tiempo de parada junio-2017

**Tabla 42**  
*Shift Downtime Summary- June 2017*

Equipment	Downtime Start	Downtime End	Actual DT	Mes	Propietario	Grupo
TO-C1019	01/06/2017 07:00	30/06/2017 16:38	158.63	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	02/06/2017 10:15	02/06/2017 21:00	8.75	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	03/06/2017 07:30	03/06/2017 16:30	9	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	08/06/2017 05:16	08/06/2017 12:00	15.73	Junio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-80061	01/06/2017 08:30	01/06/2017 12:54	4.4	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	20/06/2017 09:14	20/06/2017 12:15	13.02	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	31/06/2017 09:00	31/06/2017 12:00	3	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	21/06/2017 07:30	21/06/2017 09:48	2.3	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	12/06/2017 09:30	12/06/2017 11:26	1.93	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	15/06/2017 11:20	15/06/2017 13:15	1.92	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	30/06/2017 11:30	30/06/2017 13:20	20.57	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	02/06/2017 10:30	02/06/2017 12:00	1.5	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1029	27/06/2017 07:00	27/06/2017 08:30	1.5	Junio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1030	18/06/2017 14:24	18/06/2017 15:50	1.43	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-80061	01/06/2017 07:00	30/06/2017 16:38	1.33	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	02/06/2017 10:15	02/06/2017 21:00	1.25	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	03/06/2017 07:30	03/06/2017 16:30	1.17	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	01/06/2017 07:00	30/06/2017 16:38	1.13	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	02/06/2017 10:15	02/06/2017 21:00	1.12	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	03/06/2017 07:30	03/06/2017 16:30	1	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	08/06/2017 05:16	08/06/2017 12:00	1	Junio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1027	01/06/2017 08:30	01/06/2017 12:54	1	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	20/06/2017 09:14	20/06/2017 12:15	1	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	31/06/2017 09:00	31/06/2017 12:00	1	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	21/06/2017 07:30	21/06/2017 09:48	0.9	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	12/06/2017 09:30	12/06/2017 11:26	0.83	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	15/06/2017 11:20	15/06/2017 13:15	0.83	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	30/06/2017 11:30	30/06/2017 13:20	0.83	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1030	02/06/2017 10:30	02/06/2017 12:00	0.75	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-80061	27/06/2017 07:00	27/06/2017 08:30	0.75	Junio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1019	18/06/2017 14:24	18/06/2017 15:50	0.67	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	01/06/2017 07:00	30/06/2017 16:38	0.67	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	02/06/2017 10:15	02/06/2017 21:00	0.67	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	03/06/2017 07:30	03/06/2017 16:30	0.67	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	01/06/2017 07:00	30/06/2017 16:38	0.67	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	02/06/2017 10:15	02/06/2017 21:00	0.62	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	03/06/2017 07:30	03/06/2017 16:30	0.58	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	08/06/2017 05:16	08/06/2017 12:00	0.58	Junio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1030	01/06/2017 08:30	01/06/2017 12:54	0.58	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	20/06/2017 09:14	20/06/2017 12:15	0.58	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	31/06/2017 09:00	31/06/2017 12:00	0.55	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	21/06/2017 07:30	21/06/2017 09:48	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	12/06/2017 09:30	12/06/2017 11:26	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	15/06/2017 11:20	15/06/2017 13:15	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	30/06/2017 11:30	30/06/2017 13:20	0.5	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1019	02/06/2017 10:30	02/06/2017 12:00	0.5	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	27/06/2017 07:00	27/06/2017 08:30	0.5	Junio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1029	18/06/2017 14:24	18/06/2017 15:50	0.5	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1030	01/06/2017 07:00	30/06/2017 16:38	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	02/06/2017 10:15	02/06/2017 21:00	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	03/06/2017 07:30	03/06/2017 16:30	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	01/06/2017 07:00	30/06/2017 16:38	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	02/06/2017 10:15	02/06/2017 21:00	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	03/06/2017 07:30	03/06/2017 16:30	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	08/06/2017 05:16	08/06/2017 12:00	0.5	Junio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1019	01/06/2017 08:30	01/06/2017 12:54	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	20/06/2017 09:14	20/06/2017 12:15	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	31/06/2017 09:00	31/06/2017 12:00	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	21/06/2017 07:30	21/06/2017 09:48	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	12/06/2017 09:30	12/06/2017 11:26	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	15/06/2017 11:20	15/06/2017 13:15	0.5	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	30/06/2017 11:30	30/06/2017 13:20	0.5	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1029	02/06/2017 10:30	02/06/2017 12:00	0.5	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1030	27/06/2017 07:00	27/06/2017 08:30	0.5	Junio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-80061	18/06/2017 14:24	18/06/2017 15:50	0.5	Junio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1019	01/06/2017 07:00	30/06/2017 16:38	0.47	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	02/06/2017 10:15	02/06/2017 21:00	0.45	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	03/06/2017 07:30	03/06/2017 16:30	0.42	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	01/06/2017 07:00	30/06/2017 16:38	0.42	Junio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga

Fuente: Dispatch operaciones Cia Coimolache-2017.



## Anexo 12. Tiempo de parada julio-2017

Tabla 43

Shift Downtime Summary- July 2017

Equipment	Downtime Start	Downtime End	Actual DT	Mes	Propietario	Grupo
TO-C1019	01/07/2017 07:00	30/07/2017 16:38	489.63	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	02/07/2017 10:15	02/07/2017 21:00	10.75	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	03/07/2017 07:30	03/07/2017 16:30	9	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	08/07/2017 05:16	08/07/2017 12:00	6.73	Julio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-80061	01/07/2017 08:30	01/07/2017 12:54	4.4	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	20/07/2017 09:14	20/07/2017 12:15	3.02	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	31/07/2017 09:00	31/07/2017 12:00	3	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	21/07/2017 07:30	21/07/2017 09:48	2.3	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	12/07/2017 09:30	12/07/2017 11:26	1.93	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	15/07/2017 11:20	15/07/2017 13:15	1.92	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	30/07/2017 11:30	30/07/2017 13:20	1.83	Julio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	02/07/2017 10:30	02/07/2017 12:00	1.5	Julio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1029	27/07/2017 07:00	27/07/2017 08:30	1.5	Julio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1030	18/07/2017 14:24	18/07/2017 15:50	1.43	Julio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-80061	01/07/2017 07:00	30/07/2017 16:38	1.33	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	02/07/2017 10:15	02/07/2017 21:00	1.25	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	03/07/2017 07:30	03/07/2017 16:30	1.17	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	08/07/2017 05:16	08/07/2017 12:00	1.13	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	01/07/2017 08:30	01/07/2017 12:54	1.12	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	20/07/2017 09:14	20/07/2017 12:15	1	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	31/07/2017 09:00	31/07/2017 12:00	1	Julio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1027	21/07/2017 07:30	21/07/2017 09:48	1	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	12/07/2017 09:30	12/07/2017 11:26	1	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	15/07/2017 11:20	15/07/2017 13:15	1	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	30/07/2017 11:30	30/07/2017 13:20	0.9	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	02/07/2017 10:30	02/07/2017 12:00	0.83	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	27/07/2017 07:00	27/07/2017 08:30	0.83	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	18/07/2017 14:24	18/07/2017 15:50	0.83	Julio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1030	01/07/2017 07:00	30/07/2017 16:38	0.75	Julio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-80061	02/07/2017 10:15	02/07/2017 21:00	0.75	Julio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1019	03/07/2017 07:30	03/07/2017 16:30	0.67	Julio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	08/07/2017 05:16	08/07/2017 12:00	0.67	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	01/07/2017 08:30	01/07/2017 12:54	0.67	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	20/07/2017 09:14	20/07/2017 12:15	0.67	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	31/07/2017 09:00	31/07/2017 12:00	0.67	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	21/07/2017 07:30	21/07/2017 09:48	0.62	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	12/07/2017 09:30	12/07/2017 11:26	0.58	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	15/07/2017 11:20	15/07/2017 13:15	0.58	Julio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1030	30/07/2017 11:30	30/07/2017 13:20	0.58	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	02/07/2017 10:30	02/07/2017 12:00	0.58	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	27/07/2017 07:00	27/07/2017 08:30	0.55	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	18/07/2017 14:24	18/07/2017 15:50	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	01/07/2017 07:00	30/07/2017 16:38	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	02/07/2017 10:15	02/07/2017 21:00	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	03/07/2017 07:30	03/07/2017 16:30	0.5	Julio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1019	08/07/2017 05:16	08/07/2017 12:00	0.5	Julio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	01/07/2017 08:30	01/07/2017 12:54	0.5	Julio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1029	20/07/2017 09:14	20/07/2017 12:15	0.5	Julio	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1030	31/07/2017 09:00	31/07/2017 12:00	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	21/07/2017 07:30	21/07/2017 09:48	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	12/07/2017 09:30	12/07/2017 11:26	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	15/07/2017 11:20	15/07/2017 13:15	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	30/07/2017 11:30	30/07/2017 13:20	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	02/07/2017 10:30	02/07/2017 12:00	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	27/07/2017 07:00	27/07/2017 08:30	0.5	Julio	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1019	18/07/2017 14:24	18/07/2017 15:50	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	01/07/2017 07:00	30/07/2017 16:38	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	02/07/2017 10:15	02/07/2017 21:00	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	03/07/2017 07:30	03/07/2017 16:30	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	08/07/2017 05:16	08/07/2017 12:00	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	01/07/2017 08:30	01/07/2017 12:54	0.5	Julio	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	20/07/2017 09:14	20/07/2017 12:15	0.5	Julio	FERREYROS S	Tractor Oruga

Fuente: Dispatch operaciones Cia Coimolache-2017.

## Anexo 13. Tiempo de parada Agosto-2017

**Tabla 44**  
**Shift Downtime Summary- August 2017**

Equipment	Downtime Start	Downtime End	Actual DT	Mes	Propietario	Grupo
TO-C1019	01/08/2017 07:00	30/08/2017 16:38	89.63	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	02/08/2017 10:15	02/08/2017 21:00	20.75	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	03/08/2017 07:30	03/08/2017 16:30	9	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	08/08/2017 05:16	08/08/2017 12:00	4.73	Agosto	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-80061	01/08/2017 08:30	01/08/2017 12:54	4.4	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	20/08/2017 09:14	20/08/2017 12:15	3.02	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	31/08/2017 09:00	31/08/2017 12:00	3	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	21/08/2017 07:30	21/08/2017 09:48	2.3	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	12/08/2017 09:30	12/08/2017 11:26	1.93	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	15/08/2017 11:20	15/08/2017 13:15	1.92	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	30/08/2017 11:30	30/08/2017 13:20	1.83	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	02/08/2017 10:30	02/08/2017 12:00	1.5	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1029	27/08/2017 07:00	27/08/2017 08:30	1.5	Agosto	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1030	18/08/2017 14:24	18/08/2017 15:50	1.43	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-80061	01/08/2017 07:00	30/08/2017 16:38	1.33	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	01/08/2017 07:00	30/08/2017 16:38	1.25	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	02/08/2017 10:15	02/08/2017 21:00	1.17	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	03/08/2017 07:30	03/08/2017 16:30	1.13	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	08/08/2017 05:16	08/08/2017 12:00	1.12	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	01/08/2017 08:30	01/08/2017 12:54	1	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	20/08/2017 09:14	20/08/2017 12:15	1	Agosto	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1027	31/08/2017 09:00	31/08/2017 12:00	1	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	21/08/2017 07:30	21/08/2017 09:48	1	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	12/08/2017 09:30	12/08/2017 11:26	1	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	15/08/2017 11:20	15/08/2017 13:15	0.9	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	30/08/2017 11:30	30/08/2017 13:20	0.83	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	02/08/2017 10:30	02/08/2017 12:00	0.83	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	27/08/2017 07:00	27/08/2017 08:30	0.83	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1030	18/08/2017 14:24	18/08/2017 15:50	0.75	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-80061	01/08/2017 07:00	30/08/2017 16:38	0.75	Agosto	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1019	01/08/2017 07:00	30/08/2017 16:38	0.67	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	02/08/2017 10:15	02/08/2017 21:00	0.67	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	03/08/2017 07:30	03/08/2017 16:30	0.67	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	08/08/2017 05:16	08/08/2017 12:00	0.67	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	01/08/2017 08:30	01/08/2017 12:54	0.67	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	20/08/2017 09:14	20/08/2017 12:15	0.62	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	31/08/2017 09:00	31/08/2017 12:00	0.58	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	21/08/2017 07:30	21/08/2017 09:48	0.58	Agosto	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1030	12/08/2017 09:30	12/08/2017 11:26	0.58	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	15/08/2017 11:20	15/08/2017 13:15	0.58	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	30/08/2017 11:30	30/08/2017 13:20	0.55	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	02/08/2017 10:30	02/08/2017 12:00	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	27/08/2017 07:00	27/08/2017 08:30	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	18/08/2017 14:24	18/08/2017 15:50	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	01/08/2017 07:00	30/08/2017 16:38	0.5	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1019	01/08/2017 07:00	30/08/2017 16:38	0.5	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	02/08/2017 10:15	02/08/2017 21:00	0.5	Agosto	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1029	03/08/2017 07:30	03/08/2017 16:30	0.5	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1030	08/08/2017 05:16	08/08/2017 12:00	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	01/08/2017 08:30	01/08/2017 12:54	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	20/08/2017 09:14	20/08/2017 12:15	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	31/08/2017 09:00	31/08/2017 12:00	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	21/08/2017 07:30	21/08/2017 09:48	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	12/08/2017 09:30	12/08/2017 11:26	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	15/08/2017 11:20	15/08/2017 13:15	0.5	Agosto	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1019	30/08/2017 11:30	30/08/2017 13:20	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	02/08/2017 10:30	02/08/2017 12:00	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	27/08/2017 07:00	27/08/2017 08:30	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	18/08/2017 14:24	18/08/2017 15:50	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	01/08/2017 07:00	30/08/2017 16:38	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	01/08/2017 07:00	30/08/2017 16:38	0.5	Agosto	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	02/08/2017 10:15	02/08/2017 21:00	0.5	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1029	03/08/2017 07:30	03/08/2017 16:30	0.5	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1030	08/08/2017 05:16	08/08/2017 12:00	0.5	Agosto	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-80061	01/08/2017 08:30	01/08/2017 12:54	0.5	Agosto	FERREYROS S	Tractor Oruga

Fuente: Dispatch operaciones Cia Coimolache-2017.

## Anexo 14. Tiempo de parada setiembre-2017

**Tabla 45**  
*Shift Downtime Summary- September 2017*

Equipment	Downtime Start	Downtime End	Actual DT	Mes	Propietario	Grupo
TO-C1019	01/09/2017 07:00	30/09/2017 16:38	89.63	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	02/09/2017 10:15	02/09/2017 21:00	20.75	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	03/09/2017 07:30	03/09/2017 16:30	9	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	08/09/2017 05:16	08/09/2017 12:00	4.73	Setiembre	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-80061	01/09/2017 08:30	01/09/2017 12:54	4.4	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	20/09/2017 09:14	20/09/2017 12:15	3.02	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	31/09/2017 09:00:00 a.m.	31/09/2017 12:00:00 p.m.	3	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	21/09/2017 07:30	21/09/2017 09:48	2.3	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	12/09/2017 09:30	12/09/2017 11:26	1.93	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	15/09/2017 11:20	15/09/2017 13:15	1.92	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	30/09/2017 11:30	30/09/2017 13:20	1.83	Setiembre	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	02/09/2017 10:30	02/09/2017 12:00	1.5	Setiembre	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1029	27/09/2017 07:00	27/09/2017 08:30	1.5	Setiembre	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1030	18/09/2017 14:24	18/09/2017 15:50	1.43	Setiembre	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-80061	01/09/2017 07:00	30/09/2017 16:38	1.33	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	01/09/2017 07:00	30/09/2017 16:38	1.25	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	01/09/2017 07:00	30/09/2017 16:38	1.17	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	02/09/2017 10:15	02/09/2017 21:00	1.13	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	03/09/2017 07:30	03/09/2017 16:30	1.12	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	08/09/2017 05:16	08/09/2017 12:00	1	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	01/09/2017 08:30	01/09/2017 12:54	1	Setiembre	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1027	20/09/2017 09:14	20/09/2017 12:15	1	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	31/09/2017 09:00:00 a.m.	31/09/2017 12:00:00 p.m.	1	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	21/09/2017 07:30	21/09/2017 09:48	1	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	12/09/2017 09:30	12/09/2017 11:26	0.9	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	15/09/2017 11:20	15/09/2017 13:15	0.83	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	30/09/2017 11:30	30/09/2017 13:20	0.83	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	02/09/2017 10:30	02/09/2017 12:00	0.83	Setiembre	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1030	27/09/2017 07:00	27/09/2017 08:30	0.75	Setiembre	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-80061	18/09/2017 14:24	18/09/2017 15:50	0.75	Setiembre	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1019	01/09/2017 07:00	30/09/2017 16:38	0.67	Setiembre	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	01/09/2017 07:00	30/09/2017 16:38	0.67	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	01/09/2017 07:00	30/09/2017 16:38	0.67	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	02/09/2017 10:15	02/09/2017 21:00	0.67	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	03/09/2017 07:30	03/09/2017 16:30	0.67	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	08/09/2017 05:16	08/09/2017 12:00	0.62	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	01/09/2017 08:30	01/09/2017 12:54	0.58	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	20/09/2017 09:14	20/09/2017 12:15	0.58	Setiembre	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1030	31/09/2017 09:00:00 a.m.	31/09/2017 12:00:00 p.m.	0.58	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	21/09/2017 07:30	21/09/2017 09:48	0.58	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1019	12/09/2017 09:30	12/09/2017 11:26	0.55	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1027	15/09/2017 11:20	15/09/2017 13:15	0.5	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1029	30/09/2017 11:30	30/09/2017 13:20	0.5	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-C1030	02/09/2017 10:30	02/09/2017 12:00	0.5	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga
TO-80061	27/09/2017 07:00	27/09/2017 08:30	0.5	Setiembre	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1019	18/09/2017 14:24	18/09/2017 15:50	0.5	Setiembre	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1027	01/09/2017 07:00	30/09/2017 16:38	0.5	Setiembre	CGM RENTAL SAC	Tractor Oruga
TO-C1029	01/09/2017 07:00	30/09/2017 16:38	0.5	Setiembre	FERREYROS S	Tractor Oruga
TO-C1030	01/09/2017 07:00	30/09/2017 16:38	0.5	Setiembre	CONAMULTISERVIS S.R.L.	Tractor Oruga

**Fuente:** Dispatch operaciones Cia Coimolache-2017.



## Anexo 15. Área de carguío (Plataforma Fase II)

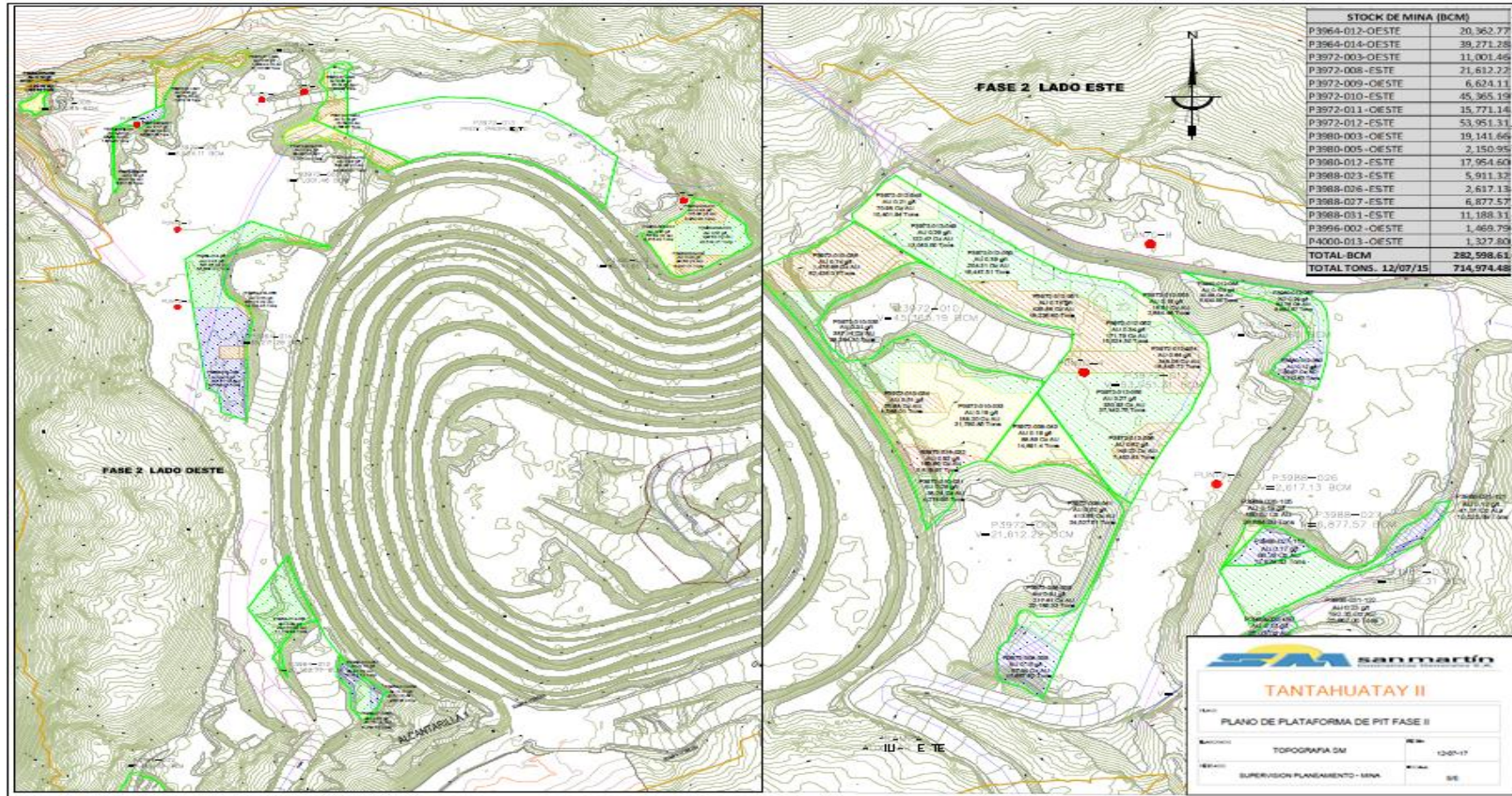


Figura 36. Área de acarreo T.O. D6T y D8T Cia Coimolache, 2017.  
Fuente: Dispatch operaciones Cia Coimolache-2017.





## Anexo 17. Registro de inscripción

REGISTRO DE INSCRIPCIÓN												
NRO	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CARGO	ÁREA	EMPRESA	LUNES				MARTES		
						ESPACIOS CONFINADOS		CURSO BÁSICO PARA SUPERVISORES-CONSTRUCCION	CURSO BÁSICO PARA SUPERVISORES- MINA MODULO I	INDUCCIÓN ANEXO 144 CONSTRUCCION	AISLAMIENTO DE ENERGIA	
						MINA	CONSTRUCCION				MINA	CONSTRUCCION
1	CARHUALLCA ALCANTARA FRANKLIN	4351256	TECNICO MECANICO CONDUCTOR	MANUTENIMIENTO	FERRETIROS							
2	DELAGO VASQUEZ MILTON ALEXANDER	4742862	TECNICO ELECTRICISTA	MANUTENIMIENTO	FERRETIROS							
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												

Monitoreo de equipos CIA Coimolache 2017				31	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	29	30	Total	Avance%																											
Items	Equipo	Modelo	Código Cliente	OCTUBRE																														NOVIEMBRE																													
1	TRACTOR	D8T	TO-80061		P																															0	0%																										
2	TRACTOR	D8T	TO-C1030		P																																0	0%																									
3	TRACTOR	D8T	TO-C1019		P																																0	0%																									
4	TRACTOR	D8T	TO-C1026		P																																0	0%																									
5	TRACTOR	D8T	TO-C1022		P																																0	0%																									
6	TRACTOR	D8T	TO-C1018		P																																0	0%																									
7	TRACTOR	D8T	TO-C1021		P																																0	0%																									
8	TRACTOR	D8T	TO-C1020		P																																0	0%																									
9	TRACTOR	D8T	TO-C1027		P																																0	0%																									
10	TRACTOR	D8T	TO-C1029	X	P																																0	0%																									
11	TRACTOR	D8T	TO-C1032		P																																0	0%																									
12	TRACTOR	D8T	TO-C1035	X	P																																0	0%																									
13	TRACTOR	D8T	TO-C1031		P																																0	0%																									
14	TRACTOR	D8T	TO-C1033	X	P																																0	0%																									
15	TRACTOR	D8T	TO-C1034		P																																0	0%																									
16	TRACTOR	D8T	TO-C1025		P																																0	0%																									

**Figura 38.** Registro de Inscripción para capacitaciones, 2017 de operarios.  
**Fuente:** Área de operaciones Cia Coimolache.

## Anexo 18. Plan semanal de PM1 a equipos TO-CAT-D6T y D8T

### PLAN SEMANAL CIA COIMOLACHE 2017

HORAS	13-jun	14-jun	15-jun	16-jun	17-jun	18-jun	19-jun
MES: JUNIO, 2017	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
6:30 am a 7:00 am	EXC1019 ENGRASE	EXC1019 ENGRASE	EXC1019 ENGRASE	EXC1019 ENGRASE	EXC1019 ENGRASE	EXC1019 ENGRASE	EXC1019 ENGRASE
7:30 am a 8:30 am	RO-C1013 PM4	ENGRASE MINADO	ENGRASE MINADO	RO-C1012 PM4	ENGRASE MINADO	RO-C1010 PM4	ENGRASE MINADO
8:30 am a 9:30 am							
9:30 am a 10:30 am							
10:30 am a 11:30 am							
11:30 am a 12:00 am		EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE		EX-C1006 ENGRASE		EX-C1006 ENGRASE
12:00 am a 12:30 am		EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE		EX-C1007 ENGRASE		EX-C1007 ENGRASE
12:30 am a 01:00 Pm		EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE		EX-C1020 ENGRASE		EX-C1020 ENGRASE
1:00 pm a 2:00 pm	<b>ALMUERZO</b>						
2:00 pm a 3:30 pm	RO-C1013 PM4	EXC1020 PM1	EXC1007 PM2	RO-C1012 PM4	TO-C1010 PM3	RO-C1010 PM4	RO-C1019 PM3
3:30 pm a 4:30 pm							
4:30 pm a 5:30 pm							
5:30 pm a 6:00 pm							
6:00pm a 6:30 pm	<b>CAMBIO DE GUARDIA</b>						
6:30 pm a 7:30 pm	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE
7:30 pm a 8:30 pm	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE
8:30 pm a 9:30 pm	RO-C1012 ENGRASE	EXC1002 PM1	RO-C1007 PM1	RO-C1012	TO-C1010 ENGRASE	RO-C1018 PM2	TO-C1010 ENGRASE
9:30 pm a 10:30 pm	TO-C1010 ENGRASE			TO-C1010 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE		TO-C1018 ENGRASE
10:30 pm a 11:30 pm	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	RO-C1007 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	RO-C1012
11:30 pm a 12:30 pm	RO-C1019 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE		TO-C1018 ENGRASE	RO-C1019 ENGRASE
12:30 pm a 01:30 am	<b>DESCANSO</b>						
1:30 am a 02:30 am	<b>DESCANSO</b>						
2:30 am a 03:30 am	RO-C1007 ENGRASE	RO-C1013 ENGRASE	RO-C1019 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE	RO-C1013 ENGRASE	RO-C1007 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE
3:30 am a 04:30 am							
4:30 am a 05:30 am							
5:30 am a 06:30 am							

**Figura 39.** Plan semanal de PM1 – TO-CAT-D6T y D8T. Mes junio, 2017.  
Fuente: Área de operaciones Cia Coimolache.

## Anexo 19. Plan semanal PM1 a equipos TO-CAT-D6T y D8T

### PLAN SEMANAL CIA COIMOLACHE 2017

HORAS	13-jul	14-jul	15-jul	16-jul	17-jul	18-jul	19-jul							
MES: JULIO, 2017	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes							
6:30 am a 7:00 am	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	EXC1019 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE							
7:30 am a 8:30 am	RO-C1013 PM4	ENGRASE MINADO	ENGRASE MINADO	RO-C1012 PM4	ENGRASE MINADO	RO-C1010 PM4	ENGRASE MINADO							
8:30 am a 9:30 am														
9:30 am a 10:30 am														
10:30 am a 11:30 am														
11:30 am a 12:00 am														
12:00 am a 12:30 am	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE							
12:30 am a 01:00 Pm	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE							
12:30 am a 01:00 Pm	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE							
1:00 pm a 2:00 pm	<b>ALMUERZO</b>													
2:00 pm a 3:30 pm	RO-C1013 PM4	EXC1020 PM1	EXC1007 PM2	RO-C1012 PM4	TO-C1010 PM3	RO-C1010 PM4	RO-C1019 PM3							
3:30 pm a 4:30 pm														
4:30 pm a 5:30 pm														
5:30 pm a 6:00 pm														
6:00pm a 6:30 pm	<b>CAMBIO DE GUARDIA</b>													
6:30 pm a 7:30 pm	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE							
7:30 pm a 8:30 pm	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE							
8:30 pm a 9:30 pm	RO-C1012 ENGRASE	EXC1002 PM1	RO-C1007 PM1	RO-C1012	TO-C1010 ENGRASE	RO-C1018 PM2	TO-C1010 ENGRASE							
9:30 pm a 10:30 pm	TO-C1010 ENGRASE			TO-C1010 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE		TO-C1018 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE						
10:30 pm a 11:30 pm	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	RO-C1007 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	RO-C1012							
11:30 pm a 12:30 pm	RO-C1019 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE		TO-C1018 ENGRASE	RO-C1019 ENGRASE							
12:30 pm a 01:30 am	<b>DESCANSO</b>													
1:30 am a 02:30 am														
2:30 am a 03:30 am								RO-C1007 ENGRASE	RO-C1013 ENGRASE	RO-C1019 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE	RO-C1013 ENGRASE	RO-C1007 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE
3:30 am a 04:30 am														
4:30 am a 05:30 am														
5:30 am a 06:30 am														

Figura 40. Plan semanal de PM1 – TO-CAT-D6T y D8T. Mes julio.2017.

Fuente: Área de operaciones Cia Coimolache..



## Anexo 20. Plan semanal PM1 equipos TO-CAT-D6T y D8T

### PLAN SEMANAL CIA COIMOLACHE 2017

HORAS	13-ago	14-ago	15-ago	16-ago	17-ago	18-ago	19-ago
MES: AGOSTO, 2017	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
6:30 am a 7:00 am	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	EXC1019 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE
7:30 am a 8:30 am	RO-C1013 PM4	ENGRASE MINADO	ENGRASE MINADO	RO-C1012 PM4	ENGRASE MINADO	RO-C1010 PM4	ENGRASE MINADO
8:30 am a 9:30 am							
9:30 am a 10:30 am							
10:30 am a 11:30 am							
11:30 am a 12:00 am	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE
12:00 am a 12:30 am	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE
12:30 am a 01:00 Pm	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE
1:00 pm a 2:00 pm	<b>ALMUERZO</b>						
2:00 pm a 3:30 pm	RO-C1013 PM4	EXC1020 PM1	EXC1007 PM2	RO-C1012 PM4	TO-C1010 PM3	RO-C1010 PM4	RO-C1019 PM3
3:30 pm a 4:30 pm							
4:30 pm a 5:30 pm							
5:30 pm a 6:00 pm							
6:00pm a 6:30 pm	<b>CAMBIO DE GUARDIA</b>						
6:30 pm a 7:30 pm	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE
7:30 pm a 8:30 pm	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE
8:30 pm a 9:30 pm	RO-C1012 ENGRASE	EXC1002 PM1	RO-C1007 PM1	RO-C1012	TO-C1010 ENGRASE	RO-C1018 PM2	TO-C1010 ENGRASE
9:30 pm a 10:30 pm	TO-C1010 ENGRASE			TO-C1010 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE		TO-C1018 ENGRASE
10:30 pm a 11:30 pm	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	RO-C1007 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	RO-C1012
11:30 pm a 12:30 pm	RO-C1019 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE		TO-C1018 ENGRASE	RO-C1019 ENGRASE
12:30 pm a 01:30 am	<b>DESCANSO</b>						
1:30 am a 02:30 am	<b>DESCANSO</b>						
2:30 am a 03:30 am	RO-C1007 ENGRASE	RO-C1013 ENGRASE	RO-C1019 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE	RO-C1013 ENGRASE	RO-C1007 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE
3:30 am a 04:30 am							
4:30 am a 05:30 am							
5:30 am a 06:30 am							

Figura 41. Plan semanal de PM1 – TO-CAT-D6T y D8T. Mes agosto, 2017.

Fuente: Área de operaciones Cia Coimolache.

## Anexo 21. Plan semanal PM1 equipos TO-CAT-D6T y D8T

### PLAN SEMANAL CIA COIMOLACHE 2017

HORAS	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	19-sep							
MES: SETEIMBRE, 2017	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes							
6:30 am a 7:00 am	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	EXC1019 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE							
7:30 am a 8:30 am	RO-C1013 PM4	ENGRASE MINADO	ENGRASE MINADO	RO-C1012 PM4	ENGRASE MINADO	RO-C1010 PM4	ENGRASE MINADO							
8:30 am a 9:30 am														
9:30 am a 10:30 am														
10:30 am a 11:30 am														
11:30 am a 12:00 am		EX-C1006 ENGRASE	EX-C1006 ENGRASE		EX-C1006 ENGRASE									
12:00 am a 12:30 am	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE	EX-C1007 ENGRASE											
12:30 am a 01:00 Pm	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE	EX-C1020 ENGRASE											
1:00 pm a 2:00 pm	<b>ALMUERZO</b>													
2:00 pm a 3:30 pm	RO-C1013 PM4	EXC1020 PM1	EXC1007 PM2	RO-C1012 PM4	TO-C1010 PM3	RO-C1010 PM4	RO-C1019 PM3							
3:30 pm a 4:30 pm														
4:30 pm a 5:30 pm														
5:30 pm a 6:00 pm														
6:00pm a 6:30 pm	<b>CAMBIO DE GUARDIA</b>													
6:30 pm a 7:30 pm	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	EX-1002 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE							
7:30 pm a 8:30 pm	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE	CF-C1006 ENGRASE							
8:30 pm a 9:30 pm	RO-C1012 ENGRASE	EXC1002 PM1	RO-C1007 PM1	RO-C1012	TO-C1010 ENGRASE	RO-C1018 PM2	TO-C1010 ENGRASE							
9:30 pm a 10:30 pm	TO-C1010 ENGRASE			TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE		TO-C1018 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE						
10:30 pm a 11:30 pm	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	RO-C1007 ENGRASE	TO-C1010 ENGRASE	RO-C1012							
11:30 pm a 12:30 pm	RO-C1019 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	TO-C1018 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE		TO-C1018 ENGRASE	RO-C1019 ENGRASE							
12:30 pm a 01:30 am	<b>DESCANSO</b>													
1:30 am a 02:30 am														
2:30 am a 03:30 am								RO-C1007 ENGRASE	RO-C1013 ENGRASE	RO-C1019 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE	RO-C1013 ENGRASE	RO-C1007 ENGRASE	RO-C1018 ENGRASE
3:30 am a 04:30 am														
4:30 am a 05:30 am														
5:30 am a 06:30 am														

Figura 42. Plan semanal de PM1 – TO-CAT-D6T y D8T. Mes setiembre, 2017

Fuente: Área de operaciones Cia Coimolache..

## Anexo 22. Área de mantenimiento Cia Coimolache



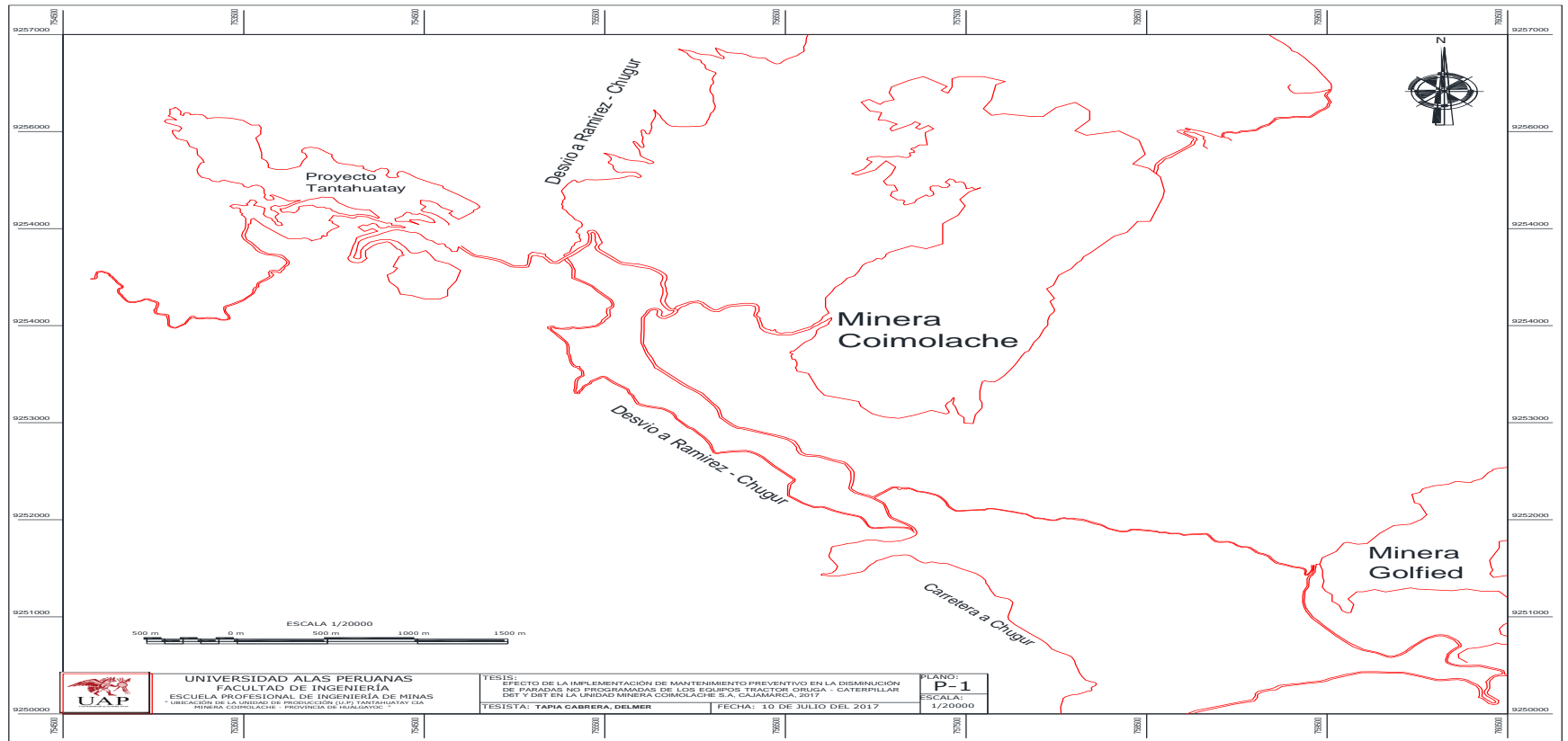
**Figura 43.** Área de operaciones mina, Cia Coimolache.  
**Fuente:** Elaboracion propia, 2017.

## Anexo 23. Botadero de DM3



**Figura 44.** Botadero de DM3.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

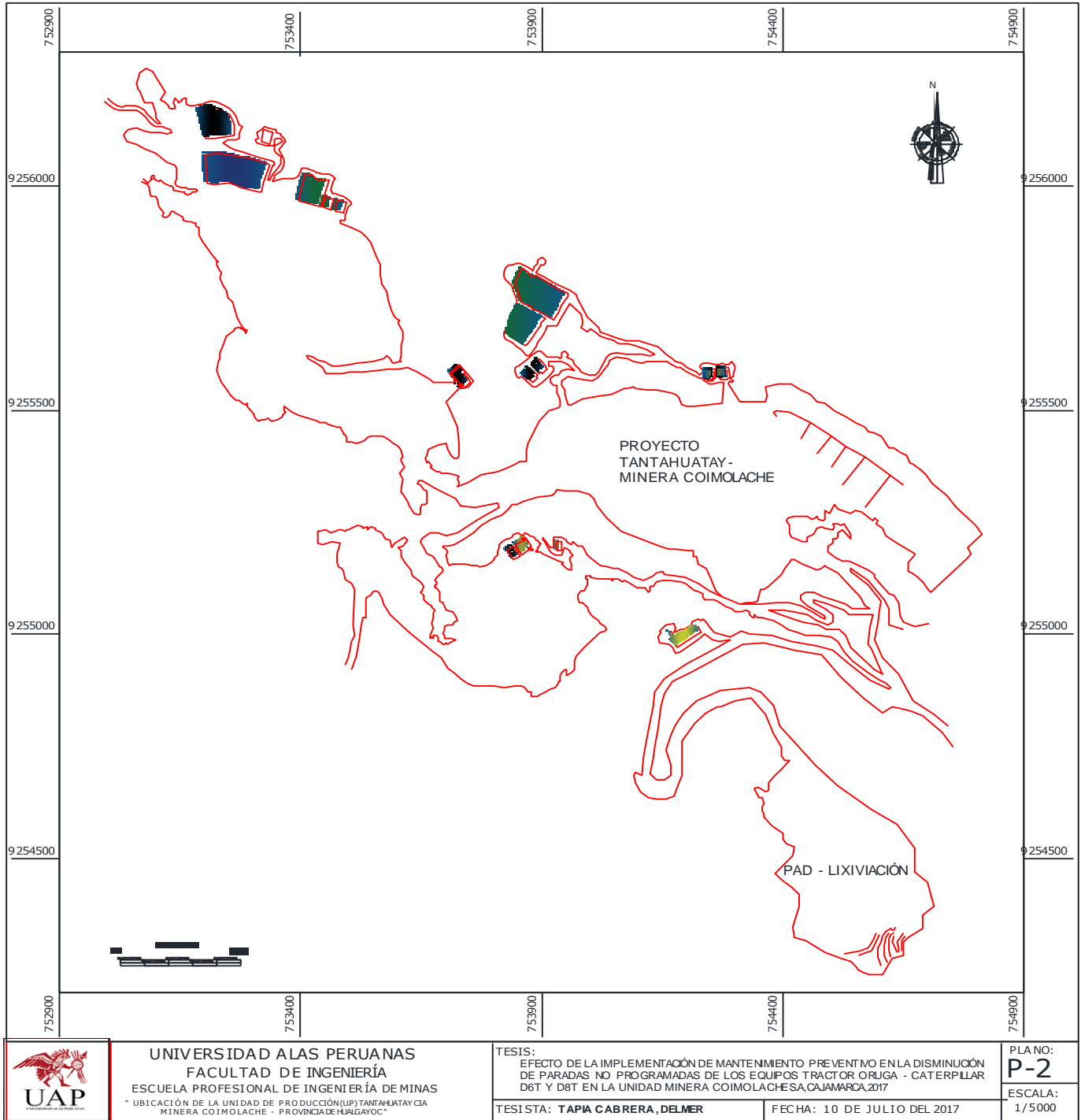
## Anexo 24. Botadero de DM3



**Figura 45.** Plano de ubicación del Proyecto Tantahuatay.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



## Anexo 25. Botadero de DM3



**Figura 46.** Plano de ubicación de la U. P Tantahuatay (Muestra de estudio)  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.