



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TESIS**

**“DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO  
PREDICTIVO PARA LOS VEHICULOS PESADOS  
DE ALTO TONELAJE FM 440 DE LA SUB-  
GERENCIA DE EQUIPO MECÁNICO-DEL  
GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA EN  
CERRO COLORADO – 2017”**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER  
EDDISON JEANCARLOS RODRIGUEZ RAMOS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECANICO**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2017**

## **DEDICATORIA**

La presente investigación la dedico a mi madre, que fue mi apoyo desde pequeño, y que lucho por mí para poder ser profesional.

Gracias madre.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente mi agradecimiento con Dios por darme vida, agradecer a mi madre, a mis tíos y hermanos; y a los ingenieros de la escuela de Ingeniería Mecánica que ayudaron a mi formación profesional.

## **RECONOCIMIENTO**

Reconozco a los ingenieros Juan Molina, Juan Abad, Y Julio León que ayudaron a la realización de mi tesis.

## INDICE

CARATULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RECONOCIMIENTO.....	iv
INDICE .....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCION.....	xvii
1.1 Localización .....	1
1.2 Descripción de la realidad del problema .....	1
1.3 Delimitación de la investigación .....	2
1.3.1. Delimitación espacial .....	2
1.3.2. Delimitación social .....	2
1.3.3. Delimitación temporal .....	2
1.3.4. Delimitación conceptual .....	2
1.4. Problemas de investigación .....	3
1.4.1. Problema principal .....	3
1.4.2. Problemas específicos.....	3
1.5. Objetivo de la investigación .....	3
1.5.1. Objetivo general.....	3
1.5.2. Objetivos específicos.....	4
1.6.1. Hipótesis de la investigación.....	4
1.6.1.1. Hipótesis general.....	4
1.6.1.2 Hipótesis específica.....	4
1.6.2. Variables.....	4
1.6.2.1. Variable independiente.....	4
1.6.2.2. Variable dependiente.....	5
1.6.3. Indicadores.....	5

1.6.3.1.	Indicadores Independientes.....	5
1.6.3.2	Indicadores Dependientes .....	5
1.7.1.	Tipo y nivel de la investigación .....	5
1.7.1.1.	Tipo de investigación .....	5
1.7.1.2.	Nivel de la investigación.....	5
1.7.2.	Método y diseño de la investigación .....	6
1.7.2.1.	Método de la investigación.....	6
1.7.2.2.	Diseño de la investigación.....	6
1.7.3.	Población y muestra.....	6
1.7.3.1.	Población de la investigación .....	6
1.7.3.2.	Muestra de la investigación .....	6
1.7.4.	Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos .....	6
1.7.4.1	Técnicas de la investigación .....	6
1.7.4.2	Instrumentos de la investigación .....	7
1.7.4.3	Fuentes de recolección de datos .....	7
1.8.	Justificación e importancia de la investigación.....	7
1.8.1.	Justificación.....	7
1.8.1.1.	Justificación teórica.....	7
1.8.1.2	Justificación real.....	8
1.8.1.3	Justificación ambiental.....	8
1.8.1.4	Justificación económica .....	8
1.8.2	Importancia .....	8
1.8.3	Limitaciones .....	8
CAPITULO II .....		9
MARCO TEORICO .....		9
2.1.	Antecedentes de la investigación .....	9
2.1.1.	Ubicación geográfica.....	9
2.1.2.	Limitaciones .....	9
2.1.3.	Clima y Zona de Vida.....	9
2.1.4.	Indicadores geográficos y población actual .....	9
2.1.5.	Estudio de disponibilidad .....	10
2.2.	Marco Histórico.....	10
2.3.	Bases teóricas.....	20

2.3.1.	Optimización del mantenimiento correctivo .....	20
2.3.2.	Organización del mantenimiento correctivo .....	21
2.3.3.	Orden de trabajo:.....	21
2.3.4.	Programación de la orden de trabajo .....	22
2.3.5.	Preparación de la orden de trabajo .....	23
2.3.6.	Planificación .....	24
2.3.7.	Mantenimiento predictivo .....	24
2.3.7.1.	Mantenimiento según condición (m.o.c.).....	24
2.3.7.2.	Procedimientos del M.O.C. ....	25
2.3.7.3.	Técnicas utilizadas en el M.O.C.....	26
2.3.7.4.	Instrumentos utilizados en el M.O.C.....	27
2.3.8.1.	Tipos de variables a monitorizar .....	29
2.3.9.	Ámbito de aplicación .....	30
2.3.9.1.	Ventajas.....	30
2.3.9.2.	Desventajas .....	30
2.3.10.	Mantenimiento proactivo en base al análisis de aceite lubricante .....	31
2.3.10.1.	Introducción.....	31
2.3.10.2.	Mantenimiento proactivo en base a análisis de aceite lubricante.....	31
2.3.10.3.	Laboratorio de Análisis de Aceite de Motores.....	33
2.3.10.5.	Flujo de la información .....	35
2.3.11.	Software de gestión de mantenimiento .....	36
2.3.11.1.	Introducción.....	36
2.3.11.2.	Concepto .....	36
2.3.11.3.	Caraterísticas.....	37
2.3.11.4.	Funciones .....	38
2.3.11.5.	Beneficios.....	38
CAPITULO III .....		40
DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO .....		40
3.1	Localización .....	40
3.2	Procedimientos de análisis en el proyecto .....	41
3.2.1.	Seleccionar la unidad de proyecto.....	41
3.2.2.	Alcances y generación del proyecto .....	43
3.2.2.1.	Especificaciones técnicas .....	45

3.2.2.2.	Motor D13.....	49
3.2.2.3.	Funcionamiento del motor .....	52
3.2.2.4.	Visión General Del Motor .....	54
3.2.2.5.	Aceite de motor .....	55
3.2.2.5.5.	Lubricación sintética .....	56
3.2.2.5.6.	Cambio de aceite.....	58
3.2.2.6.	Visión general del motor.....	58
3.2.2.7.	Sistema de transmisión Eje trasero RT3210HV.....	60
3.2.2.7.1.	Ejes tándem que proporcionan gran fuerza de tracción con buena transitabilidad .....	63
CAPITULO IV .....		68
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL DISEÑO DEL PROYECTO .....		68
4.1.	Teoría del proceso.....	68
4.1.1.	Tipos de mantenimiento .....	69
4.2.	Funcionamiento .....	70
4.3.	Esquemas y análisis.....	72
4.4.	Formulas justificativas .....	75
4.4.1.	Tiempo Medio Entre Fallas y Tiempo Medio Para Reparar .....	75
4.4.2.	Recursos materiales .....	77
4.5.1.	Inspección del vehículo Volvo FM 440.....	77
4.5.1.1.	Calidad y tipo de inspección.....	78
4.5.1.2.	Criterio de decisión .....	78
4.6.	Formulas justificativas .....	78
4.6.1.	Análisis de Criticidad .....	78
4.6.1.1.	Factor de Frecuencia de Fallos ( <i>FF</i> ).....	79
4.6.1.2.	Factores de Consecuencias ( <i>C</i> ).....	83
4.6.1.2.1.	Impacto Operacional ( <i>IO</i> ).....	83
4.6.1.2.2.	Impacto por Flexibilidad Operacional ( <i>FO</i> ) .....	84
4.6.1.2.3.	Impacto en Costes de Mantenimiento ( <i>CM</i> ).....	84
4.6.1.2.4.	Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente ( <i>SHA</i> ).....	84
4.7.	Indicadores.....	87
4.7.1.	Mantenibilidad.....	87
4.7.2.	Media .....	87

4.7.3.	Varianza.....	88
4.7.4.	Desviación estándar .....	88
4.7.5.	Tiempo Medio Correctivo .....	88
4.7.6.	Disponibilidad .....	89
4.8.	Plan de mejoras.....	89
4.8.1.	Análisis de fallas .....	89
4.8.2.	Árbol de fallas .....	91
4.8.3.	Gestión de mantenimiento (mejora continua) .....	91
4.8.3.1.	Mejora continua.....	91
4.9.	Gestión de gastos.....	92
4.9.1.	Análisis económico para la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico .....	92
4.9.1.1.	Mano de obra directa (MOD).....	92
4.9.1.2.	Mano de obra indirecta (MOI) .....	93
4.9.1.3.	Materia prima (MP) .....	93
4.9.1.4.	Gastos financieros (GF) .....	95
4.9.2.	Gestión de análisis de costos de mantenimiento .....	95
4.9.2.1.	Costos de mantenimiento.....	95
4.9.2.2.	Análisis de aceite.....	98
4.9.2.2.1.	Limite condenatorio.....	98
4.9.2.2.2.	Limite comúnmente aceptado.....	98
4.9.2.2.3.	Promedios .....	98
4.9.2.2.4.	Limites proactivos .....	99
4.10.	Evolución de análisis de aceites.....	101
4.11.	Análisis financiero .....	102
4.11.1.	Valor actual neto (VAN) .....	102
4.11.2.	Tasa interna de retorno (TIR).....	103
4.12.	Aplicación de un software.....	104
CAPITULO V .....		106
ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACION.....		106
5.1.	Recursos humanos .....	106
5.2	Cronograma de actividades .....	106
CONCLUSIONES.....		107
RECOMENDACIONES.....		109

BIBLIOGRAFÍA.....	110
WEBGRAFIA.....	111
ANEXOS .....	112

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Mantenimiento preventivo de las unidades FM 440.</i>	1
<i>Cuadro 2. Lista de maquinarias.</i>	10
<i>Cuadro 3. Tipos de inspección.</i>	28
<i>Cuadro 4. Total de camiones de la SGEM.</i>	41
<i>Cuadro 5. Modelo de camiones Volvo.</i>	41
<i>Cuadro 6. Unidades Volvo FM 440.</i>	42
<i>Cuadro 7. Mantenimiento según tiempo de trabajo.</i>	43
<i>Cuadro 8. Mantenimiento según horometro.</i>	44
<i>Cuadro 9. Propuesta de mantenimiento.</i>	44
<i>Cuadro 10. Capacidad de componentes.</i>	58
<i>Cuadro 11. Fallas septiembre-octubre-noviembre-diciembre 2016.</i>	72
<i>Cuadro 12. Fallas enero-febrero-marzo-abril 2017.</i>	73
<i>Cuadro 13. Fallas mayo-junio-julio-agosto 2017.</i>	74
<i>Cuadro 14. Análisis del tiempo de operación, paradas y demoras en reparación.</i>	76
<i>Cuadro 15. Precios para efectuar el mantenimiento.</i>	77
<i>Cuadro 16. Recursos humanos de taller.</i>	77
<i>Cuadro 17. Frecuencia de fallos.</i>	79
<i>Cuadro 18. Frecuencia de fallas.</i>	82
<i>Cuadro 19. Consecuencia de fallos.</i>	85
<i>Cuadro 20. Criticidad por falla.</i>	86
<i>Cuadro 21. Partes más críticas.</i>	86
<i>Cuadro 22. Tiempo de reparaciones.</i>	87
<i>Cuadro 23. Árbol de fallas.</i>	91
<b>Cuadro 24. MOD.</b>	93
<i>Cuadro 25. MOI.</i>	93
<i>Cuadro 26. MP.</i>	94
<i>Cuadro 27. Costos del MP1.</i>	96
<i>Cuadro 28. Costos de MP2.</i>	96
<i>Cuadro 29. Costos de MP3.</i>	97
<i>Cuadro 30. Periodos de mantenimiento.</i>	97
<i>Cuadro 31. Coste de mantenimiento de cada unidad FM 440 al año.</i>	97
<i>Cuadro 32. VAN.</i>	103
<i>Cuadro 33. TIR.</i>	104
<i>Cuadro 34. Cronograma de actividades.</i>	106

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Dificultad del trabajo.</i> .....	22
<i>Tabla 2. Urgencias.</i> .....	23
<i>Tabla 3. Trabajos sencillos y complejos.</i> .....	23
<i>Tabla 4. Inspección y recolección.</i> .....	25
<i>Tabla 5. Límites condenatorios por marca.</i> .....	99
<i>Tabla 6. Límites comúnmente aceptados por la industria.</i> .....	100
<i>Tabla 7. Efectos del contaminante sobre la superficie metálica.</i> .....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Expectativas de mantenimiento creciente.</i>	13
<i>Figura 2. Cambios en los puntos de vista sobre la falla de equipo.</i>	15
<i>Figura 3. Cambios en las técnicas de mantenimiento.</i>	16
<i>Figura 4. Historia del mantenimiento.</i>	18
<b>Figura 5. Criterios de la Gestión del Mantenimiento.</b>	19
<b>Figura 6. Circuito de la orden de trabajo.</b>	22
<i>Figura 7. Deterioro vs tiempo de pre-aviso.</i>	25
<i>Figura 8. Prueba de sonido.</i>	27
<b>Figura 9. Laboratorio de análisis de aceites.</b>	35
<i>Figura 10. Diagrama de flujo de información.</i>	36
<i>Figura 11. ERP.</i>	39
<i>Figura 12. Fuerza-torque.</i>	49
<i>Figura 13. Motor D13.</i>	50
<i>Figura 14. Performance en RPM.</i>	50
<i>Figura 15. Performance en RPM.</i>	51
<i>Figura 16. Performance en RPM.</i>	51
<i>Figura 17. Selección del aceite.</i>	57
<i>Figura 18. Eje posterior</i>	62
<i>Figura 19. Simple reducción en el primer eje trasero.</i>	64
<i>Figura 20. Caja de reenvío en el primer eje trasero.</i>	64
<i>Figura 21. Línea de centros corona-piñón.</i>	65
<i>Figura 22. Cuba.</i>	66
<i>Figura 23. Inmovilizador de diferencial activado (engranaje trasero).</i>	67
<i>Figura 24. Inmovilizador de diferencial desactivado (engranaje trasero).</i>	67

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1. Curva de disponibilidad.....</i>	<i>76</i>
<i>Gráfico 2. Frecuencia de fallos.....</i>	<i>80</i>
<i>Gráfico 3. Frecuencia de fallos por partes.....</i>	<i>81</i>
<i>Gráfico 4. Promedio anual de fallos. ....</i>	<i>82</i>
<i>Gráfico 5. Evolución del análisis del aceite.....</i>	<i>101</i>
<i>Gráfico 6. Evolución del análisis de aceite.....</i>	<i>101</i>

## RESUMEN

La Sub-Gerencia de Equipo Mecánico es una oficina de la Gerencia de Infraestructura del Gobierno Regional de Arequipa, se ubica en parque industrial de Rio Seco. Actualmente se encuentra al bajo supervisión de la gerencia de infraestructura.

La Sub-Gerencia de Equipo Mecánico cuenta con 289 máquinas entre línea amarilla y línea blanca. La investigación está dirigida a los camiones FM 440 (que son 20), los cuales son los que mayor operatividad presentan.

En la presente investigación, **“Diseño de plan de mantenimiento predictivo para los vehículos pesados de alto tonelaje FM 440 de la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico del Gobierno Regional de Arequipa en Cerro Colorado – 2017”**, se recolectó datos de un año de todas las unidades, se analizaron las fallas y se propone una óptima gestión de calidad en el mantenimiento a base del círculo de Deming (planificación, hacer, revisar y actuar); tener un personal capacitado para un mantenimiento de calidad y proponer la adquisición de un software de mantenimiento para un seguimiento, planificación, órdenes de mantenimiento, etc..

## **ABSTRACT**

The Sub-Management of Mechanical Equipment is an office of the Infrastructure Management of the Regional Government of Arequipa, located in the industrial park of Rio Seco. He is currently under the command of management of infrastructure.

The Sub-Management of Mechanical Equipment has 289 machines between yellow line and white line. The investigation is directed to the FM 440 trucks (which are 20), which are the ones with the greatest operability.

In the present investigation, "Design of predictive maintenance plan for the heavy vehicles of FM 440 of the Sub-Management of Mechanical Equipment of the Regional Government of Arequipa in Cerro Colorado - 2017", data of one year of all the units, faults were analyzed and an optimal management of quality in maintenance is proposed based on the Deming circle (planning, doing, reviewing and acting); have a trained staff for quality maintenance and propose the acquisition of maintenance software for monitoring, planning, maintenance orders, etc.

## INTRODUCCION

El mantenimiento, produce un bien real, que puede resumirse en: la capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En este panorama estamos inmersos y vale la pena considerar algunas posibilidades que siempre han estado pero ahora cobran mayor relevancia. Particularmente, la imperativa necesidad de redimensionar la empresa implica para el mantenimiento, retos y oportunidades que merecen ser valorados. Debido a que el ingreso siempre provino de la venta de un producto o servicio, esta visión primaria llevó la empresa a centrar sus esfuerzos de mejora, y con ello los recursos, en la función de producción. El mantenimiento fue “un problema” que surgió al querer producir continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata. Sin embargo, sabemos que la curva de mejoras incrementales después de un largo período es difícilmente sensible, a esto se une la filosofía de calidad total, y todas las tendencias que trajo consigo que evidencian sino que requiere la integración del compromiso y esfuerzo de todas sus unidades. Esta realidad ha volcado la atención sobre un área relegada: el mantenimiento. Ahora bien, ¿cuál es la participación del mantenimiento en el éxito o fracaso de una empresa? Por estudios comprobados se sabe que incide en: Costos de producción, Calidad del producto servicio, Capacidad operacional, Capacidad de respuesta de la empresa como un ente organizado e integrado: por ejemplo, al generar e implantar soluciones innovadoras y manejar oportuna y eficazmente situaciones de cambio, Seguridad e higiene industrial, y Calidad de vida de los colaboradores de la empresa, Imagen y seguridad ambiental de la compañía.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

#### 1.1 Localización

El centro de esta investigación se localiza en la Sub-Gerencia De Equipo Mecánico que se encuentra bajo supervisión del Gobierno Regional de Arequipa, y actualmente bajo supervisión de la gerencia de infraestructura. La principal función de esta Sub-Gerencia es velar por el bienestar de las maquinarias que son de propiedad del Gobierno Regional, haciendo cumplir los mantenimientos, reparaciones, supervisiones y requerimientos que necesita cada maquinaria después de cumplir sus horas e trabajo asignado.

#### 1.2 Descripción de la realidad del problema

En la actualidad, las maquinarias de la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico del Gobierno Regional de Arequipa no tienen un plan de mantenimiento predictivo.

Los mantenimientos que se realizan son básicamente preventivos, los cuales se encuentran desfasados con los últimos avances tecnológicos que establece el mantenimiento.

Como las maquinarias ya tienen un buen tiempo de trabajo y, sumando a estas su antigüedad (2009-año de fabricación), el mantenimiento preventivo ya no sería una estrategia ideal. Lo más adecuado y por antigüedad es necesario aplicar un mantenimiento predictivo para así predecir las posibles fallas que se estén generando.

El mantenimiento de las unidades FM 440 se realiza de la siguiente manera.

**Cuadro 1. Mantenimiento preventivo de las unidades FM 440.**

Nº	PARTE	HORAS DE TRABAJO
1	Motor	Cada 250 hrs.
2	Transmisión principal	Cada 1000 hrs.
3	Sistema hidráulico	Cada 2000 hrs.

Fuente: Propia.

Al momento de adquirir una maquinaria estas vienen con un manual de operador con parámetros predeterminados, que solo describen las acciones a realizarse

durante un periodo de trabajo y estas solo hablan del mantenimiento de motor y transmisión; de las cantidades de fluidos lubricantes y refrigerantes; y como operar la maquinaria.

En esta investigación se desarrollará el mantenimiento predictivo, el cual es la evolución de preventivo.

### **1.3 Delimitación de la investigación**

#### **1.3.1. Delimitación espacial**

La recopilación de datos y observaciones se realizó en la Sub-Gerencia De Equipo Mecánico que se encuentra bajo supervisión del Gobierno Regional ubicado en el distrito de Cerro Colorado de la Provincia y Departamento de Arequipa.

#### **1.3.2. Delimitación social**

El estudio de investigación tendrá como alcance a todas las Municipalidades provinciales y distritales que tiene la necesidad de Recibir servicios de manutención de escombros y ameritan realizar mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad

#### **1.3.3. Delimitación temporal**

La investigación inicio en el mes de Julio del 2017, desarrollando el proyecto hasta la espera de su aprobación.

#### **1.3.4. Delimitación conceptual**

Hoy, las empresas transporte de movimiento de tierra están entendiendo que la gestión eficaz del mantenimiento de sus equipos e instalaciones se ha convertido en un arma poderosa de competitividad de sus productos, en el entendido de que una gestión de calidad del mantenimiento contribuye a procesos de producción de calidad.

Una gestión eficaz del mantenimiento en una flota de unidades volquete, conlleva a una alta confiabilidad y disponibilidad de equipos e instalaciones, y por ende a evitar las paradas de emergencia, que

ocasiona daño económico a las empresas. Una eficiente Gestión del Mantenimiento contribuye a elevar la eficiencia del proceso productivo de la Región Arequipa. Un mantenimiento eficiente, minimiza las fallas de las unidades, en tal sentido, las técnicas y herramientas que se apliquen, juegan un papel preponderante para prevenir o mitigar dichas fallas.

Al respecto, el problema de gestionar eficientemente el mantenimiento, para lograr una alta confiabilidad y disponibilidad de las unidades vehículos de la unidad de transporte de la Región Arequipa, viene siendo estudiado y afrontado de una u otra manera por diferentes personalidades entendidos en el mantenimiento predictivo centrado en la confiabilidad.

Se analizara conceptos básicos referidos a la investigación para realizar un correcto proceso para la propuesta de programa de mantenimiento y también aplicar un para el seguimiento de la gestión de mantenimiento.

#### **1.4. Problemas de investigación**

##### **1.4.1. Problema principal**

¿En qué medida el Mantenimiento Predictivo se constituye en una herramienta para optimizar la Gestión del Mantenimiento predictivo de los vehículos pesados de alto tonelaje FM-440?

##### **1.4.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo establecer el plan de mantenimiento predictivo para los vehículos de alto tonelaje FM 440?
- ¿Cómo proponer el plan de mantenimiento preventivo para los sistemas complementarios de los vehículos de alto tonelaje FM - 440?
- ¿Cómo seleccionar un software ideal para la gestión de mantenimiento?
- ¿Cómo capacitar y con qué herramientas se evaluará a los operadores de cada vehículo de alto tonelaje?

#### **1.5. Objetivo de la investigación**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Diseñar un plan de mantenimiento predictivo para la flota de vehículos pesados de alto tonelaje FM 440 de la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico

del Gobierno Regional de Arequipa.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Establecer un plan de mantenimiento predictivo para optimizar la gestión de mantenimiento en la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico.
- Establecer un plan preventivo periódico para el análisis de partes críticas del vehículo de alto tonelaje FM 440.
- Seleccionar el software adecuado, para la gestión de mantenimiento y llevar al día el control de mantenimiento, que sea de fácil interacción con los operadores y con la mayor información de datos.
- Capacitar a los operadores para el trabajo eficiente hombre-máquina y para las facilidades de uso del software.

## **1.6. Hipótesis y variables de la investigación**

### **1.6.1. Hipótesis de la investigación**

#### **1.6.1.1. Hipótesis general**

Diseñar un plan de mantenimiento predictivo para los vehículos pesados de alto tonelaje FM 440 de la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico del Gobierno Regional de Arequipa, en Cerro Colorado-2017.

#### **1.6.1.2 Hipótesis específica**

- Proponer un plan de mantenimiento predictivo para optimizar la gestión de mantenimiento de los FM 440.
- Proponer un plan de mantenimiento preventivo periódico para partes críticas del vehículo de alto tonelaje FM 440
- Analizar un software ideal para la gestión de mantenimiento.
- Capacitar y evaluar a los operadores de cada unidad para una mejor operación de maquinaria.

### **1.6.2. Variables**

#### **1.6.2.1. Variable independiente**

Plan de mantenimiento predictivo.

### 1.6.2.2. Variable dependiente

Vehículos pesados de alto tonelaje FM 440

### 1.6.3. Indicadores

#### 1.6.3.1. Indicadores Independientes

- Lubricación
- Análisis de aceites
- Tipos de fallas
- Tipos de mantenimiento

#### 1.6.3.2 Indicadores Dependientes

- Características de la maquinaria
- Modelo
- Año de fabricación

## 1.7. Metodología de la investigación

### 1.7.1. Tipo y nivel de la investigación

#### 1.7.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo analítica explicativa por la relación existente entre dos o más conceptos o variables.

#### 1.7.1.2. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es descriptiva

**a. Descriptiva:** Se describió detalladamente los diversos hechos, razones o causas incidentes en la realidad problemática, las mismas que se constituyeron en las causas fundamentales que motivaron la necesidad de investigar.

**b. Explicativa:** Se explicaron cada uno de los hechos, causas o acciones generadas del problema.

**c. Correlacional.** La investigación es correlacional porque sigue una secuencia lógica desde la descripción de la realidad

problemática, el planteamiento del problema, los objetivos, las hipótesis, la determinación de las variables, hasta la formulación de los respectivos indicadores y porque establece correlaciones entre variables.

## **1.7.2. Método y diseño de la investigación**

### **1.7.2.1. Método de la investigación**

La investigación es de método cualitativo, porque se va a describir Los beneficios de una óptima gestión de mantenimiento.

### **1.7.2.2. Diseño de la investigación**

Diseño Cuasi-experimental

## **1.7.3. Población y muestra**

### **1.7.3.1. Población de la investigación**

La Sub-Gerencia De Equipo Mecánico posee en la actualidad un total 289 maquinarias, entre vehículos, vehículos livianos como camionetas y autos, maquinaria pesada como retro-excavadoras, cargadores frontales, tándem, tractores orugas, etc.; grupos generadores, torres luminarias, etc.; de los cuales 87 unidades son camiones (camión cisterna, camión baranda, camión imprimador, camión volquete y de marcas Iveco, Volvo, Mack, International, Ford).

### **1.7.3.2. Muestra de la investigación**

De toda esta serie de camiones se poseen 20 unidades de marca volvo de año de fabricación 2008 y/o 2009.

## **1.7.4. Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos**

### **1.7.4.1 Técnicas de la investigación**

- Análisis de resultados documentales.
- Observación.

#### **1.7.4.2 Instrumentos de la investigación**

- Ficha de análisis de aceites.
- Guías de observación.
- Scanner.

#### **1.7.4.3 Fuentes de recolección de datos**

- Contrastes con otras tesis.
- Web.

### **1.8. Justificación e importancia de la investigación**

#### **1.8.1. Justificación**

En la actualidad la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico no tiene un plan de mantenimiento predictivo, los mantenimientos aplicados en la actualidad son preventivos y solo se enfocan en la parte del motor, sistema de transmisión y sistema hidráulico. La presente investigación ayudara a prolongar la disponibilidad de las maquinarias, reducir costos de mantenimiento a base de prolongar los mantenimientos preventivos 1, mantenimientos preventivos 2 y detectar fallas tempranas que puedan afectar a una parte importante de la máquina y que su reparación sea de un precio elevado

##### **1.8.1.1. Justificación teórica**

Consiste en el aporte de la confiabilidad de un gran mantenimiento predictivo que se implementara para dar un mejor servicio a los pueblos, distritos y capitales de Provincia y que la región Arequipa, mejore en sus instalaciones y que se sientan satisfechos del servicio de calidad que ellos quieren y depositan su confianza. Es necesario y conveniente realizar la investigación, ya que posee una base teórica con mucha información que hace que sea viable.

#### **1.8.1.2 Justificación real**

Es importante porque si el resultado es favorable se podrá mejorar la productividad del Gobierno Regional en los vehículos que prestamos servicios de transporte a las comunidades, distritos a nivel nacional, así podremos reducir en costos de mantenimiento en lo que lleva el gobierno regional, brindaremos ligereza al vehículo y una mejor estabilidad y confort.

#### **1.8.1.3 Justificación ambiental**

La investigación se justifica ambientalmente si llevamos un plan de mantenimiento productivo total interno del motor, aplicar monitoreo a las emisiones de gases podremos darnos cuenta que internamente algo no está funcionando correctamente. Si no realiza inspecciones, se seguiría emitiendo gases tóxicos al ambiente.

#### **1.8.1.4 Justificación económica**

Se justifica económicamente porque los gastos de mantenimientos preventivos y correctivos en los FM 440 son caros y esto se explicará con el avance del desarrollo de la presente tesis.

### **1.8.2 Importancia**

La importancia de la investigación es reducir el número de fallas y potenciar la durabilidad de los vehículos pesados de alto tonelaje FM 440.

### **1.8.3 Limitaciones**

La principal limitación es llevar el seguimiento diario a cada vehículo, ya que cada unidad se encuentra en distintos lugares de la Región Arequipa.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Ubicación geográfica**

La propuesta del plan de Mantenimiento predictivo, se desarrollará en el taller de la entidad del Gobierno Regional, que está ubicado en el distrito de Cerro Colorado, de la ciudad de Arequipa, departamento de Arequipa.

##### **2.1.2. Limitaciones**

Las limitaciones son:

- Una limitación es llevar el seguimiento diario a cada vehículo, ya que cada unidad se encuentra en distintos lugares de la Región Arequipa.
- La falta de un software para el seguimiento diario.

##### **2.1.3. Clima y Zona de Vida**

La región Arequipa cuenta con 8 provincias (Arequipa, Castilla, Condesuyos, Islay, Camaná, Caravelí, La Unión Y Caylloma) y 109 distritos (Paucarpata, Mariano Melgar, Vitor, Chivay Yanke, Mollendo, etc.). El gobierno regional presta las maquinarias para obras de Arequipa, y también a distintas municipalidades que necesitan del apoyo para la mejora de vías, construcciones de puentes o apoyos en caso de emergencia

La región Arequipa cuenta con varios microclimas (en costa y sierra), lo que hace que las maquinarias tengan que trabajar en distintos climas y condiciones y por consecuencia se tendrá que llevar un mantenimiento predictivo y preventivo para evitar la rápida depreciación de los equipos.

##### **2.1.4. Indicadores geográficos y población actual**

**Cuadro 2. Lista de maquinarias.**

MAQUINARIAS DEL GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA	Línea amarilla	<ul style="list-style-type: none"><li>- Retroexcavadoras</li><li>- Tándem</li><li>- Cargadores frontales</li><li>- Tractor orugas</li><li>- Mononiveladoras</li><li>- Rodillos vibratorios</li></ul>
	Línea blanca	<ul style="list-style-type: none"><li>- Camiones volquetes</li><li>- Camiones cisternas</li><li>- Camiones baranda</li><li>- Camioncitos</li></ul>
	Equipos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Generadores</li><li>- Torres luminarias</li><li>- Maquinas asfaltadora</li></ul>

Fuente: SUB-GERENCIA DE EQUIPO MECANICO

### 2.1.5. Estudio de disponibilidad

Hoy, las necesidades de hacer obras para el bienestar de la población arequipeña, hace que proponer una gestión eficaz del mantenimiento para la disponibilidad de sus equipos, se ha de convertir en una estrategia poderosa.

Una gestión eficaz del mantenimiento predictivo, en una flota de unidades, conlleva a una alta confiabilidad y disponibilidad de equipos y por ende a evitar las paradas de emergencia, que ocasiona daños económicos.

Un mantenimiento eficiente, minimiza las fallas de las unidades, en tal sentido, las técnicas y/o herramientas que se

## 2.2. Marco Histórico

### 2.2.1. Antecedentes históricos

#### El Cambiante Mundo del Mantenimiento

Durante los últimos veinte años, el Mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Estos cambios se deben principalmente al aumento en número y en variedad de los activos físicos (planta, equipamiento, edificaciones) que deben ser mantenidos en todo el mundo, diseños más complejos, nuevos métodos de mantenimiento, y una

óptica cambiante en la organización del mantenimiento y sus responsabilidades.

El Mantenimiento también está respondiendo a expectativas cambiantes. Estas incluyen una creciente toma de conciencia para evaluar hasta qué punto las fallas en los equipos afectan a la seguridad y al medio ambiente; conciencia de la relación entre el mantenimiento y la calidad del producto, y la presión de alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener acotado el costo.

Estos cambios están llevando al límite las actitudes y habilidades en todas las ramas de la industria. El personal de Mantenimiento se ve obligado a adoptar maneras de pensar completamente nuevas, y actuar como ingenieros y como gerentes. Al mismo tiempo las limitaciones de los sistemas de mantenimiento se hacen cada vez más evidentes, sin importar cuanto se hayan computarizado.

Frente a esta sucesión de grandes cambios, los gerentes en todo el mundo están buscando un nuevo acercamiento al Mantenimiento. Quieren evitar arranques fallidos y callejones sin salida que siempre acompañan a los grandes cambios. Buscan en cambio una estructura estratégica que sintetice los nuevos desarrollos en un modelo coherente, para luego evaluarlo y aplicar el que mejor satisfaga sus necesidades y las de la compañía.

Este libro describe una filosofía que provee ciertamente dicha estructura, llamada Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, o RCM.

Si es aplicado correctamente, el RCM transforma las relaciones entre los activos físicos existentes, quienes lo usan y las personas que los operan y mantienen. A su vez permite que nuevos bienes o activos sean puestos en servicio con gran efectividad, rapidez y precisión.

Éste capítulo provee una breve introducción al RCM, empezando con un vistazo sobre la evolución del mantenimiento en los últimos cincuenta años

Desde la década del '30 se puede seguir el rastro de la evolución del mantenimiento a través de tres generaciones. El RCM está tomándose rápidamente en la piedra fundamental de la Tercera Generación, pero esta generación sólo se puede ver en perspectiva, y a la luz de la Primera y Segunda Generación.

### **La Primera Generación**

La Primera Generación cubre el período que se extiende hasta la Segunda Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de parada de máquina no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez la mayor parte de los equipos era simple, y la gran mayoría estaban sobredimensionados. Esto los hacía confiables y fáciles de reparar. Como resultado no había necesidad de un mantenimiento sistemático más allá de una simple rutina de limpieza, servicio y lubricación. Se necesitaban menos habilidades para realizar el mantenimiento que hoy en día.

### **La Segunda Generación**

Durante la Segunda Guerra Mundial todo cambió drásticamente. La presión de los tiempos de guerra aumentó la demanda de todo tipo de bienes, al mismo tiempo que decaía abruptamente el número de trabajadores industriales. Esto llevó a un aumento en la mecanización. Ya en los años '50 había aumentado la cantidad y complejidad de todo tipo de máquinas. La industria estaba empezando a depender de ellas.

Al incrementarse esta dependencia, comenzó a concentrarse la atención en

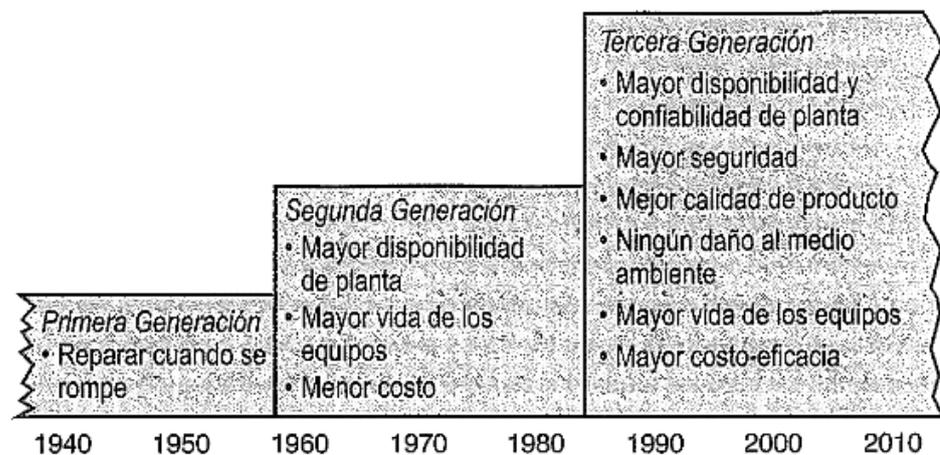
el tiempo de parada de máquina. Esto llevó a la idea de que las fallas en los equipos podían y debían ser prevenidas, dando lugar al concepto de mantenimiento preventivo. En la década del sesenta esto consistió principalmente en reparaciones mayores a intervalos regulares prefijados.

El costo del mantenimiento comenzó a crecer rápidamente con relación a otros costos operacionales. Esto llevó al desarrollo de sistemas de planeamiento y control del mantenimiento. Estos ciertamente ayudaron a tener el mantenimiento bajo control y han sido establecidos como parte de la práctica del mantenimiento.

Por último, la suma de capital ligado a activos fijos junto con un elevado incremento en el costo de ese capital, llevó a la gente a buscar la manera de maximizar la vida útil de estos activos/ bienes.

### La Tercera Generación

Desde mediados de la década del setenta el proceso de cambio en la industria ha adquirido aún más impulso. Los cambios han sido clasificados en: nuevas expectativas, nuevas investigaciones, y nuevas técnicas.



Fuente. John Moubray

**Figura 1. Expectativas de mantenimiento creciente.**

### Nuevas Expectativas

La figura 1. Muestra la evolución de las expectativas de mantenimiento.

El tiempo de parada de máquina afecta la capacidad de producción de los activos físicos al reducir la producción, aumentar los costos operacionales, y afectar el servicio al cliente. En las décadas del sesenta y setenta esto ya era una preocupación en los sectores mineros, manufactureros y de transporte. Los efectos del tiempo de parada de máquina fueron agravados

por la tendencia mundial hacia sistemas "just-in-time", donde los reducidos inventarios de material en proceso hacen que una pequeña falla en un equipo probablemente hiciera parar toda la planta. Actualmente el crecimiento en la mecanización y la automatización han tomado a la confiabilidad y a la disponibilidad en factores clave en sectores tan diversos como el cuidado de la salud, el procesamiento de datos, las telecomunicaciones y la administración de edificios.

Una mayor automatización también significa que más y más fallas afectan nuestra capacidad de mantener parámetros de calidad satisfactorios. Esto se aplica tanto para parámetros de servicio como para la calidad del producto. Por ejemplo, las fallas en los equipos pueden afectar el control del clima en los edificios o la puntualidad de las redes de transporte, así como interferir con el logro de las tolerancias deseadas en la producción.

Más y más fallas acarrearán serias consecuencias para el medio ambiente o la seguridad, al tiempo que se elevan los requisitos en estas áreas. En algunas partes del mundo se ha llegado a un punto en que las organizaciones deben o bien adecuarse a las expectativas de seguridad y cuidado ambiental de la sociedad, o dejar de operar. Nuestra dependencia a la integridad de nuestros activos físicos cobra ahora una nueva magnitud que va más allá del costo, y que se torna una cuestión de supervivencia de la organización.

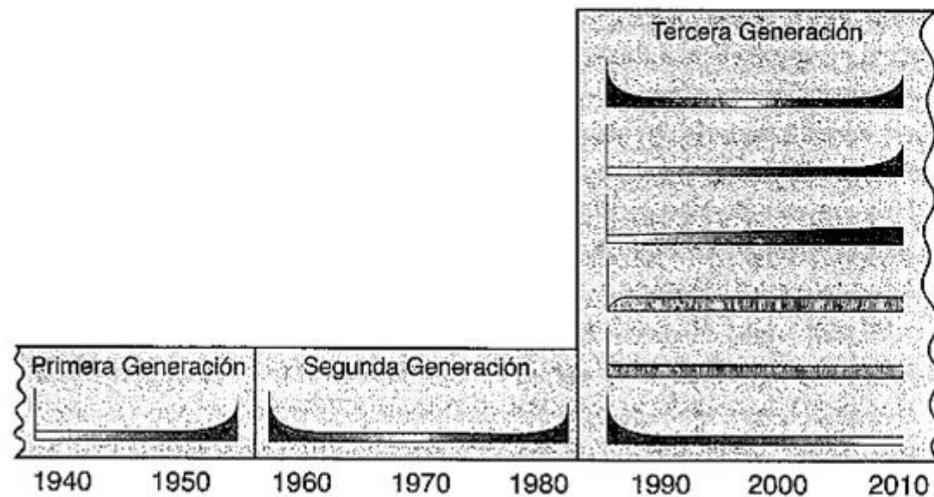
Al mismo tiempo que crece nuestra dependencia a los activos físicos, crece también el costo de tenerlos y operarlos. Para asegurar el máximo retorno de la inversión que representa tenerlos, deben mantenerse trabajando eficientemente tanto tiempo como se requiera. Por último el costo de mantenimiento aún está aumentando, tanto en términos absolutos como en proporción del gasto total. En algunas industrias representa ahora el segundo ítem más alto, o hasta el más alto costo operativo. En consecuencia, en sólo treinta años ha pasado de ser un costo casi sin importancia a estar en la más alta prioridad en el control de costos.

### **Nuevas Investigaciones**

Más allá de la existencia de mayores expectativas, las nuevas investigaciones están cambiando muchas de nuestras creencias más profundas referidas a la edad y las fallas. En particular, parece haber cada vez menos conexión entre la edad de la mayoría de los activos y la probabilidad de que estos fallen.

La figura 2, muestra como en un principio la idea era simplemente que a medida que los elementos envejecían eran más propensos a fallar. Una creciente conciencia de la "mortalidad infantil" llevó a la Segunda Generación a creer en la curva de "bañera", o "bañadera".

Sin embargo, investigaciones en la Tercera Generación revelan no uno ni dos sino seis patrones de falla que realmente ocurren en la práctica. Como se discutirá con mayor detalle en este capítulo, una de las conclusiones más importantes que se deduce de estos estudios es que un gran número de tareas que surgen de los conceptos tradicionales de mantenimiento, a pesar de que se realicen exactamente como se planeó, no logran ningún resultado .mientras que otras son contraproducentes y hasta peligrosas.



Fuente. John Moubray

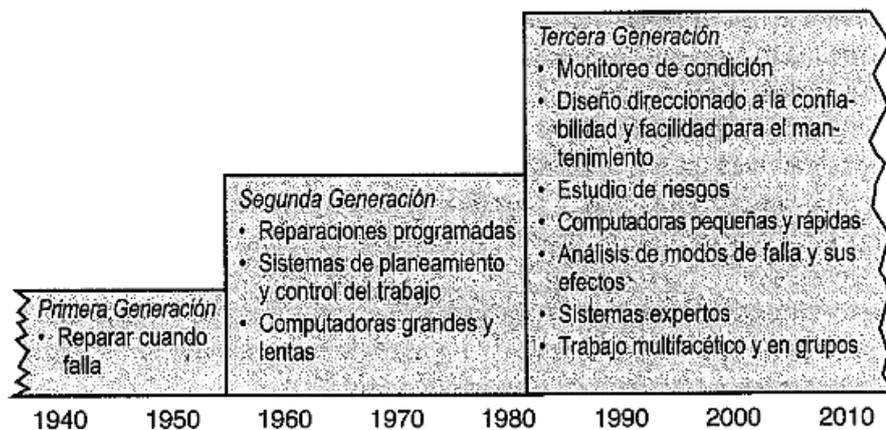
**Figura 2. Cambios en los puntos de vista sobre la falla de equipo.**

Esto es especialmente cierto con muchas de las tareas que se hacen en nombre del mantenimiento preventivo. Por otro lado, para operar con seguridad los sistemas industriales más modernos y complejos se necesitan realizar un gran número de tareas que no figuran en los programas de mantenimiento.

En otras palabras, la industria en general es devota a prestar mucha atención para hacer las tareas de mantenimiento correctamente (hacer correctamente el trabajo), pero se necesita hacer mucho más para asegurarse que los trabajos que se planean son los trabajos que deben hacerse (hacer el trabajo correcto).

### Nuevas Técnicas

Ha habido un crecimiento explosivo de nuevos conceptos y técnicas de mantenimiento. Cientos de ellos han sido desarrollados en los últimos veinte años, y emergen aún más cada semana. La Figura 3, muestra cómo ha crecido el énfasis en los clásicos sistemas administrativos y de control para incluir nuevos desarrollos en diferentes áreas.



Fuente. John Moubray

**Figura 3. Cambios en las técnicas de mantenimiento.**

Los nuevos desarrollos incluye herramientas de soporte para la toma de decisiones, tales como el estudio de riesgo, análisis de modos de falla y sus efectos, y sistemas expertos.

- Nuevos métodos de mantenimiento, tal como el monitoreo de condición.
- Diseño de equipos, con un mayor énfasis en la confiabilidad y facilidad para el mantenimiento.
- Un drástico cambio en el modo de pensar la organización hacia la participación, trabajo en grupo y flexibilidad.

Como se dijo anteriormente, uno de los mayores desafíos que enfrenta el personal de mantenimiento es no sólo aprender qué son estas técnicas sino decidir cuáles valen la pena y cuáles no para sus propias organizaciones. Si hacemos elecciones adecuadas es posible mejorar el rendimiento de los

activos y al mismo tiempo contener y hasta reducir el costo del mantenimiento. Si hacemos elecciones inadecuadas se crean nuevos problemas mientras empeoran los que ya existen.

### **Los desafíos que enfrenta el mantenimiento**

La primer industria que enfrentó estos desafíos sistemáticamente fue la industria de la aviación comercial. El elemento crucial que provocó esta reacción, fue el darse cuenta que se debe dedicar tanto esfuerzo en asegurarse que se están realizando las tareas correctamente como en asegurarse que se están haciendo las tareas correctas. El darse cuenta de esto dio lugar al desarrollo de procesos de tomas de decisión comprensivos que se conocieron dentro de la industria aeronáutica con el nombre de MSNG3 y fuera de esta como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o RCM.

En casi todos los campos de esfuerzos humanos organizados. RCM se está volviendo fundamental para la custodia responsable de los activos físicos de la misma manera que lo es la contabilidad de doble entrada para la custodia responsable de los activos financieros. No existe ninguna otra técnica comparable para determinar la cantidad mínima segura de tareas que deben ser hechas para preservar las funciones de los activos físicos, especialmente en situaciones críticas o peligrosas. El creciente reconocimiento mundial del papel fundamental que juega el RCM en la formulación de las estrategias de administración de activos físicos - y la importancia de aplicar RCM correctamente-condujo a la American Society of Automotive Engineers 1999 a publicar la norma SAE JAIOI 1: "Criterio de Evaluación del Proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)".

El proceso descrito en los capítulos 2 a 10 de este libro cumple con esta

norma. El resto del libro discute la manera en que debe aplicarse RCM y como pueden implementarse las políticas de manejo de fallas basadas en RCM, además de dar más sustento a los puntos técnicos clave.



Fuente: SlideShare

**Figura 4. Historia del mantenimiento.**

### Objetivos del Mantenimiento

El diseño e implementación de cualquier sistema organizativo y su posterior informatización debe siempre tener presente que está al servicio de unos determinados objetivos.

Cualquier sofisticación del sistema debe ser contemplada con gran prudencia en evitar, precisamente, de que se enmascaren dichos objetivos o se dificulte su consecución. En el caso del mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos: -

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo. .
- Disminución de los costos de mantenimiento. .
- Optimización de los recursos humanos. .

- Maximización de la vida de la máquina.



Fuente: Jose Denia Abad

**Figura 5. Criterios de la Gestión del Mantenimiento.**

## Mantenimiento

Es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones. Objetivos del Mantenimiento

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o para de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión.

## **Clasificación de las Fallos**

### **- Fallos Tempranos**

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

### **- Fallos adultos**

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

### **- Fallos tardíos**

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento de la aislación de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, etc.).

## **2.3. Bases teóricas**

### **2.3.1. Optimización del mantenimiento correctivo**

Las averías son diferentes unas de otras y, por tanto, tienen diferentes procedimientos de reparación. No obstante, hay acciones sobre las que se tiene conocimiento de lo que hay que hacer para cuando sucede la avería mediante:

- La consulta de la reparación anterior de una avería idéntica en el archivo de históricos.
- Listado de averías y su subsanación facilitadas por el fabricante del equipo.
- La realización de análisis de averías en tiempos no productivos.

En algunos casos puede que se trate de averías “tipo” por la frecuencia en que suceden o por que se emplean en varios equipos y se obtenga toda la

secuencia de reparación. En otros casos puede que se obtenga una parte de la secuencia como por ejemplo el desmontaje/montaje de una parte de la máquina.

Caso aparte son las técnicas aplicables de forma genérica, tales como las velocidades de corte en M-H, procedimientos de soldadura según el material, procedimientos de nivelación o alineación de máquinas, etc. (muchas de ellas están normalizadas).

En cualquier caso, una forma de optimizar el mantenimiento es crear una base de datos con toda esta información estructurada por “procedimientos de reparación” (o también llamadas “gamas de trabajo”), que debe ser llevada a cabo en equipo entre los operarios y los técnicos de mantenimiento, unos en calidad de ejecutores (conocedores de la práctica) y los otros como supervisores (conocedores de la tecnología). Con ello se aportan dos ventajas: reducción del tiempo de preparación del trabajo y el establecimiento de modos estándar para todo el personal de mantenimiento.

### **2.3.2. Organización del mantenimiento correctivo**

Como ya se comentó, el mantenimiento correctivo es el brazo ejecutor del mantenimiento. Sus servicios pueden ser requeridos desde varias áreas y solicitados formalmente mediante la orden de trabajo.

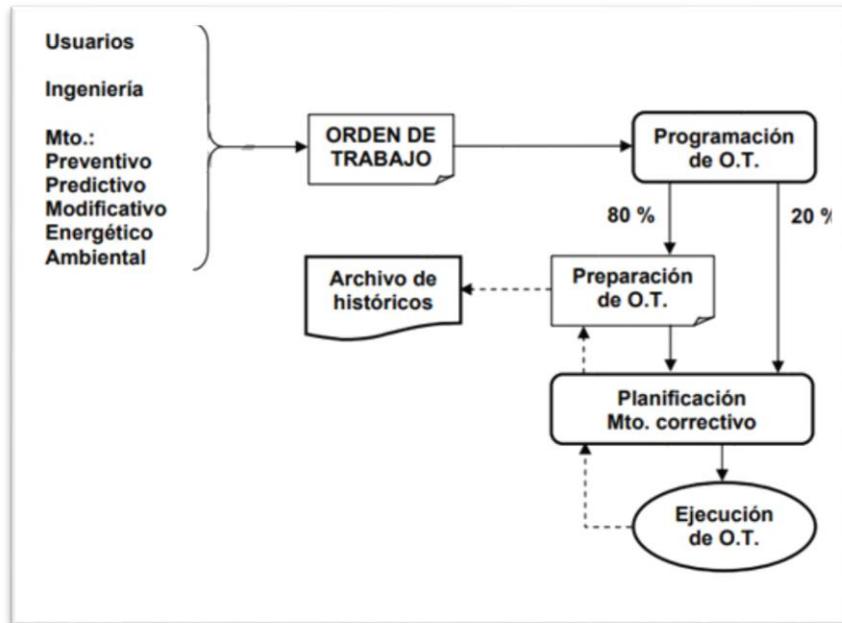
### **2.3.3. Orden de trabajo:**

Es el documento más importante de mantenimiento, hasta el punto que “No se llevará a cabo ningún trabajo de mantenimiento que no venga acompañado de su correspondiente Orden de Trabajo”.

En la O.T. debe recogerse toda la información necesaria y precisa, tanto para iniciar el trabajo, como aquella que el operario que ejecute el trabajo, completará una vez concluido. Se deberá evitar toda información inútil, así como que no falte ningún dato que sea interesante para su procesamiento.

No hay un modelo estándar, cada empresa elabora su orden de trabajo de acuerdo con sus necesidades

El circuito que realiza una orden de trabajo es el siguiente:



Fuente: Jose Denia Abad

**Figura 6. Circuito de la orden de trabajo.**

#### 2.3.4. Programación de la orden de trabajo

En esta fase se regulará la llegada de órdenes de trabajo para que estas no se generen de forma indiscriminada, sino que obedezcan a unos baremos lógicos acordes con la política de mantenimiento y la optimización de su gestión.

Una vez admitida se realizará una evaluación para clasificarla del siguiente modo:

**Tabla 1. Dificultad del trabajo.**

a) Trabajos sencillos	Trabajos de corta duración que pueden ser ejecutados en el lugar de la avería, M.C. de campo, y no precisan de varias especialidades.
b) Trabajos complejos	Trabajos de una duración superior a las 8 horas y en los que están involucrados varias especialidades.

Fuente: Propia.

Además se realiza una segunda clasificación según el grado de urgencia:

**Tabla 2. Urgencias.**

URGENCIA	DESCRIPCIÓN
1	Trabajo que debe ser realizado inmediatamente
2	Trabajo que debe terminarse en el día
3	Trabajo que debe realizarse durante la semana
4	Trabajo que puede esperar más de una semana

Fuente: Jose Denia Abad.

Teniendo en cuenta los resultados de estas clasificaciones se podrá determinar la conveniencia de pasar la O.T. a Preparaciones o directamente a Planificación, puesto que la preparación es un tiempo añadido y, por tanto, un coste que hay que añadir a la O.T. A menos que por el tipo de trabajo, el coste de la preparación pueda verse compensado con una mayor rapidez de ejecución (reducción del coste de ejecución), puede que no sea rentable la preparación.

La siguiente tabla nos ayuda en la decisión de si es rentable realizar la preparación y si esta debe ser completa o de forma parcial (el mínimo imprescindible):

**Tabla 3. Trabajos sencillos y complejos.**

URGENCIA	A) T. SENCILLOS	B) T. COMPLEJOS
1	NO	PREP. PARCIAL
2	NO	PREP. PARCIAL
3	NO PREP	PREP. COMPLETA
4	NO PREP	PREP. COMPLETA

Fuente: Jose Denia Abad.

No obstante, si se han llevado a cabo con anterioridad los “procedimientos de reparación” expuestos y se pueden aplicar en esta O.T. tardará menos la preparación (menor coste), pudiendo ser entonces rentable.

### **2.3.5. Preparación de la orden de trabajo**

Documento escrito que se acompañará a la O.T. donde se realizara un desglose de tareas detallado, incluso con acompañamiento de dibujos, precauciones de seguridad y otras observaciones de la ejecución. Asimismo, se indicará la lista de materiales de repuesto, los recursos

necesarios y el planning de tiempos de trabajo con el orden de intervención de las diversas especialidades.

### **2.3.6. Planificación**

El jefe de mantenimiento correctivo planificará el momento de ejecución de la O.T. de acuerdo a la siguiente información contenida en ella:

- Grado de urgencia.
- Disponibilidad de repuestos.
- Disponibilidad de mano de obra (operarios de mantenimiento correctivo).
- Complejidad del trabajo.

Posteriormente, asignará el/los operario/s que ejecutarán la O.T. o bien demandará la asistencia de los servicios externos para ejecutarla.

### **2.3.7. Mantenimiento predictivo**

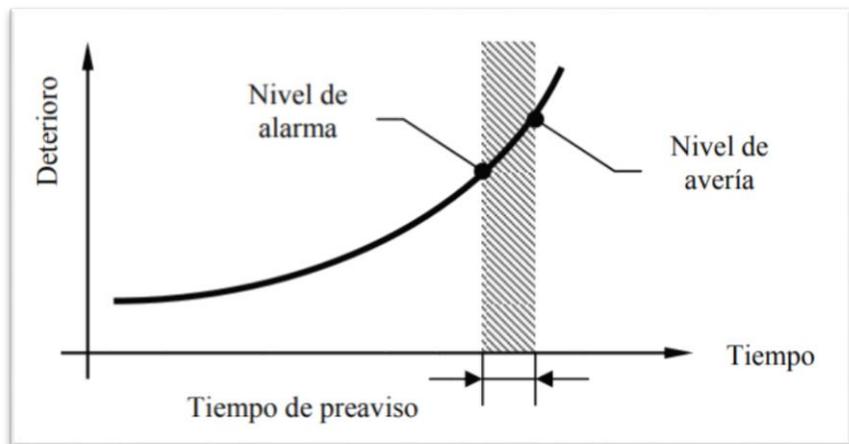
Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas.

Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos. Historia

#### **2.3.7.1. Mantenimiento según condición (m.o.c.)**

El MOC pertenece al bloque de mantenimiento predictivo que consiste en el conocimiento permanente del estado y operatividad del sistema, mediante el control de determinadas variables cuyo diagnóstico indica cuando es el momento oportuno para ejecutar una revisión total del componente, pieza o conjunto para dejarlo en un estado óptimo para el servicio (reparándolo perfectamente o sustituyéndolo por otro nuevo).

El mantenimiento predictivo se basa en el principio de que una máquina manifiesta ciertos síntomas antes de producirse la avería.



Fuente: Jose Denia Abad.

**Figura 7. Deterioro vs tiempo de pre-aviso.**

El valor de cada variable que representa el síntoma previo a la avería, se traduce en un tiempo de preaviso establecido entre el nivel de alarma, momento de ejecutar la revisión, y el nivel de avería.

### 2.3.7.2. Procedimientos del M.O.C.

En el MOC existen dos procedimientos, según el tipo de componente, para determinar el momento en que hay que llevar a cabo la revisión:

**Tabla 4. Inspección y recolección.**

<b>DIRECTO (INSPECCIONES DE CONDICIÓN)</b>	<p>Inspecciones basadas en la condición que se efectúan sobre la propia máquina para detectar el estado del elemento. Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desgaste, deterioro superficial, pérdida de material.</li> <li>- Grietas, fracturas.</li> <li>- Holguras, fugas.</li> </ul>
<b>INDIRECTO (DATOS DE CONDICIÓN)</b>	<p>Recolección de una serie de datos en base a la condición cuyo análisis permiten deducir el estado de funcionamiento del elemento. Ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo de combustible, aceite.</li> <li>- Análisis de vibraciones, ruidos.</li> <li>- Análisis del aceite: viscosidad, contenido de residuos.</li> <li>- Variaciones de presión, temperatura.</li> </ul>

Fuente: Propia.

### **2.3.7.3. Técnicas utilizadas en el M.O.C.**

La base del mantenimiento predictivo es relación existente entre las manifestaciones externas y los mecanismos de fallo. Si se encuentra una herramienta útil para el diagnóstico de esa manifestación se podrá predecir el origen del fallo y su severidad.

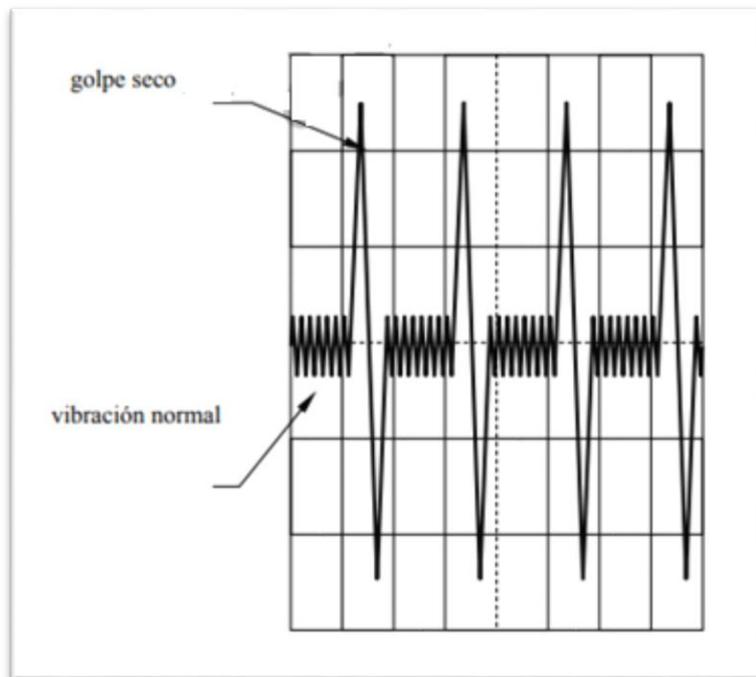
Desde siempre, se han detectado los síntomas de averías utilizando este concepto, aunque de una forma natural y muy subjetiva:

- La vista: para detectar fugas, humo o cambios de color en superficies recalentadas.
- El olfato: para detectar fugas y recalentamientos.
- El oído: para detectar ruidos anormales indicativos de algún problema.
- El tacto: para detectar vibraciones o temperaturas anormales.

Actualmente, en el MOC se utilizan una gran variedad de técnicas y a medida que avanza la tecnología, se van incorporando otras nuevas. A modo ilustrativo se muestran a continuación algunas de ellas:

- a) Un aumento de la caída de presión a su paso por un filtro indica que este está sucio.
- b) El desgaste de un compresor puede detectarse por un aumento de la temperatura del flujo del aceite en los sellos.
- c) Las fugas de aire, vacío y gas o el mal asiento de una válvula se pueden detectar por las ondas ultrasónicas que producen (frecuencia aproximada de 20.000 Hz).
- d) Un aumento de la viscosidad del aceite lubricante puede indicar puntos calientes dentro de la máquina.

- e) Si en elementos móviles de contacto deslizante, aparecen residuos de partículas ferrosas de un tamaño aproximado de 1 mm, puede indicar la fatiga de la superficie.
- f) La existencia de una picadura en la pista de rodadura de un rodamiento hace que se produzca un impacto cada vez que una bola (o rodillo) pase por el defecto. Esto se puede detectar por el cambio de vibración que produce:



Fuente: Jose Denia Abad.

**Figura 8. Prueba de sonido.**

#### **2.3.7.4. Instrumentos utilizados en el M.O.C.**

Para realizar una inspección se tiene que hacer uso de una instrumentación adecuada al parámetro que se desea verificar y realizar una interpretación correcta de los resultados.

En la siguiente tabla se expone la instrumentación de uso más habitual en el MOC:

**Cuadro 3. Tipos de inspección.**

Tipos de inspección		Elementos móviles o giratorios	Elementos estáticos	Aparellaje eléctrico	Instrumentación	Instrumentos para la verificación
técnicas visuales	iluminación de partes internas oscuras	√	√	√	√	sonda de luz
	visualización en zonas de acceso difícil	√	√	√	√	boroscópico
	toma muestras en zonas de acceso difícil		√	√	√	endoscópico
	aumento visual	√	√	√	√	lupa, boroscópico, zoom, visión artificial
	congelar movimiento	√		√		estroboscópico
técnicas de verificación	temperatura	√		√		termómetros, instrumentos térmicos, infrarrojos
	aislamiento térmico y pérdida de calor		√			termógrafo
	perdidas de vapor y vacío		√			ultrasonidos, fonómetro
	vibraciones	√	√			análisis de vibraciones
	corrosión, erosión, espesores		√			corrientes parasitarias
	grietas, defectos, desgaste		√			corrientes parasitarias, ultrasonidos, rayos x, líquidos penetrantes
	estado de cojinetes y rodamientos	√				spike analiser
	condiciones de lubricantes	√				detectores magnéticos
	obstrucciones (limpieza) en tuberías e intercambiadores		√			corrientes parasitarias, termógrafo
	funciones eléctricas y electrónicas			√	√	voltímetro, amperímetro

Fuente: Propia.

Aunque son muchas las aplicaciones donde se esta aplicando el MOC para tratar de reducir los elevados costes del MHT, se considera imprescindible el MOC en los siguientes casos:

- Instalaciones muy automatizadas cuya producción depende fundamentalmente de la maquinaria.
- Plantas de una sola línea, o proceso, de producción continua a tres turnos.
- Industrias extractivas, químicas, petrolíferas, siderurgias y en producción de servicios.

### **2.3.8. Mantenimiento por monitoreo de condición o “condition monitoring” (M.C.M.)**

El MCM, también conocido como Mantenimiento Detectivo (M.D.), consiste en el establecimiento de un MOC evolucionado e incluido en la automatización del sistema, de modo que el conocimiento de los valores de determinadas variables “on condition” se controlan constantemente y en tiempo real. El MCM informa (monitoriza) del valor de estas variables: posibilita su visualización y/o emite una señalización al alcanzar el nivel establecido de alarma, de forma automática

#### **2.3.8.1. Tipos de variables a monitorizar**

El MCM cuantifica, con la máquina en marcha, estos dos tipos de variables:

- a) Las que informan sobre el funcionamiento de la máquina.
- b) Las que informan sobre el estado de sus partes mecánicas.

Algunas de las variables que se suelen monitorizar en un sistema son:

- La presión
- Las pérdidas de carga
- La temperatura
- Los consumos energéticos
- La intensidad de corriente

- El desgaste de una superficie
- La dimensión de una cota
- La amplitud de vibración
- Los esfuerzos
- El ruido

### **2.3.9. Ámbito de aplicación**

Aunque se empezó a implementar en grandes máquinas, el avance en las comunicaciones industriales y la optimización del mantenimiento hace que en la actualidad se esté implementando el MCM, en mayor o menor grado, en una gran variedad de maquinaria de diversos tamaños.

#### **2.3.9.1. Ventajas**

- La intervención en el equipo o cambio de un elemento.
- Nos obliga a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos, que nos comprometerá con un método científico de trabajo riguroso y objetivo.

#### **2.3.9.2. Desventajas**

- La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado. De la misma manera se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos.
- Se debe tener un personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.
- Por todo ello la implantación de este sistema se justifica en máquina o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas, donde las paradas innecesarias ocasionen grandes costos.

## **2.3.10. Mantenimiento proactivo en base al análisis de aceite lubricante**

### **2.3.10.1. Introducción**

Toda máquina se desgasta: por el tiempo, por el funcionamiento y por múltiples agentes contaminantes a los que se ve expuesta. Sin embargo, la vida útil de un equipo puede ser alargada por alguna forma de mantenimiento: correctivo, preventivo, predictivo o proactivo.

De la misma manera que los fluidos corporales son valiosos indicadores de las condiciones de los organismos vivos, las maquinarias tienen en los lubricantes precisa información acerca del estado de la amplia gama de piezas lubricadas.

### **2.3.10.2. Mantenimiento proactivo en base a análisis de aceite lubricante.**

El trabajo de “monitoreo de aceite lubricante en uso” es un proceso científico de ensayos de laboratorio con el fin de determinar la presencia y origen de contaminantes en el aceite, así como de verificar eventuales cambios en las características del fluido.

Por las múltiples funciones que ejerce (lubricación, refrigeración, limpieza, protección contra agentes corrosivos) y por el acceso a los puntos más íntimos de una máquina, el aceite constituye un “trazador” de extrema confianza: un análisis de las innumerables “impresiones” recogidas - elementos de contaminación, desgaste y/o oxidación, transformaciones fisicoquímicas – traducen, en manos experimentadas, las verdaderas condiciones de los componentes de los sistemas lubricados.

Así, con rapidez y precisión, se logra un valioso apoyo en el mantenimiento de conjuntos mecánicos: equipamientos automotrices e industriales (tractores, camiones, elevadores, reductores, guinches, compresores, sistemas hidráulicos, perforadoras, etc.)

Monitorear regularmente lubricantes y fluidos hidráulicos o refrigerantes es garantía para un trabajo en niveles de

contaminación no perniciosos: los resultados van desde la economía en el consumo del fluido (mayor tiempo de utilización en servicio) hasta la toma de decisión de la oportunidad de una intervención correctiva evitando grandes perjuicios económicos debido a fallas severas.

El Mantenimiento Predictivo busca detectar tempranamente fallas de un equipo mediante la utilización de técnicas como el análisis de aceite, análisis vibracional o termografía.

El Mantenimiento Proactivo enfatiza la rutina de la detección de parámetros de forma tal de permitir la corrección de las condiciones de causas de fallas, tratando así de evitar que la misma ocurra. De esta manera el Mantenimiento Proactivo actúa muchas veces corrigiendo el Protocolo de Mantenimiento Preventivo de los equipos monitoreados que surge de los fabricantes o de técnicos de mantenimiento, sustituyéndolo por el que se origina de un seguimiento minucioso de los parámetros relevados con las técnicas antes citadas.

En particular en A.F.E. la incorporación de técnicas de mantenimiento predictivo y proactivo mediante el análisis del lubricante de motores diesel de locomotoras ha permitido aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, permitiendo reducir costos en repuestos, mano de obra, tiempo de paro, lubricantes, etc., mejorando el aprovechamiento de los recursos. La experiencia adquirida hasta el momento ha permitido:

- 1) Optimizar la combustión, disminuir la dilución por combustible y la contaminación ambiental.
- 2) Conocer el desgaste normal de los motores
- 3) Reducir el consumo de lubricantes
- 4) Reformular el protocolo de mantenimiento preventivo

En el presente trabajo haremos en primer lugar una breve descripción de las técnicas utilizadas en nuestro laboratorio, el procesamiento de los datos adquiridos y la experiencia positiva del relacionamiento creciente entre laboratorio y taller de

mantenimiento. En segundo lugar daremos un par de ejemplos de como mediante un seguimiento riguroso del análisis de metales de desgaste y contaminación por técnicas de Espectrometría Atómica en aceite lubricante (3) de locomotoras es posible detectar una causa de falla antes de que la misma produzca daños, evitando así el perjuicio en un equipo dado. También fue posible modificar el protocolo de Mantenimiento Preventivo de forma tal de evitar que estas fallas ocurrieran en la flota.

### **2.3.10.3. Laboratorio de Análisis de Aceite de Motores**

Como ya dijimos, el trabajo de analizar una muestra de aceite (u otro fluido) en uso, consiste en realizar un conjunto de ensayos de laboratorio con el fin de determinar la presencia de contaminantes en el aceite, su origen, así como de verificar eventuales cambios en las características del fluido. Estas informaciones son obtenidas y procesadas por personal especializado, utilizándose técnicas y equipamientos modernos. Es de destacar que para que el trabajo sea redituable el muestreo debe realizarse en forma adecuada: equipo en funcionamiento y a la temperatura de operación, envases nuevos para muestras, cantidad suficiente de muestra, datos del equipo (producto, horas, kilómetros), etc.

Los ensayos más utilizados y su significación son:

Viscosidad cinemática ( ASTM D-445): una medida de la resistencia del aceite a fluir. El cambio de la misma en los aceites usados pone de manifiesto problemas de oxidación, presencia de agua, dilución por combustible, etc. Determinación de contenido de agua ( ASTM D-95): La presencia de agua puede indicar problemas vinculados al agua de refrigeración, condensación, etc. Determinación del TBN (ASTM D-2896): Mide la capacidad residual de aditivos básicos del lubricante que protegen al equipo de la corrosión

Análisis de metales por Espectroscopia de Absorción Atómica (AAS). Existen tres fuentes que originan metales: metales de desgaste, aditivos y contaminantes.

Metales de desgaste: Estos metales indican desgastes en componentes particulares de una unidad estudiada permitiendo evaluar el estado de los mismos (hierro, cromo, plomo, cobre, etc.)

Aditivos: Existen metales en numerosos paquetes de aditivos de lubricantes; la caída de concentración de los mismos dan una idea del deterioro de las propiedades del lubricante (Magnesio, Zinc, Calcio, etc.).

Contaminantes: Contaminantes externos (polvo, tierra, refrigerante) pueden ser detectados de acuerdo a componentes metálicos presentes en los mismos, indicando una falla en la estanqueidad del sistema lubricante (Silicio, Sodio, Aluminio, etc.).

Dilución por combustible por Cromatografía de gases (ASTM D-3524). El pasaje de combustible al aceite es frecuente en motores con problemas de mala relación aire/combustible por problemas de inyección, compresión, etc.

Determinación de contenido de insolubles (insolubles en pentano y tolueno; ASTM D-893): Indica la presencia de contaminantes sólidos (productos de oxidación, hollín, contaminantes externos) e identificación de la naturaleza de los mismos.

Blotter test (Cromatografía de gota) Mediante una gota de aceite en un papel adecuado se obtiene una primera información cualitativa valiosa sobre el estado del mismo.

Examen microscópico de cualquier partícula visible en la muestra o eventualmente en el filtro. La identificación cualitativa de la composición del metal revela componentes que están sufriendo el desgaste y el análisis morfológico sugiere modo y causa del mismo.



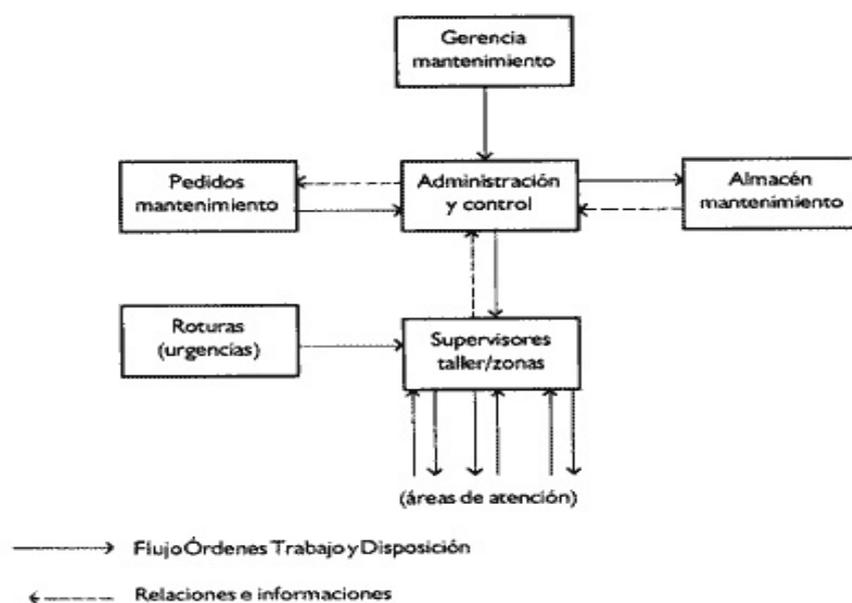
**Figura 9. Laboratorio de análisis de aceites.**

#### **2.3.10.4. Procesamiento de Datos**

El manejo de las indicaciones de los parámetros aislados puede ser útil para la evaluación del aceite en uso, pero difícilmente lo es para la información del estado del equipo, para el cual es necesario un seguimiento histórico de las mismas. La construcción de una base de datos y gráficos de los parámetros en el tiempo permite, mediante la observación de los cambios en la tasa de crecimiento (indicada por la pendiente), alcanzar el objetivo estratégico del mantenimiento proactivo: detener el equipo antes que la falla ocurra. Es de destacar que existe un cronograma de muestreo estricto de cada equipo que ronda las 200 horas, pudiendo requerirse una frecuencia mayor de muestreo de acuerdo a las necesidades.

#### **2.3.10.5. Flujo de la información**

El procesamiento de la información surgida del análisis del aceite culmina con un informe del estado del mismo y del motor, éste es enviado al taller mecánico, donde las acciones a tomar referentes al mantenimiento son elaboradas tomando las recomendaciones del laboratorio como una herramienta valiosa. El Laboratorio es retroalimentado con información surgida del Taller referente a reparaciones de mantenimiento correctivo o fallas severas de forma de permitir elaborar una lista de “síntomas” que sean detectados más fácilmente en el futuro con antelación por el equipo de mantenimiento (Figura N°2.9)



Fuente: UTCV Calidad en el mantenimiento

**Figura 10. Diagrama de flujo de información.**

## 2.3.11. Software de gestión de mantenimiento

### 2.3.11.1. Introducción

La Sub-Gerencia De Equipo Mecánico ubicada en el Parque Industrial De Rio Seco, no posee en la actualidad un software de gestión. Esta entidad pública está en expansión y para una óptima gestión de mantenimiento e integración de todas las áreas se seleccionara un software para el seguimiento del día a día de cada maquinaria.

### 2.3.11.2. Concepto

La Gestión de mantenimiento asistido por computadora u ordenador, también conocida por las siglas GMAO y nombrada en ocasiones CMMS, acrónimo de computerized maintenance management system, es una herramienta de software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento de una entidad pública o privada. Básicamente es una base de datos que contiene información sobre la entidad y sus operaciones de mantenimiento. Esta información sirve para que todas las tareas de mantenimiento se realicen de forma más segura y eficaz.

También se emplea como herramienta de gestión de planificación y para la toma de decisiones.

Las plataformas de gestión del mantenimiento asistido por computadora pueden ser utilizadas por cualquier organización que necesite gestionar el mantenimiento de sus equipos, activos y propiedades. Algunas de las soluciones existentes están enfocadas a mercados específicos (mantenimiento de flotas de vehículos, infraestructuras sanitarias, etc.) aunque también existen productos que enfocados a un mercado general.

Los sistemas de gestión del mantenimiento asistido por computadora se encuentran muy próximos al software de facilidad **de administración.**

#### **2.3.11.3. Características**

- Órdenes de trabajo: asignación y programación de mantenimientos, reserva de material en almacenes, seguimiento de información relevante como causa del fallas, duración del falla y recomendaciones para acciones futuras.
- Mantenimiento preventivo: seguimiento de las tareas de mantenimiento, creación de instrucciones paso a paso o checklists. Normalmente los programas de gestión del mantenimiento asistido por computadora programan procesos de mantenimiento automáticamente basándose en agendas o la lectura de diferentes parámetros.
- Gestión de activos: registro referente a los equipos y ubicación incluyendo detalles, información sobre garantías, contrato de servicio, códigos de partes de repuesto y cualquier otro parámetro que pueda ser de ayuda para la gestión.
- Recursos Humanos: Establece el control y gestión de los Recursos Humanos del Área o servicio de Mantenimiento.
- Control de Inventarios: gestión de partes de repuesto, herramientas y otros materiales incluyendo la reserva de materiales para trabajos determinados, registro del almacenaje

de los materiales, previsión de adquisición de nuevos materiales, etc.

- Seguridad: gestión de los permisos y documentación necesaria para cumplir la normativa de seguridad. Estas especificaciones pueden incluir accesos restringidos, riesgo eléctrico o aislamiento de productos y materiales o información sobre riesgos, entre otros.

#### **2.3.11.4. Funciones**

Las funciones principales de un software de gestión del mantenimiento son:

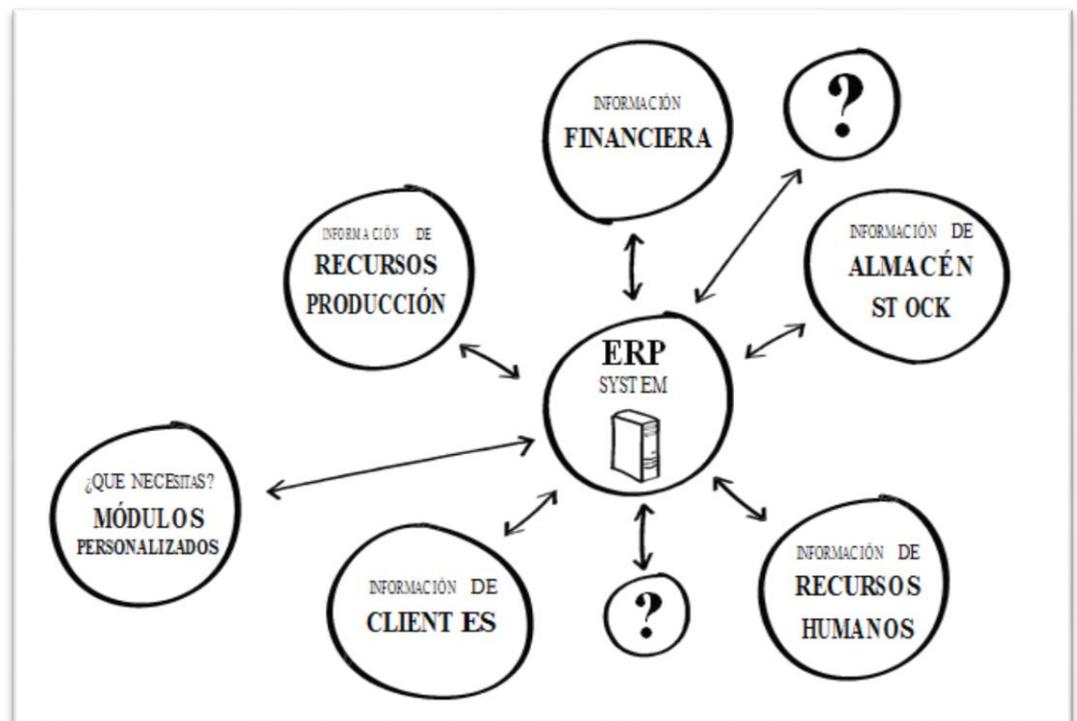
- La entrada, salvaguarda y gestión de toda la información relacionada con el mantenimiento de forma que pueda ser accesible en cualquier momento de uno u otro modo.
- Permitir la planificación y control del mantenimiento, incluyendo las herramientas necesarias para realizar esta labor de forma sencilla.
- Suministro de información procesada y tabulada de forma que pueda emplearse en la evaluación de resultados y servir de base para la correcta toma de decisiones.

Otra tendencia muy importante en estos momentos es la posibilidad de conectar estas aplicaciones con los sistemas de gestión de la organización ERP o bien integrarlos completamente en estos, para facilitar el intercambio de información entre los diversos sectores implicados.

#### **2.3.11.5. Beneficios**

- Optimización de los recursos laborales: Mejora de la planificación, seguimiento y aplicación.
- Materiales: Mayor disponibilidad, disminución de existencias, fácil localización.
- Mejoras en la calidad y productividad de la organización.

- Disminución de los tiempos de paro en elementos productivos. Mayor fiabilidad y disponibilidad.
- Información actualizada, inmediata de todos los componentes del proceso.
- Mejora de los procesos de actuación establecidos.
- Posibilidad de realizar estudios y anticipar cargas de trabajo o consumo de piezas.
- Conocimiento inmediato de los gastos originados por cualquiera de los elementos controlados.
- Ajuste de los planes de mantenimiento a las características reales.
- Permitir la participación en un TPM
- Trazabilidad del equipamiento.
- Posibilidad de implementar cualquiera de las metodologías de mantenimiento existentes.



Fuente: Tecon.

**Figura 11. ERP.**

## CAPITULO III

### DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO

#### 3.1 Localización

La Sub-Gerencia De Equipo Mecánico, es una oficina pública la cual se encarga de distribuir las maquinarias a nivel región para las obras que se estén realizando. También se realiza apoyos de contingencia a la población Arequipeña (obras o en emergencia incendios, lluvias, etc.)

En los últimos la región Arequipa ha tenido un auge económico, social notable y se han realizado una serie de proyectos para mejorar la calidad vida de la población.

Para el ingreso al campo del mantenimiento de equipo pesado, es recomendable tener ideas y conceptos referidos a la gestión de mantenimiento de equipos y maquinarias pesado para poder comprender mejor el campo. La experiencia que se obtenga en la vida diaria es recomendable reforzarla con los conocimientos técnicos que se puede adquirir en los manuales técnicos o libros referidos a la gestión del mantenimiento para enriquecer la vida profesional del ingeniero que se dedica a esta área.

Se tratará sobre la gestión de mantenimiento de vehículos camiones rígidos de alto tonelaje que cumple un papel importante en los proyectos desarrollados en la región.

Actualmente la tecnología que se aplica en la Sub-Gerencia es deficiente, no se aplican estrategias de mantenimientos que tengan que ver con la optimización de la gestión, muchas veces el éxito de los cambios que se quieren implantar en una empresa dependerá de las personas que realizan esos cambios y tener bien definido adonde se quiere llegar con los cambios propuestos para lograr el éxito. Para una óptima gestión de mantenimiento se necesita personal de calidad y aplicar estrategias de calidad.

### 3.2 Procedimientos de análisis en el proyecto

#### 3.2.1. Seleccionar la unidad de proyecto

Actualmente en la Sub-Gerencia De Equipo Mecánico se cuenta con 76 camiones (entre camiones volquete y camiones cisterna). Las marcas de estas unidades varían de acuerdo a las órdenes de compra.

En la siguiente tabla se detallaran todas las unidades de la SGEM.

**Cuadro 4. Total de camiones de la SGEM.**

<b>SGEM</b>	<b>Camiones cisterna y camiones volquete</b>	<b>Volvo</b>	<b>30 uni</b>
		Mack	11
		Hino	2
		Nissan	1
		Iveco	7
		Scania	18
		Mercedes Benz	2
		Internationa I	2
		GMC	1
		Ford	2

Fuente: SUB-GERENCIA DE EQUIPO MECANICO.

Como se observa en el cuadro 4, los camiones de marca volvo son los que más unidades en la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico, pero no todos son de un mismo modelo. En el cuadro 5. se detallaran los modelos volvo.

**Cuadro 5. Modelo de camiones Volvo.**

MODELO	UNIDADES	AÑO DE FABRICACION
<b>FM440</b>	20	2009
<b>FMX</b>	7	2012-2013
<b>N10</b>	2	1988-1995
<b>NL10</b>	1	----

Fuente: SUB-GERENCIA DE EQUIPO MECANICO.

Como se describe en el cuadro 5, los FM 440 representan 20 unidades (10 camiones volquete y 10 camiones cisterna).

En cuadro 6, se detalla el año de fabricación, así también como la ubicación y sus condiciones de operatividad. El ítem N° 20, que es un camión volquete, está en estado en inoperatividad por cuestiones de mantenimiento y dejadez del operador, los cuales fueron motivos para que la maquina se encuentre a la espera de una buena inversión para ponerla nuevamente al servicio de la población de Arequipa.

**Cuadro 6.Unidades Volvo FM 440.**

<b>Nº</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>AÑO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>CONDICION</b>
1	CAMIÓN CISTERNA	2009	SGEM	OP
2	CAMIÓN CISTERNA	2009	APOYO A DEFENSA CIVIL	OP
3	CAMIÓN CISTERNA	2009	SGEM	OP
4	CAMIÓN CISTERNA	2009	GRTC/ SECIÓN USO	SECIÓN USO
5	CAMIÓN CISTERNA	2009	SGEPI	OP
6	CAMIÓN CISTERNA	2009	VISCACHANI- CAYLLOMA/ OBRA	OP
7	CAMIÓN CISTERNA	2009	TERMINAL PEDREGAL	OP
8	CAMIÓN CISTERNA	2009	PUNTA COLORADA / OBRA	OP
9	CAMIÓN CISTERNA	2009	AYO-HUAMBO/O BRA	OP
10	CAMIÓN CISTERNA	2009	MTTO VIAS ALTERNAS PERUARBO	OP
11	CAMIÓN VOLQUETE	2009	MTTO VIAS ALTERNAS PERUARBO	OP
12	CAMIÓN VOLQUETE	2009	VISCACHANI- CAYLLOMA/ OBRA	OP
13	CAMIÓN VOLQUETE	2009	SGEPI	OP
14	CAMIÓN VOLQUETE	2009	SGEM	OP

15	CAMIÓN VOLQUETE	2009	AYO-HUAMBO/OBRA	OP
16	CAMIÓN VOLQUETE	2009	SGEM	OP
17	CAMIÓN VOLQUETE	2009	AYO-HUAMBO/OBRA	OP
18	CAMIÓN VOLQUETE	2009	TERMINAL PEDREGAL	OP
19	CAMIÓN VOLQUETE	2009	VISCACHAN I-CAYLLOMA/OBRA	OP
20	CAMIÓN VOLQUETE	2009	SGEM	IOP

Fuente: SUB-GERENCIA DE EQUIPO MECANICO.

### 3.2.2. Alcances y generación del proyecto

En esta investigación se establecerá un programa de mantenimiento predictivo para el motor, transmisión; y un plan de mantenimiento preventivo para las partes más críticas; así como revisiones constantes de llantas, capacitación de operadores y de supervisión de los elementos de desgaste.

De acuerdo con las especificaciones de la Sub-Gerencia se obtiene el siguiente cuadro:

**Cuadro 7. Mantenimiento según tiempo de trabajo.**

TIPO DE MTTTO	FRECUENCIA	CONTENIDO
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO 1 (PM1)</b>	250	Cambio de aceite de motor, cambio de filtros de aceite de motor, cambio de filtros de petróleo, cambio de filtros de aire.
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2 (PM2)</b>	1000	Cambio de filtros de transmisión., cambio de aceite de transmisión, cambio de aceite de diferencial, cambio de aceite de cubos.
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO 3 (PM3)</b>	2000	Cambio de aceite hidráulico, cambio de filtros hidráulicos

Fuente: SUB-GERENCIA DE EQUIPO MECANICO.

**Cuadro 8. Mantenimiento según horómetro.**

HORÓMETRO	TIPO DE MTTO
250	PM1
500	PM1
750	PM1
1000	PM1 + PM2
1250	PM1
1500	PM1
1750	PM1
2000	PM1 + PM2 + PM3

Fuente: Propia.

Para realizar el mantenimiento a las unidades se tiene como una base documentos anteriores para poder extraer de ahí los códigos y las cantidades de fluidos en se tienen que verter una el motor, transmisión y sistema hidráulico. Además de tener la información de las especificaciones técnicas.

El objetivo de este plan de investigación es proponer un plan de mantenimiento predictivo para los Volvo FM 440 de la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico del Gobierno Regional de Arequipa.

El plan consta que los mantenimientos preventivos pasen a ser predictivos, esto constaría de hacer análisis de aceites periódicamente y proponer adquirir un software de gestión de mantenimiento.

También se quiere proponer mantenimientos preventivos para las partes que no se toman importancia los cuales son:

**Cuadro 9. Propuesta de mantenimiento.**

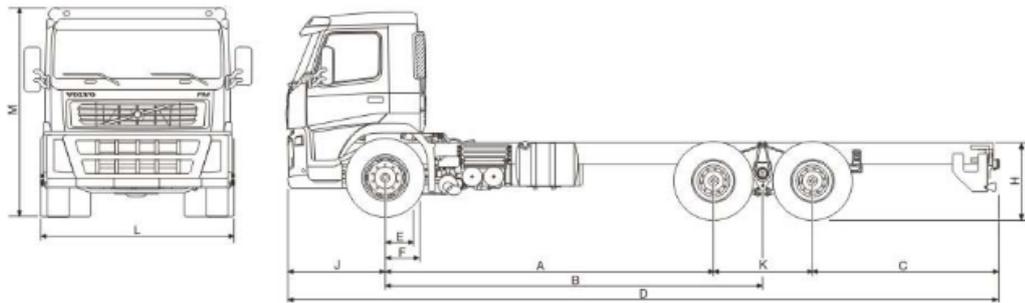
N	MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
1	Mantenimiento preventivo del sistema eléctrico	1 vez al año
2	Mantenimiento preventivo de chasis	1 vez al año
3	Revisión constante de llantas	Diario

Fuente: Propia.

Para mantener un estado óptimo de las maquinarias también dependerá mucho de la capacidad de los operadores, y hay que tener en cuenta que pagar una capacitación de personal no es un gasto, sino una inversión que a la larga tendrá frutos.

### 3.2.2.1. Especificaciones técnicas

## FM 6X4 R



Dimensiones (mm)		Neumáticos 11.00R22.5			
		Tractores			
Cabina		L1EH1	L1EH1	L1EH1	L1EH1
A-	Entre ejes	3400	3700	4300	4600
B-	Distancia entre ejes teórica	4085	4385	4985	5285
C-	Voladizo trasero	825	825	2375	2525*
D-	Largo total	6955	7255	9405	9855
E-	Distancia eje delantero-final de la cabina	440	440	440	440
F-	Distancia eje delantero- implemento	510	510	510	510
G-	Posición de la 5ª rueda	-	-	-	-
H-	Altura del chasis en eje de tracción*	1081	1081	1081	1081
I-	Altura de la 5ª rueda	-	-	-	-
L-	Ancho del eje trasero	2530	2530	2530	2530
M-	Altura sin climatizador**	2863	2863	2863	2863
Radio de giro		7950	8450	9350	9800

Pesos (kgf)					
Cabina					
	L1EH1	L1EH1	L1EH1	L1EH1	L1EH1
Entre ejes	3400	3700	4300	4600	4900
Eje delantero	4865	4890	5025	5050	5080
Eje trasero	4215	4220	4535	4570	4660
Total del chasis	9080	9110	9560	9620	9740

Obs: Pesos para vehículos estándar en orden de marcha, sin conductor. Tolerancia de 3% (Ref. NBR 6070).

#### Cabina

Cabina hecha en acero de alta resistencia, con paneles externos galvanizados por el proceso "hot dip". La estructura de la cabina es tratada contra la corrosión por proceso electroforético (electrodeposición), antes del ensamble final.

	L1EH1 (Extendida)	L2H1 (con litera)
Altura interna (mm)	1550	1550
Longitud(mm)	1810	2230
Ancho interno (mm)	2430	2430
Suspensión delantera	Resorte/ amortiguador o neumática	Resorte/ amortiguador o neumática
Suspensión trasera	Resorte / amortiguador o neumática	Resorte / amortiguador o neumática

## Motor

Diesel, 4 tiempos, 6 cilindros en línea, culata en una pieza, 4 válvulas por cilindro, árbol de levas en la culata, turbo, intercooler, inyección directa electrónica digital, unidades de inyección ubicadas verticalmente en el centro de los cilindros. Potencias y torque según NBR 5484 y ISO 1585.

Modelo/Tipo	D13A 400	D13A440	D13A480
Potencia (cv-kW [rpm])	400-294 (1400-1800)	440-324 (1400-1800)	480-353 (1400-1800)
Torque (Nm-kgfm [rpm])	2000-204 (1050-1450)	2200-224 (1050-1400)	2400-245 (1050-1400)
Cilindrada (dm <sup>3</sup> )	12,8	12,8	12,8
Diámetro de los cilindros (mm)	131	131	131
Carrera de los pistones(mm)	158	158	158
Tasa de compresión	18,1: 1	18,1: 1	18,1: 1
Franja económica (rpm)	1050-1600	1050-1600	1050-1600
Sistema de lubricación (litros)	33	33	33
Sistema de enfriamiento (litros)	38	38	38

## Freno Motor

**VEB 410/500** - Proyecto exclusivo Volvo. Utiliza 2 de los 4 tiempos del motor (compresión y escape), acoplando el freno motor convencional de escape a un dispositivo interno de control de contrapresión en el tiempo de compresión. Potencia máxima de 410/500 cv a 2300 rpm, con alto desempeño en bajas revoluciones, 307/ 375 cv a 1500 rpm y a 1800rpm.

## Embrague

Modelo/Tipo	CS40B - O
Accionamiento	Bidisco de fricción a seco tipo pull-type Hidroneumático
Diámetro de lo(s) disco(s) (mm)	400

## Caja de cambios

Modelo/ Tipo	VT 2214 B	VT 2514B
Motorización (cv)	400	440 y 480
Relaciones de Transmisión	C)16,86:1 13,51: 1	(C)16,41: 1 13,16: 1
	1 <sup>a</sup> )11,13:1 8,92:1	1 <sup>a</sup> )11,13: 1 8,92: 1
	2 <sup>a</sup> )7,16:1 5,74:1	2 <sup>a</sup> )7,16: 1 5,74: 1
	3 <sup>a</sup> )4,68: 1 3,75:1	3 <sup>a</sup> )4,68: 1 3,75: 1
	4 <sup>a</sup> )2,97:1 2,38:1	4 <sup>a</sup> )2,97: 1 2,38: 1
Lubricante (l)	13,5	13,5

\*Para caja con toma de fuerza añadir 0,8 litros (VT2214B y VT2514B).

Toma de Fuerza				
Modelo/ Tipo	PTR-DH	PTR-FL	PTR-FH	PTER-DIN
Montaje	Trasera de la caja	Trasera de la caja	Trasera de la caja	Trasera del motor
Relaciones de reducción	1,23 / 1,54 (VT)	0,73/ 0,91 (VT)	1,23/ 1,54 (VT)	1,26
Torque máximo (N.m)	400	400	400	650*/ 1000**
Sentido de rotación	Mismo del motor	Mismo del motor	Mismo del motor	Mismo del motor

\* Regime continuo / \*\* Regime intermitente

Eje Trasero	
Modelo	RT3210HV
Tipo	Simple velocidad
Bloqueo do diferencial	Si
PBC (t)	100
Relaciones de reducción	3,61/3,76/4,12: 1 4,55:1/ 5,41:1/ 7,21:1
Lubricante (litros)	31 + 26

Eje Delantero	
Modelo/Tipo	<b>FATYPE90</b>
Eje de acero forjado tratado en perfil "I", tratado térmicamente. Cubos lubricados con grasa, libre de mantenimiento.	

Suspensión Delantera		
Modelo/Tipo	<b>FST-PAR FAL8. 0</b> Parabólica	<b>FST-PAR FAL9. 0</b> Parabólica
Amortiguadores	2 de doble acción	2 de doble acción
Nº de elementos elásticos	2 ballestas de 2 hojas	2 ballestas de 3 hojas
Barra estabilizadora	Si	Si

Suspensión Trasera		
Modelo/ Tipo	<b>RST-MUL RAL26</b> Semi-elíptica	<b>RST-MULL RAL32</b> Semi-elíptica
Nº de elementos elásticos	2 ballestas de 9 hojas	2 ballestas de 11 hojas
Amortiguadores	2 de doble acción	2 de doble acción
Barra estabilizadora	No	No

Dirección	
Modelo/ Tipo	Hidráulica con relación progresiva
Diámetro del volante (mm)	450
Capacidad de aceite (l)	4,5

Chasis	
Modelo/Tipo	<b>FRAME 88 LINER-P (Con refuerzo)</b>
	Largueros rectilíneos, con perfil "U", en acero estructural de alta resistencia y bajo peso (LNE60)
Sección(mm)	850
Altura del alma (mm)	300
Longitud del ala (mm)	90
Espesor del larguero (mm)	8
Espesor del refuerzo (mm)	5

Frenos		
Circuito doble de freno a aire, freno de estacionamiento por resortes acumuladoras, freno a tambor tipo Z-CAM o freno a disco.		
Área de frenado	Tambor	Tambor con ABS
Eje delantero (cm <sup>2</sup> )	2235	2235
1° Eje tracción (cm <sup>2</sup> )	2579	2579
2° Eje de tracción/ 3° eje (cm <sup>2</sup> )	2579	2579
Total (cm <sup>2</sup> )	7393	7393

Ruedas y Neumáticos						
	Ruedas disco de acero/ aluminio			Ruedas disco de acero		
Aro	8,25x 22,5	9,00 x 22,5	8,25 x 22,5	8,00 x 22	8,50x 20	8,50x 24
Neumático	295/80 R22,5	315/80 R22,5	12.00 R22,5	11.00 R22	12.00 R20	12.00 R24

Computadora de Bordo	
Descripción	Con visor de cristal líquido ubicado en el centro del tablero de instrumentos, en posición privilegiada para el conductor, suministra informaciones referentes al vehículo y a su conducción, ejecuta y almacena diversas funciones de chequeo, y ayuda a detectar eventuales fallas.
Instrumentos	Además de los instrumentos analógicos convencionales del tablero, como tacómetro, velocímetro, presión de aire del sistema de frenos delantero y trasero, presión de aceite, temperatura del líquido de refrigeración y presión del turbo (LC y TC), la pantalla ofrece también las siguientes informaciones: temperatura ambiente (TC), temperatura del aceite del motor y de la transmisión, bien como la tensión de las baterías, amperímetro (TC) y nivel de aceite del motor.
Auto test	Lámparas, sonorizadores, instrumentos analógicos y pantalla de la computadora a bordo.
Sistema de autodiagnos	Apunta las eventuales fallas almacenadas en los módulos electrónicos
Economía de combustible	Consumo en etapas, promedio de consumo, previsión de autonomía.
Valores de recorrido	Hora/fecha, alarma, dos odómetros parciales independientes, dos promedios de velocidades independientes, un contador regresivo de km c/ previsión de hora de llegada y autonomía.

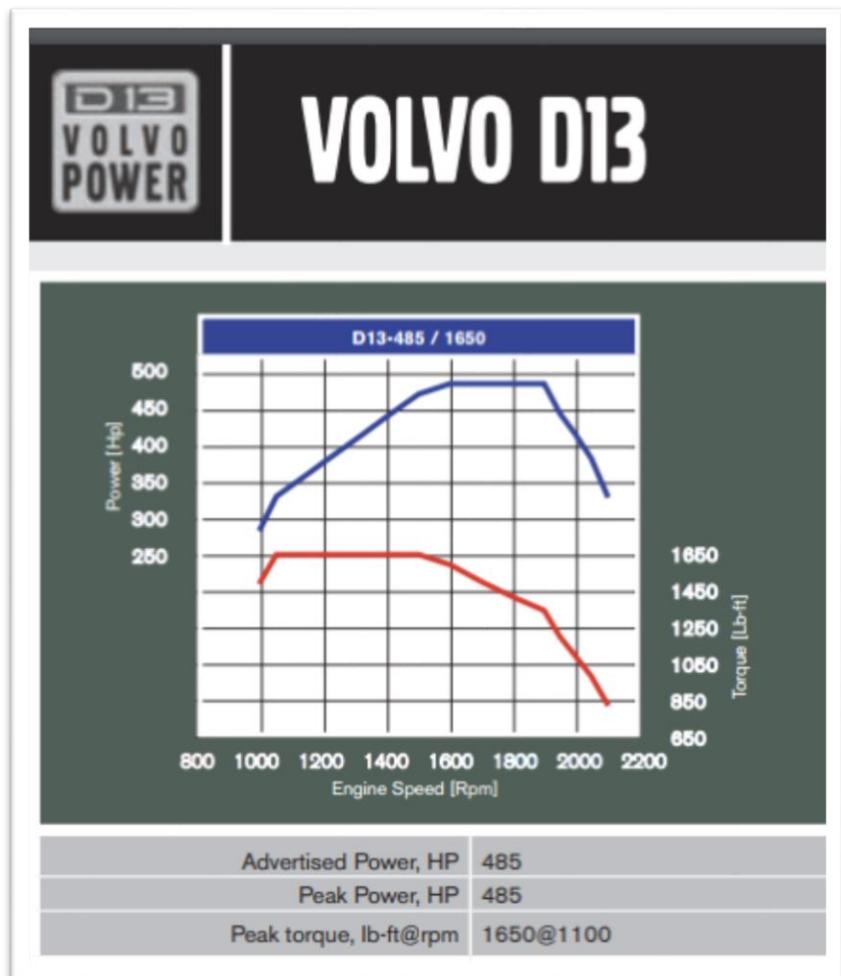
Plataforma eletro/eletrônica		Tensión nominal: 24V
Alternador	80	
Batería	2x170Ah/12V (en serie)	
Motor de partida	Melco, 5,5 kW	
Faros Principales	2 x 70W	

Tanques de Combustible	
Material	En plástico
Capacidad (litros)	280 (RFUEL280)
	420 (RFUEL420)
	480 (RFUEL280+LFUEL200)
	560 (RFUEL280+LFUEL280)
	620 (RFUEL420+LFUEL200)
	700 (RFUEL420+LFUEL280)

Verificar la posibilidad de montaje de los tanques de acuerdo con la combinación del vehículo.

Fuente: Catalogo FM 440

### 3.2.2.2. Motor D13



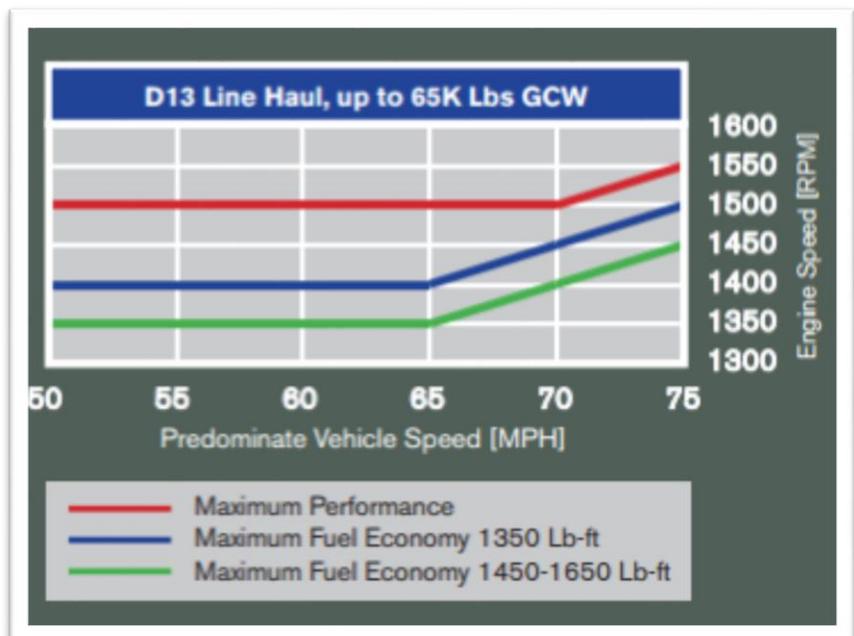
Fuente: Volvo.

Figura 12. Fuerza-torque.



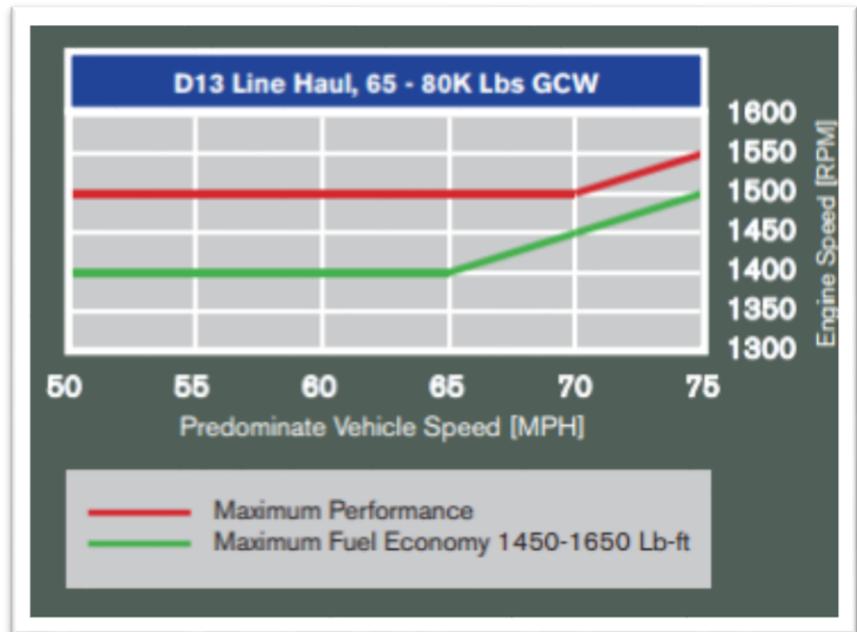
Fuente: Volvo.

Figura 13. Motor D13.



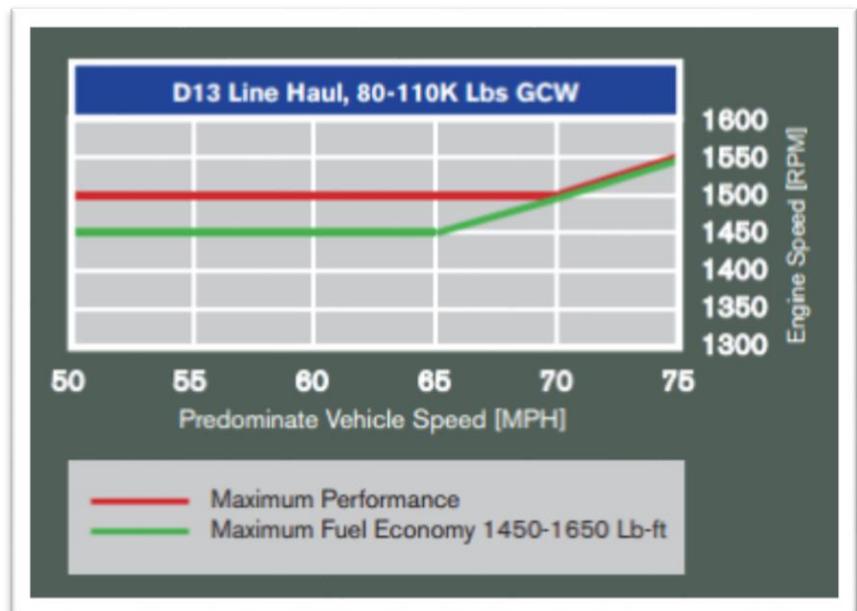
Fuente: Volvo.

Figura 14. Performance en RPM.



Fuente: Volvo.

Figura 15. Performance en RPM.



Fuente: Volvo.

Figura 16. Performance en RPM.

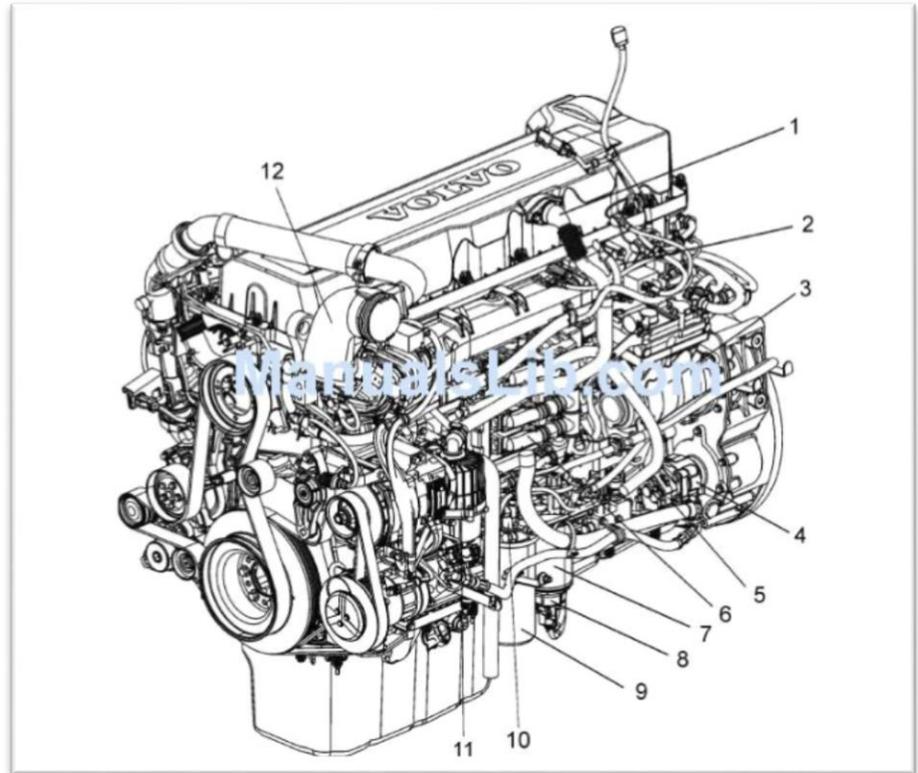
### 3.2.2.3. Funcionamiento del motor

La gestión del motor controla muchas funciones, tales como: liberación de combustible y entrega, funciones de protección del motor, funcionamiento del freno del motor, función de la válvula de EGR y la función de la boquilla del turbocompresor. La Unidad de Control Electrónico del Motor (EECU) junto con otras unidades de control y sensores compatibles son responsables de monitorear y controlar estas funciones. Estas unidades de control se comunican a través de la línea de datos en serie de alta velocidad J1939 para compartir datos. Además de sus funciones de control, los módulos tienen capacidades de diagnóstico incorporadas. Los diagnósticos incorporados están diseñados para detectar fallas o condiciones anormales que no están dentro de sus parámetros operativos. Cuando el sistema detecta una falla o condición anormal, la falla se acumulará en una o en la memoria de ambos módulos. Se informará al operador del vehículo que se ha producido un error al encender una lámpara indicadora de mal funcionamiento y un mensaje en la pantalla de información del controlador, si está equipado. El módulo puede iniciar el procedimiento de apagado del motor si el sistema determina que la condición anormal podría dañar el motor. En algunas situaciones, el sistema ingresará al modo "cojea a casa". El modo de inicio Limp permite el funcionamiento continuo del vehículo, pero el sistema puede sustituir el sensor o el valor de la señal que puede dar como resultado un rendimiento del motor reducido. Los códigos de fallas se registran en la memoria del sistema y luego se leen para ayudar a diagnosticar la falla. Estas fallas se pueden leer a través de un a través del panel de instrumentos, si está equipado. La "Herramienta Premium Tech" (PTT) es la herramienta preferida para realizar trabajos de diagnóstico. El uso de una computadora de diagnóstico (o PTT) Puerto de comunicación conectado amplía las capacidades de diagnóstico de los técnicos con datos y pruebas adicionales. Para obtener software de diagnóstico, comuníquese con su proveedor local.

La siguiente es una lista de sensores de motor que PA1561 Sistema (EMS)

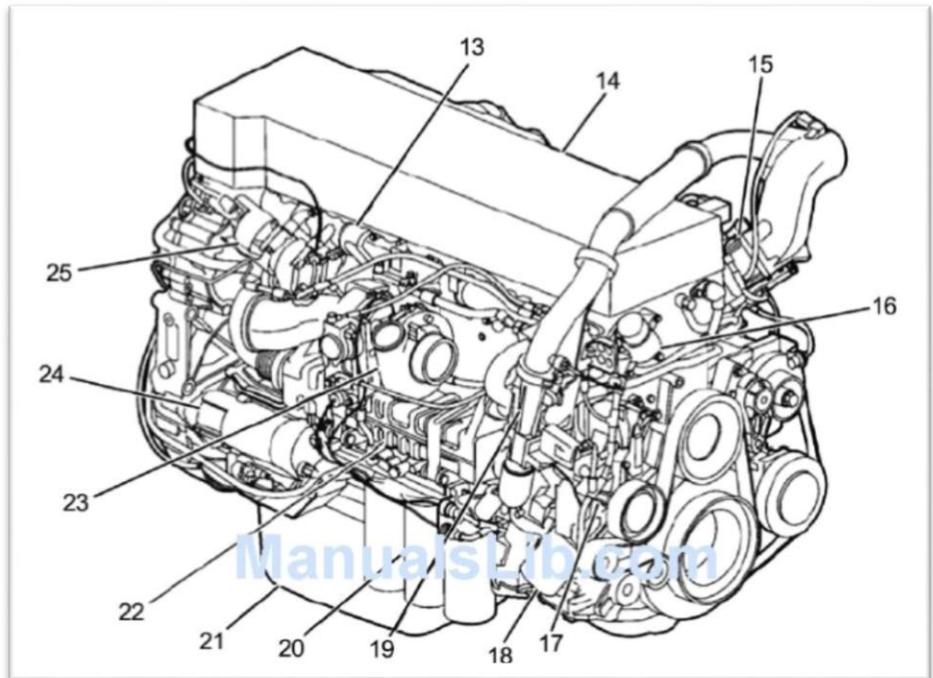
- Sensor de temperatura del aire ambiente
- Sensor de presión ambiental
- Sensor de presión de aire (BAP)
- Sensor de posición del motor (posición del motor)
- Sensor de posición del cigüeñal (velocidad del motor)
- Sensor DPF de presión diferencial • Sensor de presión diferencial EGR
- Sensor de temperatura EGR
- Refrigerante del motor Sensor de nivel (ECL)
- Sensor de temperatura del refrigerante del motor
- Sensor de presión del aceite del motor
- Sensor del nivel de aceite del motor
- Sensor de temperatura del aceite del motor
- Sensor de presión del combustible
- Temperatura y humedad del aire de admisión (IATH) Sensor
- Sensor de temperatura del colector de admisión (Boost)
- Sensor de posición del acelerador (TP)
- Sensor de velocidad del turbo
- Turbocompresor de geometría variable (VGT) Posición Sensor

### 3.2.2.4. Visión General Del Motor



Fuente: Manualslib

1. Tubo respirador	7. Filtro de combustible
2.- colector de admision	8. Separador de combustible / agua
3. Compresor de aire	9. Filtro de combustible
4.- Bomba de dirección asistida	10. Bomba de cebado manual
5. Bomba de combustible	11. Ventilador del cárter
6. Unidad de control electrónico del motor (EECU)	12. Cámara de mezcla EGR del motor (EECU)



Fuente: Manualslib

13. Múltiple de escape	20. Filtros de aceite
14. Tapa de la válvula	21. Recipiente de aceite
15. Elemento del precalentador del motor (opcional)	22. Enfriador de EGR
16. Válvula DRV	23. Turbocompresor
17. Bomba de refrigerante	24. Motor de arranque
18. Filtro de refrigerante	25. Válvula de EGR
19. Tubería de Venturi	

### 3.2.2.5. Aceite de motor

#### 3.2.2.5.1. General

Mantenga el aceite del motor en el nivel adecuado y cámbielo a los intervalos recomendados. Siempre reemplace los filtros de aceite al mismo tiempo que cuando se cambia el aceite.

#### 3.2.2.5.2. Calidad del aceite

Volvo North America reconoce los aceites de motor que cumplen o superan los estándares otorgados por American Petroleum Institute (API) para las

clasificaciones de aceite enumeradas en este manual. Solo aceites con licencia para llevar la API. Los lubricantes que cumplen con los estándares API han brindado la máxima vida útil del motor cuando se usan junto con los intervalos recomendados de cambio de aceite y aceite. El aceite de motor diesel OO Premium Plus (o VDS-4) es obligatorio para usar en todos los motores Volvo de 2007. Los chasis equipados con un motor compatible con emisiones de 2007, que pueden identificarse mediante la presencia de un filtro de partículas diesel (DPF), también requieren el uso de combustible Diesel ultra bajo en azufre (ULSD). Los aceites EO-O Premium Plus superan la nueva categoría de servicio API CJ-4

#### **3.2.2.5.3. Intervalos de cambio de aceite**

El tiempo que un motor puede funcionar antes de un cambio de aceite depende de la calidad del aceite utilizado, el tipo de combustible utilizado, el consumo de combustible, el consumo de aceite del motor, la aplicación del vehículo, el nivel de polvo en el aire y el consumo de combustible. Los intervalos de cambio indicados en este manual son intervalos máximos. Si el vehículo deja de funcionar en servicio pesado, en condiciones polvorrientas o fuera de carretera, etc., reduzca los intervalos para cambios de aceite más frecuentes.

#### **3.2.2.5.4. Filtros de aceite**

Hay tres filtros en el motor, uno de los cuales es un filtro de derivación. Esto debe cambiarse al mismo tiempo que el (los) filtro (s) de flujo completo

#### **3.2.2.5.5. Lubricación sintética**

Los aceites sintéticos son ofrecidos por algunos proveedores de aceite como una alternativa a los aceites tradicionales a base de petróleo para motores.

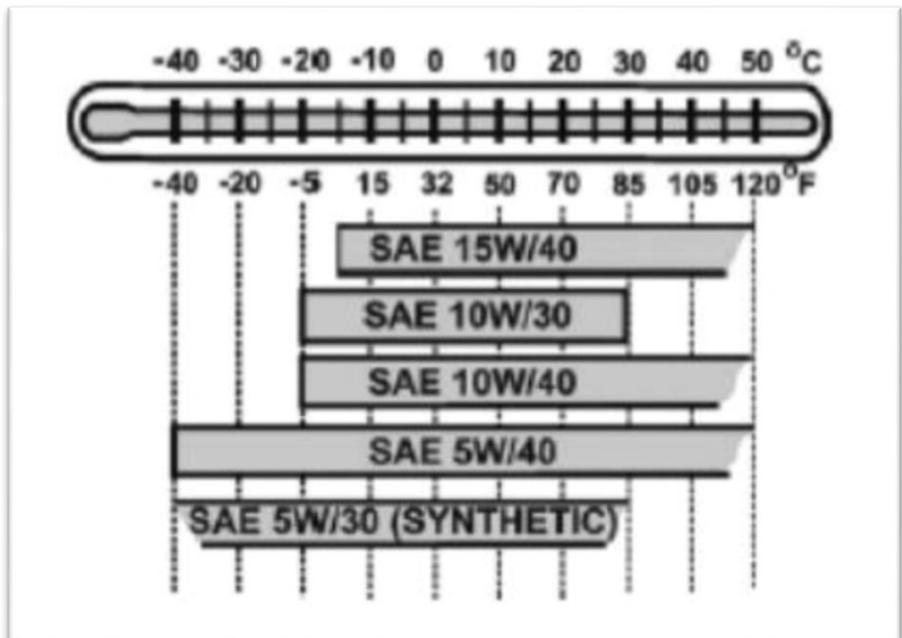
Estos aceites pueden usarse en motores Volvo, siempre que cumplan los niveles de calidad especificados en las páginas anteriores, es decir, ambos VDS-4 y EO-O Premium Plus. El uso de aceites sintéticos no permite la extensión de los intervalos recomendados de cambio de aceite.

### 3.2.2.5.6. Viscosidad del aceite

El grado de viscosidad define el espesor del aceite. El aceite debe ser lo suficientemente delgado a bajas temperaturas para facilitar el arranque en frío y espesante para protegerlo a altas temperaturas. Un aceite no está completamente definido hasta que se haya especificado tanto la clasificación de calidad API como el grado de viscosidad.

Elija el grado de viscosidad para la temperatura ambiente típica para la aplicación.

Los aceites multigrado tienen un amplio rango que depende de la temperatura cambiante. Las viscosidades de Volvo North America se muestran en la tabla de viscosidad / temperatura para los motores Volvo



Fuente: Tekniker.

**Figura 17. Selección del aceite.**

### 3.2.2.5.6. Cambio de aceite

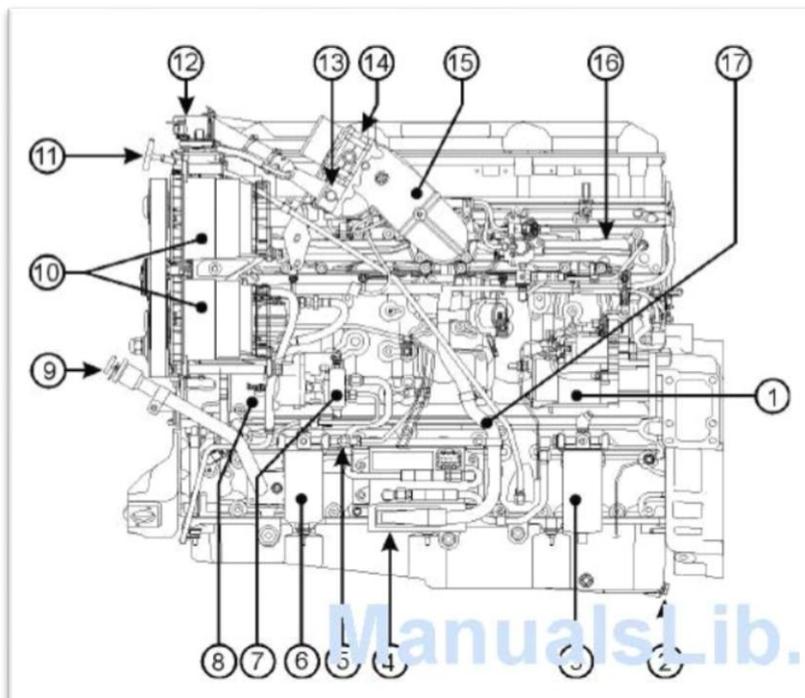
Es importante drenar la mayor cantidad de aceite posible. Intente cambiar el aceite inmediatamente después de conducir, cuando el aceite esté caliente. Siempre reemplace el filtro de aceite cuando cambie el aceite

**Cuadro 10. Capacidad de componentes.**

COMPONENTE	CAPACIDAD (L)
Colector de aceite	24 min - 32 max
Bloque de motor	4.5
Filtros (3)	6
Llenado de aceite total (vacío)	42.5

Fuente: Propia.

### 3.2.2.6. Visión general del motor

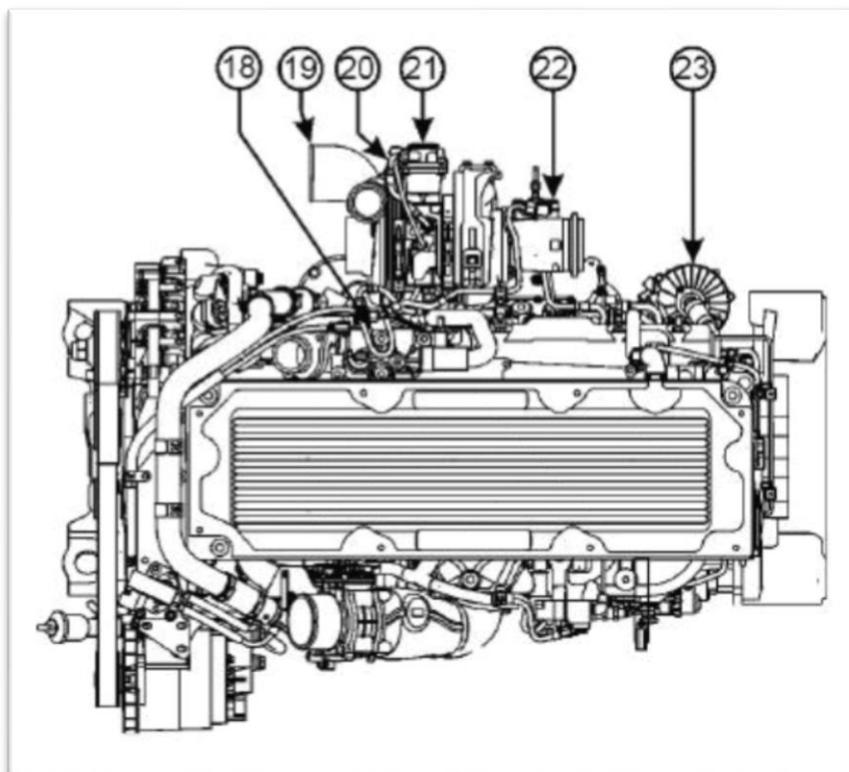


Fuente: Manualslib.

1- Motor de arranque

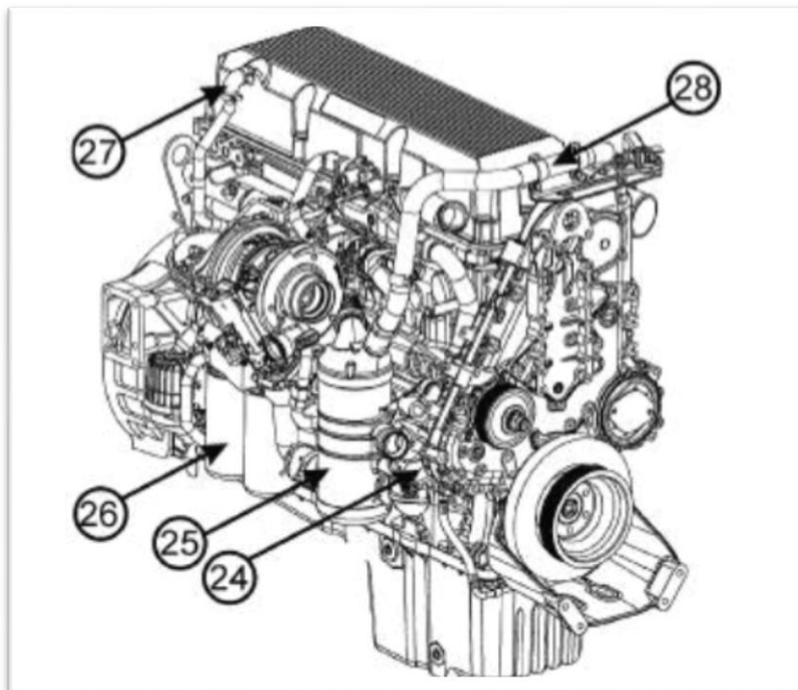
2- tapón de drenaje del recipiente de aceite

3- Filtro de combustible primario / separador de agua
4- MCM (DDEC VI Electronics)
5- Válvula de cierre del filtro de combustible secundario
6- Filtro de combustible secundario
7- bomba de combustible
8- Compresor de aire
9- Tubo de llenado de aceite del motor
10- alternadores Bosch (2)
11- varilla de nivel del aceite del motor
12- Sensor de presión delta EGR
13- Válvula de EGR
14- Acelerador de admisión
15- Mezclador EGR
16- Colector de admisión
17- Arnés del motor



Fuente: Manualslib.

18- Alojamiento del termostato
19- Salida del compresor turbo
20- Línea de retorno del refrigerante del actuador
21 - Actuador controlado eléctricamente
22- HC dosificador
23- Respirador / separador de aceite del cárter cerrado



Fuente: Manualslib.

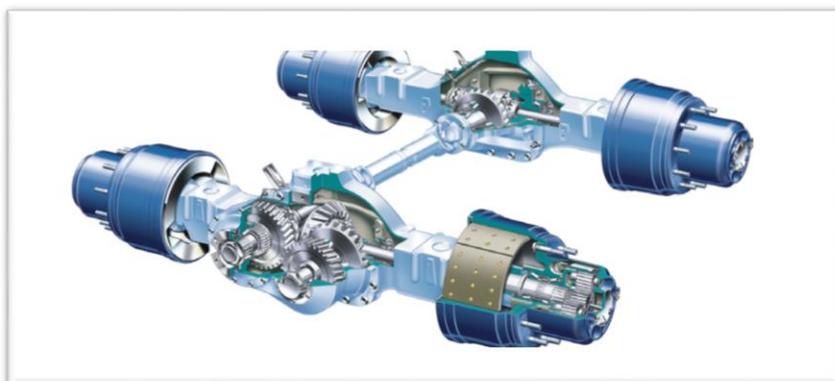
24- Bomba de agua
25- Enfriador de EGR
26- Filtro de aceite (2)
27- Tubo respiradero del cárter
28- tubo de EGR

### 3.2.2.7. Sistema de transmisión Eje trasero RT3210HV

El RT3210HV es un eje en tándem con reducción de cubo capaz de desarrollar 3.100 Nm. Su presión máxima sobre el bogie es de

32 toneladas y puede arrastrar un peso combinado de hasta 100 toneladas. El RT3210HV consta de dos engranajes sencillos de tipo cónico con dentado curvo y un engranaje de distribución situado en el engranaje trasero anterior. La cubierta del eje trasero está fabricada en hierro colado de alta resistencia, lo que lo dota de un diseño compacto y una elevada altura libre sobre el suelo. La conversión de par se realiza esencialmente mediante el mecanismo de reducción situado en los cubos de ruedas. Es una construcción de gran fiabilidad que incluye un engranaje planetario de forma cilíndrica, con ruedas dentadas de corte recto articuladas con cojinetes de aguja, lo cual hace posible una mínima pérdida de potencia. El RT3210HV ha sido diseñado para transportes pesados y exigentes con una carga máxima de arrastre de 100 toneladas. La impulsión mediante dos ejes permite la transmisión de una extraordinaria fuerza de tracción a la calzada, sin que se produzcan derrapes, contribuyendo así a una excelente transitabilidad y a un desgaste mínimo de los neumáticos. El RT3210HV está equipado con tres inmovilizadores de diferencial, para los engranajes traseros anterior y posterior y para el engranaje de distribución. Ello garantiza una máxima accesibilidad incluso con firme deslizante o resbaladizo, potenciando así la productividad del vehículo. Los inmovilizadores de diferencial se regulan fácilmente mediante un interruptor de dos pasos situado sobre el salpicadero. Al accionar el primer paso, se activa el inmovilizador del engranaje de distribución, que interconecta los dos engranajes traseros. El segundo paso del interruptor acopla los ejes motrices de los dos engranajes traseros. La aplicación de nuevas soluciones de producción en combinación con el empleo de un aceite especial ha permitido prolongar los intervalos de cambios de aceite, lo cual contribuye a reducir los costes de operación y el impacto medioambiental. Utilizando aceite sintético homologado, el cambio ha de realizarse cada 400.000 km o bien una vez cada tres años, como mínimo. A continuación las características principales del RT3210HV: • Engranajes sencillos de tipo cónico con dentado curvo, de alto rendimiento y servicio

mínimo. • Robustos ejes y piñones de grandes dimensiones. • Un mecanismo de reducción de cubo que disminuye las cargas sobre la línea de tracción. • Alojamiento de ruedas con cojinetes unitarios sin mantenimiento, para una máxima vida útil y facilidad de servicio. • Tres fiables inmovilizadores de diferencial que garantizan una óptima transitabilidad del vehículo. • Elevada altura libre sobre el suelo.



Fuente: Volvo.

**Figura 18. Eje posterior .**

### **Especificaciones**

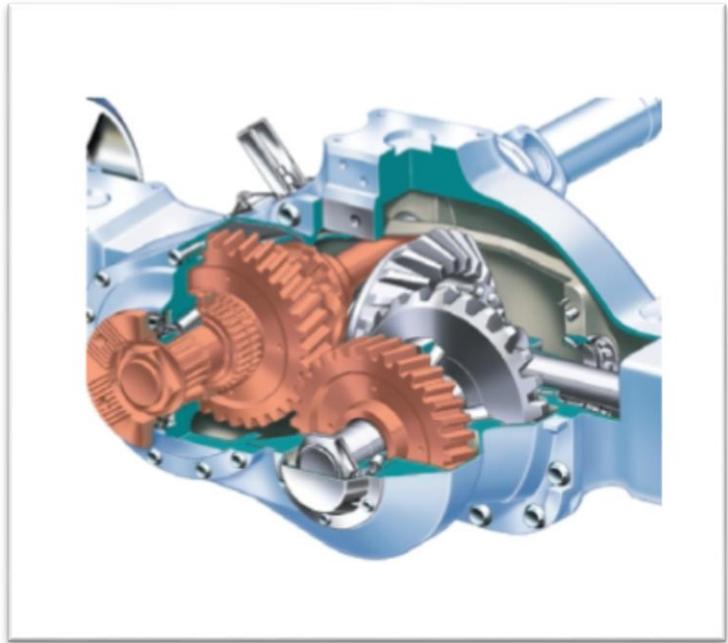
Designación .....	RT3210HV
Tipo:	
Engranaje trasero .	Sencillo, cónico, con dentado curvo y reducción de cubo
Engranaje de distribución .....	Cilíndrico
Reducción de cubo .....	Engranaje planetario cilíndrico
Peso, con ejes motrices, cubos y frenos de tambor:	
Eje delantero .....	879 kg
Eje trasero .....	776 kg
Diámetro de corona .....	295 mm
Diámetro de ejes motrices .....	45 mm
Par máximo de torsión del motor .....	3.100 Nm
Presión máx. sobre bogie .....	32.000 kg

## Especificaciones

Designación .....	RT3210HV
Tipo:	
Engranaje trasero . Sencillo, cónico, con dentado curvo y reducción de cubo	
Engranaje de distribución .....	Cilíndrico
Reducción de cubo .....	Engranaje planetario cilíndrico
Peso, con ejes motrices, cubos y frenos de tambor:	
Eje delantero .....	879 kg
Eje trasero .....	776 kg
Diámetro de corona .....	295 mm
Diámetro de ejes motrices .....	45 mm
Par máximo de torsión del motor .....	3.100 Nm
Presión máx. sobre bogie .....	32.000 kg

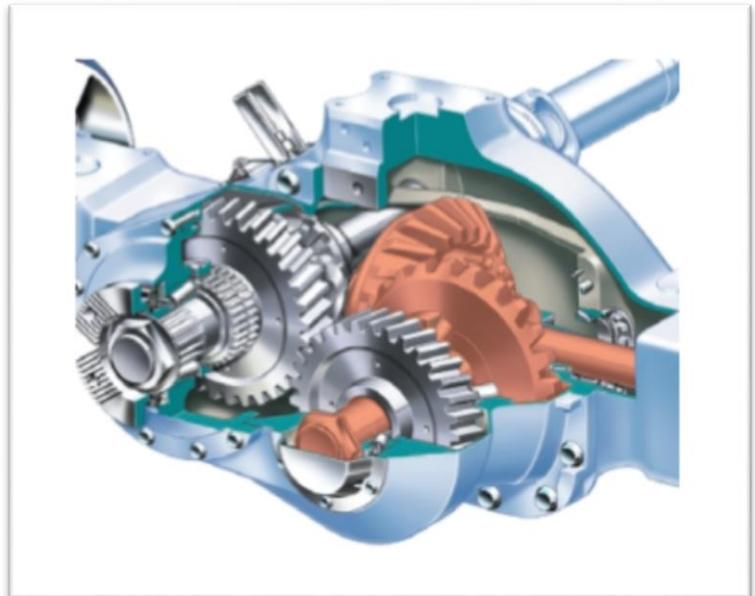
### 3.2.2.7.1. Ejes tándem que proporcionan gran fuerza de tracción con buena transitabilidad

El RT3210HV consta de dos simples reducciones tipo cónico-espiral y una caja de reenvío incorporada al primer eje trasero. La caja de reenvío tiene la misión de distribuir la fuerza de tracción uniformemente entre los dos grupos cónicos. La fuerza de giro procedente de la caja de cambios llega al diferencial después de haber pasado por la caja de reenvío. Desde el diferencial el giro es transmitido mediante un engranaje cilíndrico al grupo cónico del primer eje trasero y al eje de salida de la caja de reenvío que a través de un árbol cardán propulsa el grupo cónico del segundo eje tractor. Este tipo de tracción tándem permite transmitir una gran fuerza de tracción al suelo sin resbalamientos puesto que es grande la carga conjunta sobre los ejes. Se obtiene así una muy buena transitabilidad y un escaso desgaste de los neumáticos.



Fuente: Volvo.

**Figura 19. Simple reducción en el primer eje trasero.**



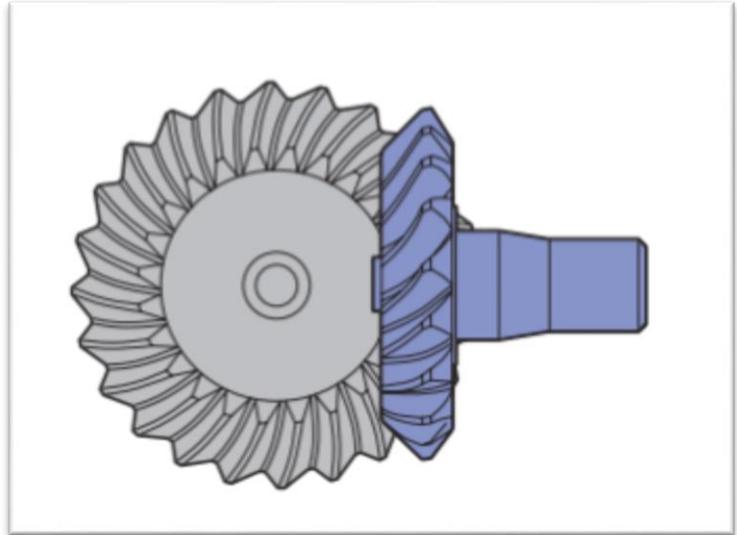
Fuente: Volvo.

**Figura 20. Caja de reenvío en el primer eje trasero.**

### 3.2.2.7.2. Fiable eje trasero con pocas pérdidas de tracción

Los grupos cónicos de los dos ejes son del tipo cónico-espiral. En ellos la línea de centros del piñón coincide con el centro de la corona. Los grupos cónico-espinales

se utilizan cuando la relación de desmultiplicación entre el piñón y la corona es pequeña. Es éste un diseño sencillo y que exige poco servicio y tiene pocas pérdidas de tracción.

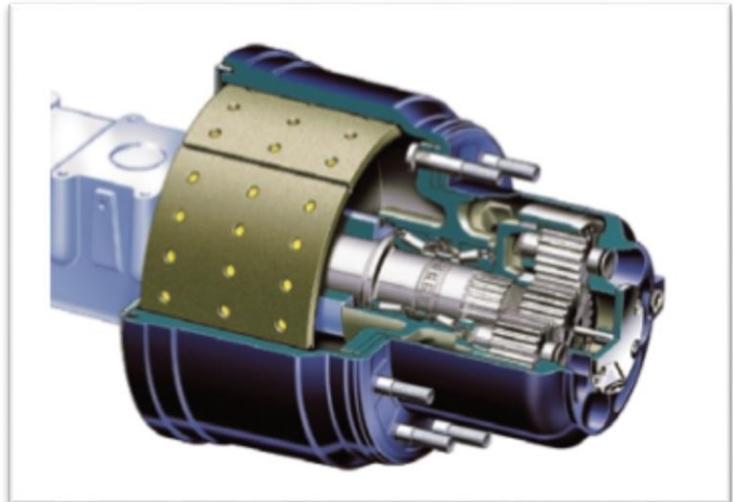


Fuente: Volvo.

**Figura 21. Línea de centros corona-piñón.**

### **3.2.2.7.3. Reducción de cubo de alta fiabilidad**

El RT3210HV está equipado con un mecanismo de reducción en todos los cubos de rueda. El dispositivo de reducción de cubo consta de un engranaje planetario de tipo cilíndrico con ruedas dentadas de corte recto articuladas por cojinetes de agujas, para una mínima pérdida de potencia. El piñón solar está montado en el eje motriz. La fuerza motriz se transmite desde el piñón a tres ruedas planetarias, que están conectadas al cubo de rueda. Cuando las ruedas planetarias giran hacia la rueda de rosca, que está sujeta a la cubierta del eje trasero, se produce la desmultiplicación del régimen motor. Las ruedas incorporan cojinetes unitarios sin mantenimiento. Todo el cubo de rueda (incluido sus cojinetes) se monta y desmonta de forma sencilla y segura, sin alterar en modo alguno el juego de cojinetes.

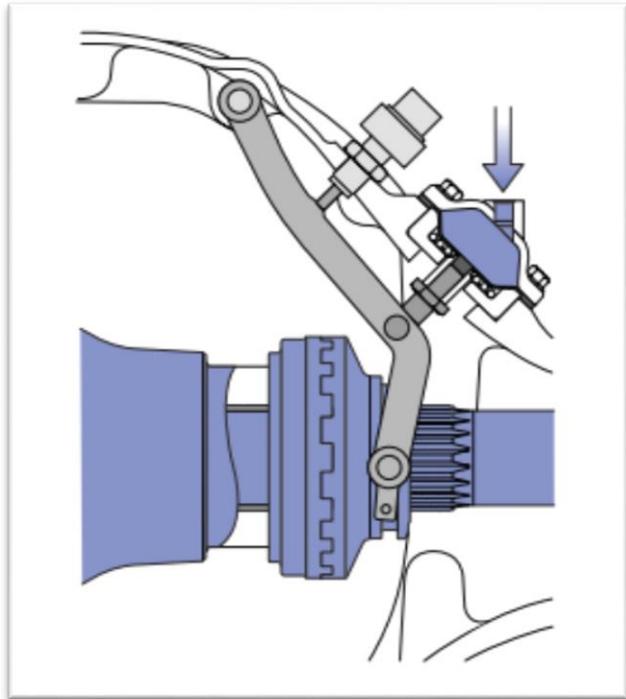


Fuente: Volvo.

**Figura 22. Cuba.**

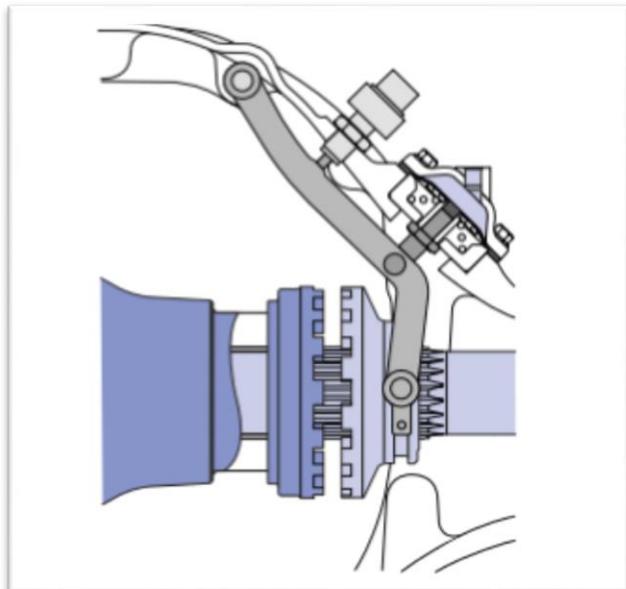
#### **3.2.2.7.4. Tres inmovilizadores de diferencial para una elevada accesibilidad**

El RT3210HV está equipado con tres inmovilizadores de diferencial, para los engranajes traseros anterior y posterior y para el engranaje de distribución. El inmovilizador del engranaje de distribución interconecta los dos engranajes traseros, mientras que los inmovilizadores de los engranajes traseros acoplan los ejes motrices de ambos engranajes con la caja de diferencial. Al conectar los tres inmovilizadores, todas las ruedas de tracción girarán a la misma velocidad. Los inmovilizadores de diferencial constan de un acoplamiento por garras, en acero templado, que se maniobra mediante aire comprimido. Para indicar la activación de los inmovilizadores, hay dos pilotos situados sobre el salpicadero, uno para el inmovilizador del engranaje de distribución y el otro para los dos inmovilizadores de los engranajes traseros. El inmovilizador de diferencial garantiza unas excelentes prestaciones de transitabilidad en caso de firme deslizante o resbaladizo, lo que optimiza la accesibilidad del vehículo.



Fuente: Volvo.

**Figura 23. Inmovilizador de diferencial activado (engranaje trasero).**



Fuente: Volvo.

**Figura 24. Inmovilizador de diferencial desactivado (engranaje trasero).**

## CAPITULO IV

### CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL DISEÑO DEL PROYECTO

#### 4.1. Teoría del proceso

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar.

Frente al mantenimiento sistemático por horas de funcionamiento o por tiempo transcurrido desde la última revisión, el mantenimiento predictivo tiene la ventaja indudable de que en la mayoría de las ocasiones no es necesario realizar grandes desmontajes, y en muchos casos ni siquiera es necesario parar la máquina. Generalmente son técnicas no invasivas. Si tras la inspección se aprecia algo irregular se propone o se programa una intervención. Además de prever el fallo catastrófico de una pieza, y por tanto, anticiparse a éste, las técnicas de mantenimiento predictivo ofrecen una ventaja adicional: la compra de repuestos se realiza cuando se necesita, eliminando pues stocks

Las técnicas predictivas más habituales en instalaciones industriales son las siguientes:

- Análisis de vibraciones, considerada por muchos como la técnica estrella dentro del mantenimiento predictivo.
- Termografías.
- Boroscopias.
- Análisis de aceites.
- Análisis de ultrasonidos.
- Análisis de humos de combustión.
- Control de espesores en equipos estáticos.

Existen otras técnicas predictivas de sencilla aplicación, que normalmente no se consideran como tales pero que de hecho lo son: inspecciones visuales y lecturas de indicadores.

#### **4.1.1. Tipos de mantenimiento**

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

**4.1.1.1. 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.

**4.1.1.2. Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

**4.1.1.3. Mantenimiento Predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. 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.

**4.1.1.4 Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de

funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

Mantenimiento En Uso: es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

## **4.2. Funcionamiento**

### **4.2.1. Mantenimiento del sistema generador motriz**

El Mantenimiento predictivo es el seguimiento del estado de los equipos, mediante monitorizaciones, que permiten realizar sustituciones y reparaciones cuando no se encuentren en buen estado.

En esta investigación lo que se busca es transformar el mantenimiento preventivo a mantenimiento predictivo que se realiza al motor de serie D13 y al sistema de transmisión de los Volvo FM 440.

El procedimiento a realizarse es aplicar los procesos del mantenimiento predictivo (análisis de vibraciones, análisis de temperaturas, etc.) y llevar un seguimiento del motor y sistema de transmisión a base de análisis de aceites en periodos semestrales

Los vehículos Volvo FM 440 cuentan con un motor diesel marca cummins de cuatro tiempos, utilizado comúnmente en excavadoras y camiones. Este motor cuenta con un turbo-compresor y sistema de intercooler.

### **4.2.2. Mantenimiento preventivo de los sistemas complementarios**

En la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico, el mantenimiento es realizar acciones para que un equipo prosiga en lo que está ejecutando, no deje de operar y alargar la vida útil del equipo.

Cuando una maquina trabaja y trabaja pero siguen al día con sus mantenimientos preventivos, siempre va a llegar el momento en el que hay que realizar un correctivo que son labores no programadas que se realizan a un equipo luego de haber ocurrido una falla, para regresarla a su condición normal de operación.

En cambio el mantenimiento preventivo Es un conjunto de acciones programadas y ejecutadas periódicamente sobre los equipos operando para alargar la vida útil de los camiones.

En esta investigación que se realiza a los FM 440, se propondrá un sistema de mantenimiento preventivo para el sistema chasis. Este sistema de mantenimiento para estas partes no se realizan en la sub-gerencia ya que se abocan más a un mantenimiento preventivo de motor, sistema de transmisión e hidráulico.

La Sub-Gerencia cuenta con 20 unidades Volvo FM 440, y por ende cuentan con 20 chasis (entre camiones volquetes y camiones cisterna) y en la tabla ---, se describe cada una de ellas.

#### **4.2.2.1. Sistemas complementarios**

El Sistema de chasis de los Volvo FM 440 está compuesto por:

- El sistema de suspensión: paquetes de muelles, abrazaderas "U", barras de soportes de paquetes, templadores fijos y regulables, etc.
- Sistema de ejes: ejes soportes de llantas, tambores y aros de las llantas, sistema de rodamientos, etc.
- Sistema de los frenos: zapatas, conjunto de freno, acoples de aire, tanques y válvula de aire, mangueras, etc.
- Sistema de eléctrico: acople eléctrico, baterías, cables y luces, etc.
- Llantas : neumáticos, aros, espárragos, chavetas, tuercas. , etc.

### 4.3. Esquemas y análisis

Esquema de fallas de los FM 440, valores tomado de almacén y taller desde septiembre del 2016 hasta agosto 2017.

**Cuadro 11. Fallas septiembre-octubre-noviembre-diciembre 2016.**

SEPTIEMBRE-OCTUBRE-NOVIEMBRE-DICIEMBRE 2016 PERIODO 1		
ITEM	DESCRIPCIÓN DE FALLA	TIEMPO DE PARADA (Hrs)
1	Fuga de líquido de dirección	24
2	Fajas delanteras	48
3	Sistema de refrigeración	24
4	Fuga de aire	5
5	Falla del cebador	11
6	Fuga de líquido de dirección	8
7	cambio de llantas	4
8	Tablero de cabina	40
9	Arrancador	16
10	Sensor de mínimo	24
11	Pulmón posterior	32
12	Pines y bujes de dirección	16
13	Desalineamiento de dirección	8

<b>14</b>	Corte en el sistema eléctrico	16
<b>15</b>	Fuga de líquido de dirección	12
<b>16</b>	Sensor de mínimo	16
<b>17</b>	Válvula de 4 vías	24
<b>18</b>	Fajas de freno	16
<b>19</b>	MP 1 X 20 unidades	160
	Tiempo de parada	504

Fuente: Propia.

**Cuadro 12. Fallas enero-febrero-marzo-abril 2017.**

ENERO-FEBRERO-MARZO-ABRIL 2017 PERIODO 2		
ITEM	DESCRIPCIÓN DE FALLA	TIEMPO DE PARADA (Hrs)
<b>1</b>	Válvula de 4 vías	8
<b>2</b>	Rotura de muelles	20
<b>3</b>	Batería	3
<b>4</b>	Corte en el sistema eléctrico	16
<b>5</b>	Contacto de encendido	40
<b>6</b>	Fuga de combustible	10
<b>7</b>	Rotura de perno central	20
<b>8</b>	Bomba de cisterna	24
<b>9</b>	cambio de llantas	4
<b>10</b>	Pines y bujes de dirección	32
<b>11</b>	Fuga de líquido de dirección	8

12	O ring de bomba hidráulica	10
13	O ring embrague	4
14	Fajas de freno	16
15	Válvula de 4 vías	40
16	Fuga de aire pulmón delantero	32
17	Sistema de freno de motor	16
18	Embrague	12
19	Fajas de freno	8
20	Pre-calentador	16
21	Radiador	32
22	Pines y bujes de dirección	16
23	Llanta delantera	8
24	Batería	8
25	Pines y bujes de dirección	32
26	fuga de hidrolina de la toma de fuerza	8
27	sensor de temperatura	24
28	MP 1 + MP2 X 20 unidades	240
	Tiempo de parada	707

Fuente: Propia:

**Cuadro 13. Fallas mayo-junio-julio-agosto 2017.**

MAYO-JUNIO-JULIO-AGOSTO 2017 PERIODO 3		
ITEM	DESCRIPCIÓN DE FALLA	TIEMPO DE PARADA (Hrs)

1	Bomba de agua del cisterna	8
2	cambio de llantas	4
3	Pines y bujes de dirección	16
4	Calentamiento del motor	24
5	Fuga de aire	4
6	Suspensión de cabina	16
7	Sensor de temperatura	32
8	Bomba de agua de cisterna	16
9	Rotura de tirantes de tolva	5
10	Válvula de 4 vías	16
11	Calefacción	24
12	compuerta de tolva	8
13	llantas	4
14	corte eléctrico	16
15	fajas + conjunto de freno	16
16	tapa de tanque de combustible	24
17	MP 1 + MP 2 + MP 3 X 20 unidades	240
	Tiempo de parada	473

Fuente: Propia.

#### 4.4. Formulas justificativas

##### 4.4.1. Tiempo Medio Entre Fallas y Tiempo Medio Para Reparar

Tiempo Medio Entre Fallas y Tiempo Medio Para Reparar son importantes en el mantenimiento.

$$MTBF = \frac{\text{tiempo total de funcionamiento}}{\text{numero de fallas}}$$

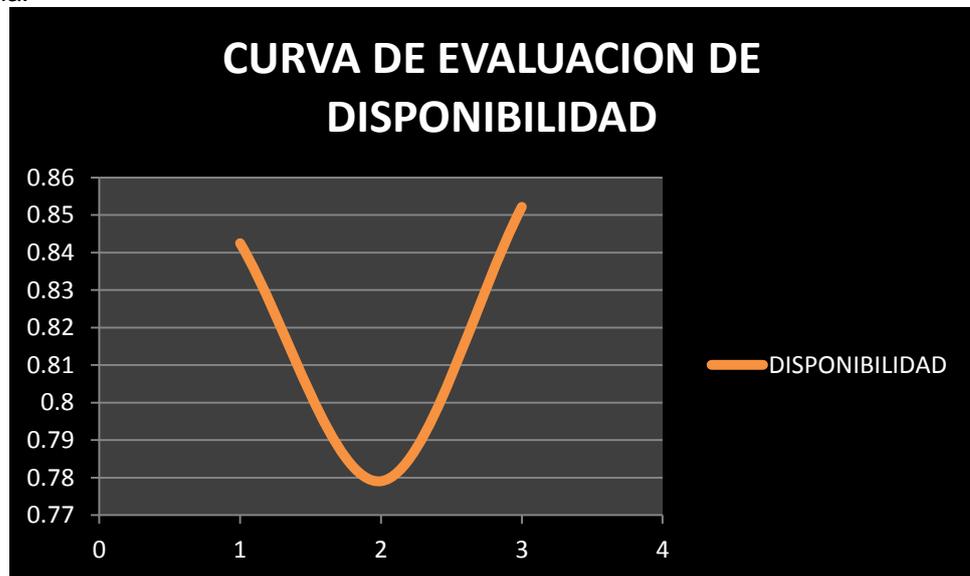
$$MTTR = \frac{\text{tiempo total de inactividad}}{\text{numero de fallas}}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

**Cuadro 14. Análisis del tiempo de operación, paradas y demoras en reparación.**

ANÁLISIS DEL TIEMPO DE OPERACIÓN, PARADAS Y DEMORAS EN REPARACIÓN							
PERIODO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPO EN OBRA	TIEMPO DE OPERACIÓN	TIEMPO DE PARADA	TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS MTBF	TIEMPO PROMEDIO PARA LA REPARACIÓN MTTR	DISPONIBILIDAD
1	19	3200	2696	504	141.8947368	26.52631579	0.8425
2	28	3200	2493	707	89.03571429	25.25	0.7790625
3	17	3200	2727	473	160.4117647	27.82352941	0.8521875

Fuente: Propia.



Fuente: Propia.

**Gráfico 1. Curva de disponibilidad.**

En la gráfica 1, la disponibilidad que es la relación confiabilidad – mantenibilidad, nos da resultados que son por debajo del 90% de confiabilidad. Este resultado nos indica que no estamos en un índice ideal lo cual nos indica que hay que analizar las fallas.

#### 4.4.2. Recursos materiales

**Cuadro 15. Precios para efectuar el mantenimiento.**

COGIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO TOTAL(\$)
21834199	Cartucho filtrante	1 uni.	93.60
21041296	Filtro de aire	1 uni.	121.18
22480372	Filtro de combustible	1 uni.	35.30
21380488	Filtro de combustible OF	1 uni.	45.44
21707132	Filtro de aceite	1 uni.	29.12
21707133	Filtro de aceite OF	2 uni.	50.74
21620181	Juego filtro separador	1 uni.	83.20
349619	Filtro de hidrolina	1 uni.	10.62
21479106	Kit de filtro	1 uni.	24.41
85121022	Aceite VDS4 (19L)	38L	223.82
1161937	Aceite diferencial BAL	80L	563.16
1161933	Aceite caja MAN BAL	20L	133.97
1161995	Aceite caja AUT BAL	5 uni. X 5L	269.68
1161961	Grasa lub. (35lb)	1 uni.	228.23
22567321	Anticongelante	10 uni. X1gal	392.50
		<b>Total</b>	<b>\$ 2304.97</b>

Fuente: Propia.

En la SGEM el personal de taller contratado percibe el siguiente sueldo trabajando 8 horas diarias por 22 días.

**Cuadro 16. Recursos humanos de taller.**

Nº	FUNCION	SUELDO MENSUAL \$	PAGO POR HORA \$
1	Mecánico	580.73	3.31
2	Electricista	702.99	4
3	ayudante	0	0

Fuente: Propia.

#### 4.5. Proceso de inspección.

##### 4.5.1. Inspección del vehículo Volvo FM 440.

El vehículo camión debe ser inspeccionado para prolongar la vida útil de sus componentes y sea confiable durante el trabajo que realice.

#### **4.5.1.1. Calidad y tipo de inspección**

Las inspecciones deben ser realizadas por una persona altamente capacitada, de una manera ágil, rápida pero minuciosa con criterio técnico, para autorizar la salida o no del vehículo por condiciones del vehículo. Esta inspección se la realiza a través de un listado realizado por un técnico, que puede ser realizada en forma trimestral, semestral o anual, chequeando fallos de fisuras, desgastes previsibles, distorsiones. La inspección también debe ser realizada de forma diaria por el operador.

#### **4.5.1.2. Criterio de decisión**

La persona encargada de la inspección diaria o de antes de cada uso, toma la decisión de la salida o no del vehículo, si encuentra fallos que comprometan seriamente a la estructura del chasis y la seguridad del entorno que lo rodea; por ejemplo, doblado o fisuras del riel principal, o falta de los remaches, rotura de muelle, fallas en la dirección, en el sistema de freno o sistema eléctrico; la unidad no debe salir, pero si encuentra fallos que no sean perjudiciales para la maquina en forma inmediata y no comprometan al entorno, se da la autorización, pero la condición de programar una revisión con el técnico especialista a la brevedad.

Cada operador de la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico posee una bitácora, en la cual debe anotar todas las ocurrencias del día, en ellas debe estar anotadas los km que recorrió, si ocurrió falla alguna, etc.; esta bitácora es de mucha importancia para llevar al día las ocurrencia que sucedieron.

### **4.6. Formulas justificativas**

#### **4.6.1. Análisis de Criticidad**

El análisis de criticidad es una metodología que permite priorizar un conjunto de fallos, y aplicar correctivos que las eliminen de forma definitiva,

soportado en el concepto del riesgo, y como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad del mismo

$$CTR = FF \times C$$

Dónde:

*CTR* : criticidad

*FF*: factor de frecuencia

*C* : severidad de fallos

#### 4.6.1.1. Factor de Frecuencia de Fallos (*FF*)

Es un índice que mide el número de fallos que aparecen en un activo que no se mantiene correctamente en un tiempo determinado.

En el cuadro 17, se observa la frecuencia de fallos desde septiembre del 2017 a septiembre del 2018 detallado por meses .

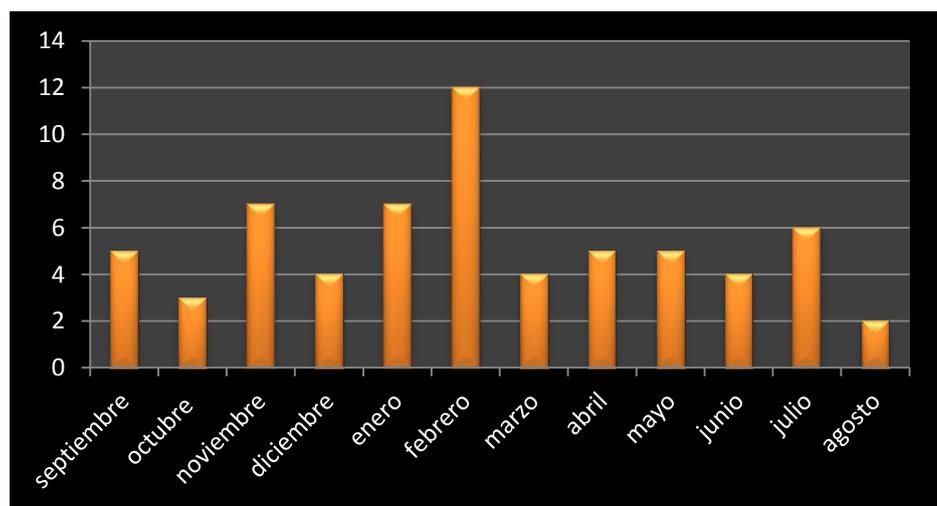
**Cuadro 17.Frecuencia de fallos.**

N	descripción de la falla	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero
1	Motor	2	1	-	1	1	2
2	Sist. De Transmisión	-	-	-	-	1	1
3	Sist. Hidráulico y bomba	-	-	-	-	-	2
4	Sist. Suspensión y dirección	1	1	3	-	1	2
5	Sist. Ejes	-	-	-	-	-	-
6	sist. Frenos	1	1	1	2	2	3
7	Sist. Eléctrico	1	-	1	1	1	-
8	Otros	-	-	2	-	1	2
		5	3	7	4	7	12

N	descripción de la falla	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto
1	Motor	-	-	1	-	-	1
2	Sist. De Transmisión	-	-	-	-	-	-
3	Sist. Hidráulico y bomba	1	-	-	1	1	-
4	Sist. Suspensión y dirección	2	-	-	1	1	-
5	Sist. Ejes	-	1	-	-	-	-
6	sist. Frenos	-	1	1	1	-	1
7	Sist. Eléctrico	1	2	1	-	1	-
8	Otros	-	1	2	1	3	-
		4	5	5	4	6	2

N	descripción de la falla	total de fallas
1	Motor	9
2	Sist. De Transmisión	2
3	Sist. Hidráulico y bomba	5
4	Sist. Suspensión y dirección	12
5	Sist. Ejes	1
6	sist. Frenos	14
7	Sist. Eléctrico	9
8	Otros	12
		64

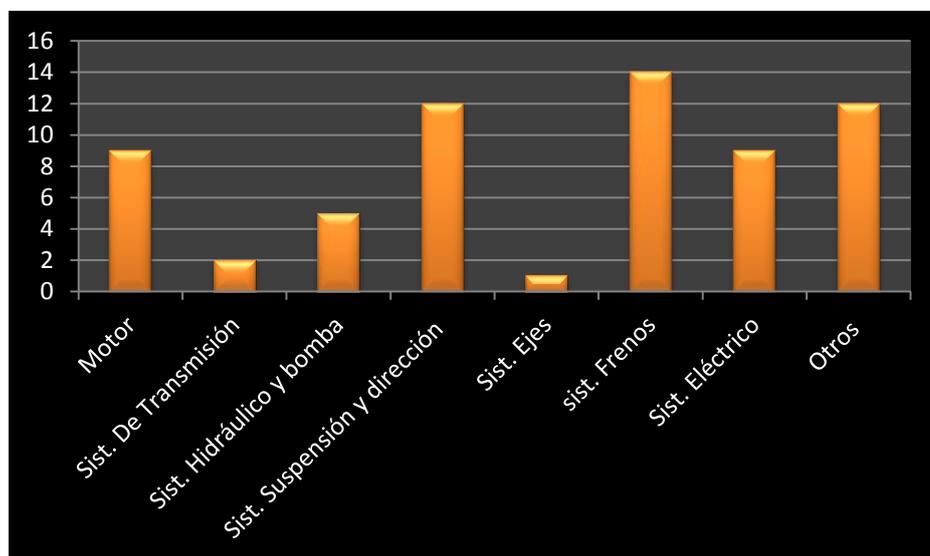
Fuente: Propia.



Fuente: Propia.

**Gráfico 2. Frecuencia de fallos.**

En la gráfica 2, se muestra la frecuencia de fallos desde septiembre del 2016 hasta agosto del 2017, observando que el mes de febrero, los fallos aumentaron, por factores climáticos en Arequipa.



Fuente: Propia.

**Gráfico 3. Frecuencia de fallos por partes.**

En la gráfica .3, el sistema de frenos, sistema de suspensión y dirección ; y otros los que tienen mayores valores.

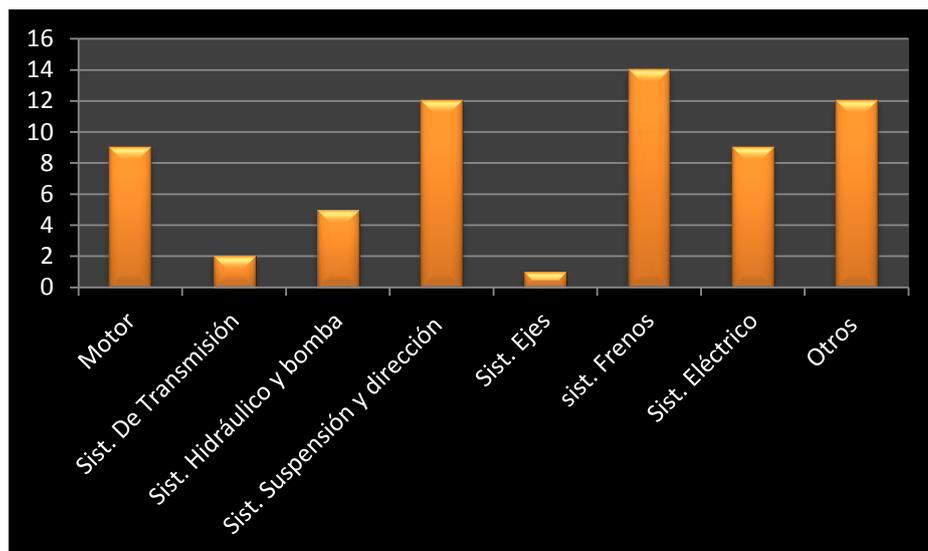
Se toma en una escala del 1 al 4, el factor de frecuencia de fallos (**FF**):

4: Frecuente : Mayor a 10 eventos promedio anual

3: Promedio : Menor a 10 y mayor a 6 eventos promedio anual

2: Bueno : Menor a 6 y mayor a 2 eventos promedio anual

1: Excelente : Menor a 2 eventos promedio anual



Fuente: Propia.

**Gráfico 4. Promedio anual de fallos.**

La gráfica 4, se indica que el sistema de freno tiene un promedio de fallos anual mayor a 10, con un 14 en total, por lo que se obtiene un factor de frecuencia de 4, ocurre igual al sistema de la suspensión-dirección y otros al tener un factor de frecuencia de 4 por tener fallos mayores a 10, haciendo que los 3 primeros fallos tengan un 59.38% del total. El sistema eléctrico y motor por tener fallos entre 6 y 10, tiene un factor de frecuencia de 3, mientras que transmisión; y sistema hidráulico y bomba van de 2 a 6 fallos, tienen un factor de frecuencia de 2, y el sistema de ejes teniendo una frecuencia de 1.

En el cuadro 18, se muestra el factor de frecuencia que ocupan los fallos, de acuerdo al promedio mensual de la ocurrencia.

**Cuadro 18. Frecuencia de fallas.**

N°	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	PROMEDIO ANUAL DE LAS FALLAS %	PROMEDIO MENSUAL DE LAS FALLAS %	FACTOR DE FRECUENCIA (FF)
1	Motor	14.0625	1.171875	3
2	Sist. De Transmisión	3.125	0.2604167	2
3	Sist. Hidráulico y bomba	7.8125	0.6510417	2
4	Sist. Suspensión y dirección	18.75	1.5625	4

5	Sist. Ejes	1.5625	0.1302083	1
6	sist. Frenos	21.875	1.8229167	4
7	Sist. Eléctrico	14.0625	1.171875	3
8	Otros	18.75	1.5625	4

Fuente: Propia.

#### 4.6.1.2. Factores de Consecuencias (C)

Es un índice que considera las consecuencias que ocasiona los fallos de un activo en el entorno donde trabaja.

Se la obtiene de la siguiente expresión

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA$$

Donde:

*IO* : IMPACTO OPERACIONAL

*FO* : IMPACTO POR FLEXIBILIDAD OPERACIONAL

*CM* : IMPACTE DE COSTES DE MANTENIMIENTO

*SHA* : IMPACTO EN SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE

##### 4.6.1.2.1. Impacto Operacional (IO)

En la escala del 1-10, donde:

10: Pérdidas en operaciones superiores al 75%

7: Pérdidas en operaciones entre el 50% y el 74%

5: Pérdidas en operaciones entre el 25% y el 49%

3: Pérdidas en operaciones entre el 10% y el 24%

1: Pérdidas en operaciones menor al 10%

#### **4.6.1.2.2. Impacto por Flexibilidad Operacional (FO)**

En escala de 1-4, donde:

- 4: No se cuenta con unidades de reserva para cubrir las operaciones, tiempos de reparaciones altas y logística muy grandes
- 3: No se cuenta con unidades de reserva, tiempos de reparaciones intermedia y logística intermedio
- 2: Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir en forma parcial el impacto en operaciones, tiempos de reparaciones intermedio y logística intermedio
- 1: Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparaciones bajos y logística pequeños

#### **4.6.1.2.3. Impacto en Costes de Mantenimiento (CM)**

En escala de 1-2), donde:

- 2: Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 1000 dólares
- 1: Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 1000 dólares

#### **4.6.1.2.4. Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)**

En escala de 1-8, donde:

- 8: Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor, que exceden los límites permitidos
- 6: Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud y/o incidente ambiental de difícil restauración

3: Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en corto plazo) y/o incidente ambiental menor

1: No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales

En el cuadro 19, se muestra los valores que los fallos ocupan debido a las diferentes consecuencias que ocasionan sus impactos dentro de sus operaciones, sean estos operacionales, flexibilidad operacional, costes de mantenimiento, seguridad, higiene y ambiente.

**Cuadro 19. Consecuencia de fallos.**

N	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	PROMEDIO MENSUAL DE FALLOS X100%	IO	FO	CM	SHA
1	Motor	1.171875	1	2	2	3
2	Sist. De Transmisión	0.2604167	1	2	2	1
3	Sist. Hidráulico y bomba	0.6510417	1	2	1	1
4	Sist. Suspensión y dirección	1.5625	1	2	2	6
5	Sist. Ejes	0.1302083	1	2	1	1
6	sist. Frenos	1.8229167	1	2	1	8
7	Sist. Eléctrico	1.171875	1	2	1	1
8	Otros	1.5625	1	2	1	3

Fuente: Propia.

En el cuadro 20, se observa los valores de criticidad total por riesgo, que se la obtiene por el producto de las frecuencias de fallos y sus consecuencias.

**Cuadro 20. Criticidad por falla.**

N°	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	PROMEDIO MENSUAL DE FALLOS	FACTOR DE FRECUENCIA FF	CONCUCIENCIA C	CRITICIDAD CRT=FF*C
1	Motor	1.17	3	7	21
2	Sist. De Transmisión	0.26	2	5	10
3	Sist. Hidráulico y bomba	0.65	2	4	8
4	Sist. Suspensión y dirección	1.56	4	10	40
5	Sist. Ejes	0.13	1	4	4
6	sist. Frenos	1.82	4	11	44
7	Sist. Eléctrico	1.17	3	4	12
8	Otros	1.56	4	6	24

Fuente: Propia.

En el cuadro 21, se prioriza los cuatro principales fallas que tienen mayor criticidad total por riesgo, fallos que se toman en cuenta para continuar en el análisis posterior.

**Cuadro 21. Partes más críticas.**

N°	FALLOS	CRITICIDAD TOTAL CTR
1	sist. Frenos	44
2	Sist. Suspensión y dirección	40
3	Otros	24
4	Motor	21

Fuente: Propia.

## 4.7. Indicadores

Los indicadores de mantenimiento, son parámetros numéricos, que permiten evaluar el comportamiento de ciertas acciones de los equipos o máquinas durante sus operaciones.

### 4.7.1. Mantenibilidad.

Es la probabilidad de que un activo sea reparado en un tiempo determinado.

En el cuadro 22, se tienen los tiempos de reparación que se requiere para rehabilitar los fallos encontrados, datos que sirven para hallar la media de reparaciones, varianza, desviación estándar, con estos valores y ayudado por la tabla de la normal calcular el tiempo promedio de reparación de los distintos fallos.

**Cuadro 22. Tiempo de reparaciones.**

N°	FALLOS	CRITICIDAD TOTAL CTR	Tiempo de reparación en horas
1	sist. Frenos	44	16
2	Sist. Suspensión y dirección	40	24
3	Otros	24	16
4	Motor	21	24
		TOTAL	80

Fuente: Propia.

### 4.7.2. Media

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^i xi$$

$$media = \frac{tiempo\ de\ reparaciones}{numero\ total\ de\ items}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{4} (16 + 24 + 16 + 24)$$

$$\bar{x} = 20$$

#### 4.7.3. Varianza

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^i (xi - \bar{x})$$

$$S^2 = \frac{1}{4-1} [(16-20)^2 + (24-20)^2 + (16-20)^2 + (24-20)^2]$$

$$S^2 = 21.3$$

#### 4.7.4. Desviación estándar

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S = 4.62$$

#### 4.7.5. Tiempo Medio Correctivo

$$tmc = (z \times \sigma) + \mu_x$$

Con 90.15% de confiabilidad, el ANEXO N° 3, tabla normal (z), nos da un valor:  $Z = 1.2$

$$tmc = (z \times s) + \bar{x}$$

$$tmc = (1.2 * 4.62) + 20$$

$$tmc = 25.54 \text{ hrs} \approx 26 \text{ hrs}$$

A modo de comprobación se tiene:

$$z = \frac{t - \mu_x}{\sigma_x}$$

$$z = \frac{25.54 - 20}{4.62}$$

$$z = 1.2 \approx 90.15\%$$

#### 4.7.6. Disponibilidad

Es un indicador técnico que permite estimar en forma global, el porcentaje de tiempo real que un activo está en condiciones de cumplir la función requerida.

La Sub-Gerencia De Equipo Mecánico cuenta con 20 unidades FM440, estas unidades se encuentran al servicio de la población los 365 del año, se señala:

240 días x 8 horas = 1920 horas

20 unidades FM 440 x 1920 horas = 38 400 horas

Tiempo promedio de reparación por unidades es de 26 hrs.

20 unidades FM 440 x 26 horas = 520 horas

$$\text{disponibilidad} = \frac{\text{tiempo de operaciones} - \text{tiempo de parada}}{\text{tiempo de operaciones}}$$

$$\text{disponibilidad} = \frac{38400 - 520}{38400}$$

$$\text{disponibilidad} = 0.986 \approx 98.6\%$$

#### 4.8. Plan de mejoras

##### 4.8.1. Análisis de fallas

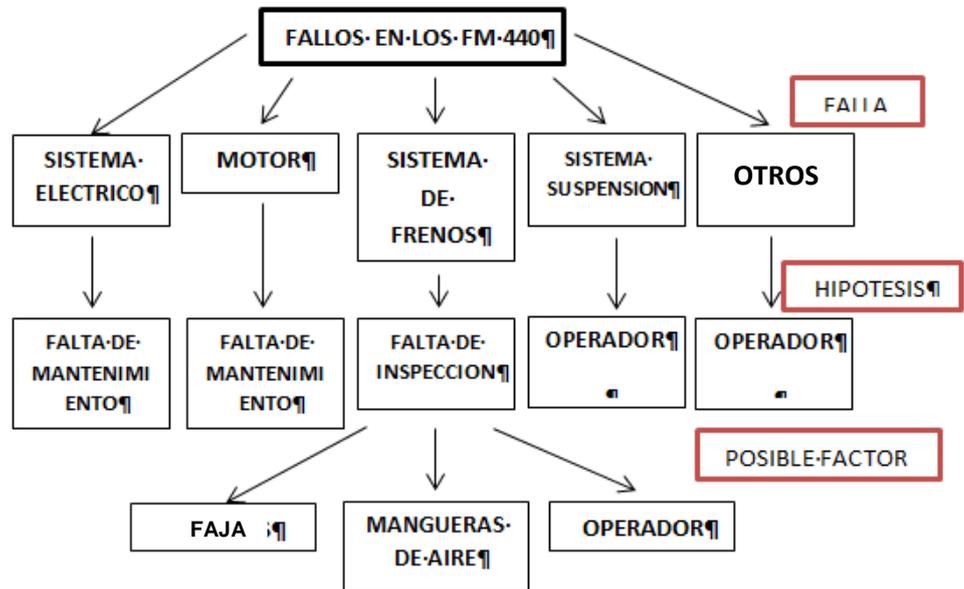
Evaluados los importantes indicadores de mantenimiento, se observa que en la frecuencia de fallos en los FM 440 hay un promedio mensual de 6 fallos, el cual es considerable dentro de un mantenimiento. Se razona también las consecuencias con que estos fallos hacen incurrir a los equipos en cuanto al impacto operacional y disponibilidad, generando pérdidas operacionales menor al 10%, con tiempos medios de mantenibilidad, costos que fluyen de menos de \$ 1000 a mayores de dicha cantidad, siendo estos impactos manejables, pero en cuanto a riesgos de seguridad tanto para los equipos como a vidas humanas y al medio ambiente, son los más altos, teniendo el sistema de los frenos el mayor

valor en la criticidad total de riesgo, donde se actúa para reducir estas frecuencias conjuntamente con el sistema de la suspensión y dirección; y otros.

Tomando como base todos los conceptos anteriores, la siguiente etapa del presente trabajo, trata sobre la elaboración de un procedimiento cuadro 23, Árbol de fallos, se indica la parte crítica y la causa importante de falla. En el Cuadro 21. Partes críticas, tenemos al sistema de frenos con una criticidad de 44, el sistema de suspensión y dirección con una criticidad de 40, otros con una criticidad de 24 y el motor con una criticidad de 21; el cual, al tener una criticidad alta supone un riesgo alto. Así mismo, se obtiene una media muestral de 20, una desviación estándar de 4.62, con una confiabilidad del 90.15% en la curva de la normal, la variable de la distribución da un valor de 1.2, determinándose un tiempo promedio de reparación de 26 horas, cuyo valor sirve de referencia para implementar programas de mantenimientos para los equipos, tanto individual como anual.

## 4.8.2. Árbol de fallas

Cuadro 23. Árbol de fallas.



Fuente: Propia.

En el Cuadro 23, árbol de fallas, se comienza con las cinco partes más críticas que suceden en los FM 440, tales como el sistema de los eléctrico , motor, sistema de los frenos, sistema de la suspensión, y otros donde se estableció que el sistema de los frenos es la primera prioridad de fallos, indicándose que el sistema falla es por la falta de inspección, siendo las causas principales la falta de métodos de trabajos, tales como mal entrenamiento y falta de procedimientos.

## 4.8.3. Gestión de mantenimiento (mejora continua)

### 4.8.3.1. Mejora continua

Para el sistema de frenos, que es la más crítica se ha analizado un promedio de fallas de 14 al año, como cada unidad trabaja un promedio de 1920 horas al año, se ha calculado un tiempo de mantenibilidad de 26 horas, entonces el tiempo de operación de cada unidad será de 1894 horas aproximadamente. Cada falla se presentaría cada 133 horas ó cada 16 días.

Para el sistema de suspensión y dirección; y otros, se a analizado un promedio de fallas de 12 al año, como cada unidad trabaja un promedio de 1920 horas al año, se ha calculado un tiempo de mantenibilidad de 26 horas, entonces el tiempo de operación de cada unidad será de 1894 horas aproximadamente. Cada falla se presentaría cada 155 horas ó cada 19 días

Para el motor, que es la parte más importante del FM 440; y el sistema eléctrico se analizó un promedio de fallas de 9 al año, como cada unidad trabaja un promedio de 1920 horas al año, se ha calculado un tiempo de mantenibilidad de 26 horas, entonces el tiempo de operación de cada unidad será de 1894 horas aproximadamente. Cada falla se presentaría cada 207 horas ó cada 26 días

El tiempo de mantenibilidad es de 26 horas al año, por cada FM 440. Al año seria 520 horas de mantenibilidad, el plan es comenzar primeramente por implantar calidad al equipo humano y técnico, llevar una supervisión con estrategias cada 16 días. Así podremos optimizar la disponibilidad de los FM 440.

Además cultivar la inspección diaria, implantar nuevas estrategias de supervisión, llevar un seguimiento diario a cada maquinaria y podremos optimizar un plan de mantenimiento.

#### **4.9. Gestión de gastos**

##### **4.9.1. Análisis económico para la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico**

Para realizar el análisis económico de la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico por mantenimiento de los FM440, se detallaran económicamente los costos de mano de obra directa, mano de obra indirecta, adquisición de la materia prima y los gastos financieros.

##### **4.9.1.1. Mano de obra directa (MOD)**

La mano de obra es la actividad que realiza un equipo técnico, capacitado para realizar el mantenimiento. Las personas que

participan directamente en el trabajo, los que planifican y el personal de almacén son mano de obra directa. Son personas que perciben un sueldo.

**Cuadro 24. MOD.**

N°	CARGO	SUELDO MENSUAL S/.	SUELDO ANUAL S/.
1	Sub-Gerente	1528.23	18338.76
2	Supervisor 1	916.94	11003.28
3	Supervisor 2	916.24	10994.88
4	Técnico mecánico	580.73	6968.76
5	Técnico eléctrico	702.99	8435.88
6	Almacén	550.16	6601.92
7	Practicantes	0	0
	Total	5195.29	62343.48

Fuente: Propia.

#### 4.9.1.2. Mano de obra indirecta (MOI)

La mano de obra indirecta es el personal que no incide directamente sobre el mantenimiento, es decir personal de secretaria, administración, porteros, etc. También depende del tipo de servicio que se contratara para mantenimientos que no se puedan realizar en el taller de la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico.

**Cuadro 25. MOI.**

N°	CARGO	SUELDO MENSUAL \$	SUELDO ANUAL \$
1	Personal Administrativo 1	2 200.00	26 400.00
2	Personal Administrativo 2	1 800.00	21 600.00
3	Personal Administrativo 3	1 200.00	14 400.00
4	Secretaria	1 900.00	22 800.00
5	Seguridad	6 000.00	72 000.00
	Total	13 100.00	157 200.00

Fuente: Propia.

#### 4.9.1.3. Materia prima (MP)

La materia prima son los materiales que se utilizaran en un mantenimiento, por ejemplo aceites, filtros, etc.. cabe resaltar que

toda las piezas y aceites que se cambian a los FM 440 tienen que ser originales.

**Cuadro 26. MP.**

FILTROS	UNIDAD	PRECIO \$
Filtro de aire primario	unidad	115.12
Filtro de aire secundario	unidad	88.92
Filtro de petróleo	unidad	33.53
Prefiltro de petróleo	unidad	43.17
Filtro de aceite	unidad	27.63
Filtro secador de aire	unidad	79.04
Filtro hidráulico	unidad	10.09
Filtro de caja	unidad	23.19
<b>ACEITES</b>		
Aceite de motor	2 baldes	223.83
Aceite para cubos y coronas	4 baldes	563.18
Aceite para caja de transmisión	1 balde	133.99
Aceite hidráulico dirección	1 balde	133.99
Aceite hidráulico	6 baldes	267.98
Grasa ep2 multipropósito	35 libras	228.26
Refrigerante al 50%	10 galones	392.5
<b>ELEMENTOS DE DESGASTE</b>		
Llantas delanteras 12.00-20	unidad	395
Llantas traseras 12.00-20	unidad	380
<b>OTROS ELEMENTOS</b>		
Tambores de freno trasero	x 4 unidades	1683.74
varilla medidora de aceite	unidad	52.06
Espárragos traseros	unidad	394.02
Tuercas de espárragos traseros	unidad	232.56
Espárragos delanteros	unidad	263.34
Tuercas de espárragos delanteros	unidad	116.25
Pulmón de aire delantero izquierdo	unidad	575.36
Mangueras para el pulmón delantero	unidad	44.3
	unidad	44.3
Tapa de tanque de combustible	unidad	56.96
Válvula de gobernadora de aire con codos	unidad	117.96
Conjunto de frenos completo con fajas posterior	unidad	862.23
Válvula de 4 vías	unidad	324.13
Válvula sensible de carga	unidad	883.82
Base secador de aire completo	unidad	814.17

con filtro		
Cilindro de levante de cabina	unidad	1026.29
Amortiguadores de cabina delantero	unidad	335.96
Amortiguadores de cabina trasero	x 2 unidades	450.01
Amortiguadores de cierre de cabina	x 2 unidades	466.46
Amortiguadores de suspensión delantera	x 2 unidades	607.25
Amortiguadores de suspensión posterior	x 2 unidades	607.25
Correa de ventilador	unidad	67.27
Correa de alternador	unidad	51.89
Conmutador elevalunas lado izquierdo completo	unidad	185.47
Conmutador elevalunas lado derecho completo	unidad	185.47
Sensor medidor de aire volvo	unidad	352.33
Válvula de pase de aire delantero	unidad	169.66
Tambor de freno delantero	x 2 unidades	778.84
conjunto de frenos completo con fajas delantero	unidad	202.2
	TOTAL	15090.97

Fuente: Propia.

#### 4.9.1.4. Gastos financieros (GF)

Los gastos financieros son aquellos que se pagan durante un tiempo por un préstamo que se realizó para poder realizar el mantenimiento a una maquinaria.

#### 4.9.2. Gestión de análisis de costos de mantenimiento

Está constituido por los costes fijos, variables y financieros que se asocian directamente al Servicio de Mantenimiento.

##### 4.9.2.1. Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento en la materia prima, viene a ser los costos en la adquisición de materiales para la elaboración de los mantenimientos. Estos se detallarán en los Cuadros 27, 28 y 29.

En este caso solo analizaremos los gastos por adquisición de los materiales para los mantenimientos ( MP1, MP2 y MP3).

**Cuadro 27. Costos del MP1.**

COGIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO TOTAL(\$)
21834199	Cartucho filtrante	1 uni.	93.6
21041296	Filtro de aire	1 uni.	121.18
22480372	Filtro de combustible	1 uni.	35.3
21380488	Filtro de combustible OF	1 uni.	45.44
21707132	Filtro de aceite	1 uni.	29.12
21707133	Filtro de aceite OF	2 uni.	50.74
21620181	Juego filtro separador	1 uni.	83.2
85121022	Aceite VDS4 19L	38L	223.82
1161961	Grasa lub. 35lb	1 uni.	228.23
		<b>Total</b>	<b>910.63</b>

Fuente: Propia.

**Cuadro 28. Costos de MP2.**

COGIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO TOTAL(\$)
1161937	Aceite diferencial BAL	80L	563.16
1161933	Aceite caja MAN BAL	20L	133.97
1161995	Aceite caja AUT BAL	4 uni. X 5L	269.68
		<b>Total</b>	<b>966.81</b>

Fuente: Propia.

**Cuadro 29. Costos de MP3.**

COGIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO TOTAL(\$)
349619	Filtro de hidrolina	1 uni.	10.62
21479106	Kit de filtro	1 uni.	24.41
22567321	Anticongelante	10 uni. X1gal	392.5
	Llantas	10 uni.	3830
		total	4257.53

Fuente: Propia.

Los periodos de mantenimiento según las horas de trabajo se detallan en el cuadro siguiente:

**Cuadro 30. Periodos de mantenimiento.**

TIPO DE MANTENIMIENTO	HORAS DE TRABAJO
MP1	250 hrs.
MP2	1000 hrs.
MP3	2000 hrs.

Fuente: Propia.

Los FM 440 trabajan al año un promedio de 1920 horas. para facilidades de realizar el proyecto, además de una recomendación para la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico se propondrá un mantenimiento de 2000 hora horas cada primera semana hábil de comienzos de año. Entonces al año se realizaría 8 MP1, 2 MP2 y 1 MP3.

Por otro lado; no consideraremos los pagos por mano de obra, ya que los trabajadores perciben un salario mensual fijo.

**Cuadro 31. Coste de mantenimiento de cada unidad FM 440 al año.**

	PRECIO POR MANTENIMIENTO AL MES	CANTIDAD DE MANTENIMIENTOS AL AÑO	PRECIO DE MANTENIMIENTOS AL AÑO
MP 1	910.63	8	7285.04
MP2	966.81	2	1933.62
MP3	4257.53	1	4257.53
		<b>TOTAL \$</b>	13476.19

Fuente: Propia.

En el Cuadro 31, se detallan los costos de mantenimientos preventivos al año, el precio de los mantenimientos son de S/. 44067.14 por cada unidad FM 440.

#### **4.9.2.2. Análisis de aceite**

Frecuentemente los análisis e aceites se utilizan para analizar posibles fallas y dar una solución al problema, en este caso el análisis de aceite ayudara a reducir o aumentar costos en el mantenimiento, haciendo el análisis en a las 250, 300 y 350 horas de trabajo. Pero, ¿Cuáles son los rangos de contaminación de un aceite.

Primeramente los fabricantes determinan los límites condenatorios, los límites comunes aceptados, los límites promedio y los límites proactivos.

##### **4.9.2.2.1. Limite condenatorio**

Los límites condenatorios son parámetros que no se pueden pasar, y al ser sobrepasados se dará como orden la rápida parada de la maquinaria.

##### **4.9.2.2.2. Limite comúnmente aceptado**

Son límites que son aceptados, pero para una óptima gestión de mantenimiento se recomienda trabajar por bajo de estos índices.

##### **4.9.2.2.3. Promedios**

Frecuentemente los laboratorios comparan los resultados con el promedio de lo que analizan. Mientras que estos puedan decir que no hay riesgo alguno, esto no quiere decir que no estamos lejos de los rangos de límites comúnmente aceptados.

#### 4.9.2.2.4. Límites proactivos

Estos límites lo implantan las empresas, y depende de lo que el ingeniero indique.

En la tabla 5, podemos ver los límites condenatorios de la marca CAT Y CUMMINS, estos límites son condenatorios para el estado del motor. Si se trabaja en estas condiciones el desgaste será al máximo y para que la empresa no tenga perdidas por mantenimiento correctivo se recomienda la inmediata parada y sustitución del aceite.

**Tabla 5. Límites condenatorios por marca.**

	<b>Caterpillar</b>	<b>Cummins</b>
Hierro	100 ppm	84 ppm
Cobre	45 ppm	20 ppm
Plomo	100 ppm	100 ppm
Aluminio	15 ppm	15 ppm
Cromo	15 ppm	15 ppm
Estaño	20 ppm	20 ppm
Sodio	40 ppm	20 ppm
Boro	20 ppm	25 ppm
Silicio	10 ppm	15 ppm
Viscosidad	+20% a -10%	± 1 grado SAE o 4 cSt del nuevo a 100° C
Agua	0.25% max.	0.20% max.
TBN	1.0 KOH/g min.	2.0 KOH/g min. 50% del original o igual al TAN
Combustible	5% max.	5% max.
Glicol	0.1% max.	0.1% max.

Fuente: Widman.

En la tabla 6, podemos ver límites que son normalmente aceptados por la industria para motores diésel de cualquier marca, pero estos límites son muy altos para ser considerados para un mantenimiento predictivo.

**Tabla 6. Límites comúnmente aceptados por la industria.**

	Normal	Anormal	Critico
Fe Hierro (Iron)	<100 ppm	100 a 200 ppm	>200 ppm
Pb Plomo (Lead)	<30 ppm	30 a 75 ppm	>75 ppm
Cu Cobre (Copper)	<30 ppm	30 a 75 ppm	>75 ppm
CR Cromo (Chromium)	<10 ppm	10 a 25 ppm	>25 ppm
Al Aluminio (Aluminum)	<20 ppm	20 a 30 ppm	>30 ppm
Ni Níquel (Nickel)	<10 ppm	10 a 20 ppm	>20 ppm
Ag Plata (Silver)	<3 ppm	3 a 15 ppm	>15 ppm
Sn Estaño (Tin)	<20 ppm	20 a 30 ppm	>30 ppm
Na Sodio (Sodium)	<50 ppm	50 a 200 ppm	>200 ppm
Si Silicio (Silicon)	<20 ppm	20 a 50 ppm	>50 ppm
Dilución por combustible (Fuel)	<2%	2 a 6%	>6%
Hollín (Soot)	<2%	2 a 6%	>6%

Fuente: Widman.

El control de la contaminación de los aceite, es un pilar básico en la estrategia predictiva, enfocándose principalmente a las causa-efecto. A continuación se detallan las principales las principales consecuencias sobre la superficie metálica, según el tipo de contaminante.

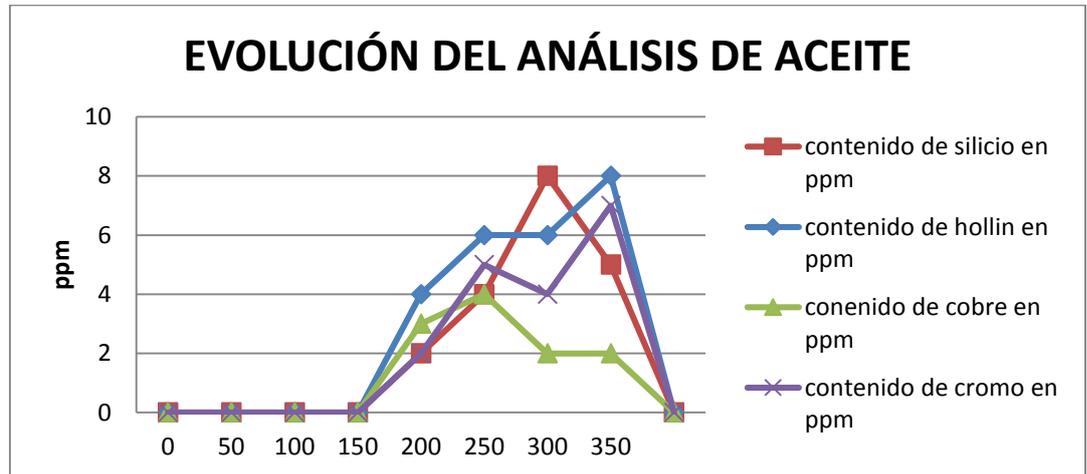
**Tabla 7.Efectos del contaminante sobre la superficie metálica.**

TIPO DE CONTAMINANTE	EFFECTOS SOBRE LA SUPERFICIE METÁLICA
<b>Partículas</b>	Desgaste superficial por abrasión y fatiga.
<b>Agua</b>	Herrumbre, rayado.
<b>Combustible</b>	Incremento del desgaste, por perdida de la resistencia de la partícula lubricante.
<b>Anticongelante</b>	Herrumbre, corrosión, incremento del desgaste, perdidas de la resistencia de la partícula lubricante.
<b>Aire</b>	Cavitación.
<b>Calor</b>	Incremento del desgaste por perdida de la resistencia de la partícula.

Fuente: Club del mantenimiento.

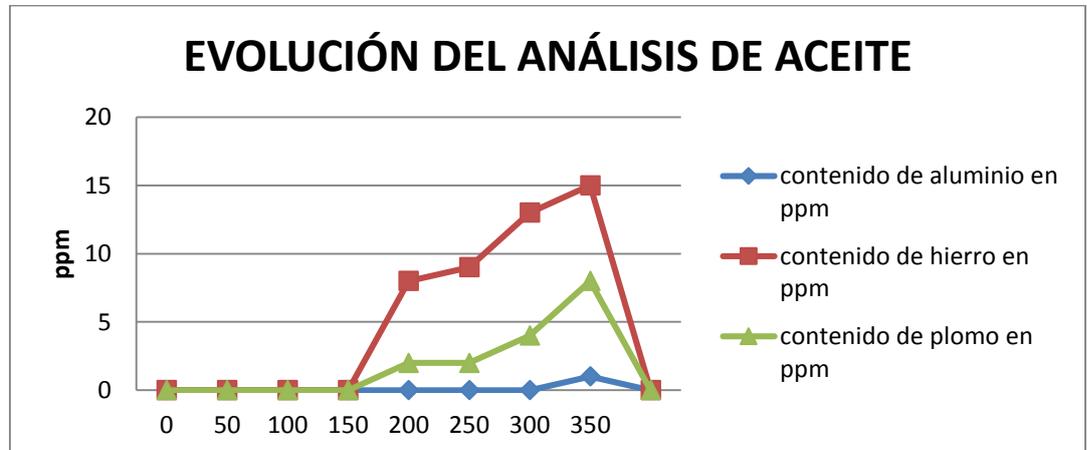
#### 4.10. Evolución de análisis de aceites

Analizando las ppm en los motores Cummins D13 por pruebas de granulometría de los FM 440 entre las 200 y 350 horas de trabajo, se tienen los siguientes resultados:



Fuente: Propia.

**Gráfico 5. Evolución del análisis del aceite.**



Fuente: Propia.

**Gráfico 6. Evolución del análisis de aceite.**

En las Gráficas 5 y 6, se muestra que las ppm contaminantes están por debajo de los resultados promedios de la Tabla 6. En las Gráficas 5 y 6 observamos que a 250 horas de trabajo, la contaminación está en parámetros normales.

Observando entre los rangos de 200 a 250 horas de trabajo, se notan variación de ppm normales, con líneas de subida y de bajada. En los rangos de 250 a 300 observamos que los parámetros se han incrementado y disminuido

levemente; pero en el parámetro de 300 a 350 horas de trabajo se notan picos de subidas por las partículas contaminantes. Esto nos puede indicar que el aceite se está envejeciendo y perdiendo sus propiedades.

Por consiguiente se toma la decisión de realizar el mantenimiento preventivo 1 entre los rangos de 300 a 350 horas de trabajo. Se propone un MP1 cada 325 horas de trabajo.

Entonces, si cada unidad FM 440 trabaja al año 1920 horas, y se logró ampliar el uso del aceite del motor de 250 a 325 horas de trabajo, la división de 1920/325 se tiene como resultado 5.9 mantenimientos.

En conclusión se tendrá que realizar un total de 6 mantenimientos.

#### **4.11. Análisis financiero**

##### **4.11.1. Valor actual neto (VAN)**

Es una cantidad monetaria, que refleja la diferencia entre el valor actual de los cobros menos el valor actualizado de los pagos; es decir, es el valor de todos los flujos de caja esperados referido a un mismo momento del tiempo. En términos generales se puede interpretar el VAN del modo siguiente:

$VAN > 0$  : Que la empresa genera beneficio

$VAN = 0$  : No hay beneficio ni pérdidas, aunque se pierde el tiempo

$VAN < 0$  : hay pérdidas en la empresa, además de perder el tiempo.

Se deberá rechazar cualquier inversión cuyo VAN sea negativo ya que descapitaliza la empresa.

Formula del VAN:

$$VAN = \left[ \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \frac{FC_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \right] - I_0$$

Donde:

$I_0$  : inversión inicial

$FC$  : flujo de caja de proyecto

$i$  : tasa de interés

$n$  : vida útil del proyecto

de la investigación se desprende:

$$FC = 5955.52$$

$$i = 10\% \text{ anual}$$

$$n = 10 \text{ periodos}$$

**Cuadro 32. VAN.**

TIEMPO	INVERSIÓN INICIAL	FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	FUNCIÓN VAN
0	-9735.50617	0	-9735.50617
1	0	1838.12352	-7897.38265
2	0	1838.12352	-6059.25914
3	0	1838.12352	-4221.13562
4	0	1838.12352	-2383.0121
5	0	1838.12352	-544.88858
6	0	1838.12352	1293.234938
7	0	1838.12352	3131.358457
8	0	1838.12352	4969.481975
9	0	1838.12352	6807.605494
10	0	1838.12352	8645.729012
		VAN	\$ 1558.97

Fuente: Propia.

El Van nos sale positivo, así que el proyecto es factible.

#### 4.11.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa de rendimiento interno, tasa interna de rentabilidad o tasa de retorno "r" es el tipo de actualización que iguala a 0 el VAN.

$$VAN = 0 = -I_0 + \left[ \frac{FC_1}{(1+r)^1} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \frac{FC_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+r)^n} \right]$$

Donde:

$I_0$  : inversión inicial

$FC$  : flujo de caja de proyecto

$r$  : tasa interna de retorno

$n$  : vida útil del proyecto

**Cuadro 33. TIR.**

<b>0</b>	<b>-9735.506</b>
<b>1</b>	1838.12
<b>2</b>	1838.12
<b>3</b>	1838.12
<b>4</b>	1838.12
<b>5</b>	1838.12
<b>6</b>	1838.12
<b>7</b>	1838.12
<b>8</b>	1838.12
<b>9</b>	1838.12
<b>10</b>	1838.12
<b>TIR</b>	<b>14%</b>

Fuente: Propia.

$$TIR = 14\% > 10\%$$

El proyecto es totalmente factible.

#### **4.12. Aplicación de un software**

Para la adquisición del RENOVEFREE pro el precio es de \$ 8 906.94, sin incluir impuestos. Esto para la adquisición perpetua del software y de hay un pago anual para el concepto de actualizaciones de \$ 2 261 el cual es gratuito por el primer año.

Para la instalación del software no se necesita instalación ya que solo seria con la activación de la versión DEMO, el cual al estar activado desactivaría los ítems bloqueados.

Para la conexión en red se permiten hasta 5 usuarios conectados simultáneamente, esto dependiendo de las características de la red.

Posee un sistema de priorización, que es un sistema avanzado que establece prioridades a partir del análisis de la gravedad de fallos potenciales y de la tendencia de valores

Tiene la opción para TPM.

## CAPITULO V

### ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

#### 5.1. Recursos humanos

La capacitación en Autrisa del técnico mecánico es de S/. 9 700.00 y del técnico electricista es de S/. 13 555.00.

La capacitación de los dos ingenieros supervisores en gestión de mantenimiento es de S/. 19 200.00.

#### 5.2 Cronograma de actividades

**Cuadro 34. Cronograma de actividades.**

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL POYECTO																												
ACTIVIDADES/SEMANA	julio				agosto				septiembre				octubre				noviembre				diciembre				Mayo 2018			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												

Fuente: Propia.

## CONCLUSIONES

1. Diseñar un plan de mantenimiento predictivo nos ayudaría a reducir costos de mantenimiento, ya que se prolongaría los tiempos periódicos de cambios de aceites, filtros y/o en partes que se puedan desgastar.

El establecer un plan de mantenimiento preventivo y predictivo nos ayudara a tener mayor disponibilidad de las maquinarias; el analizar partes criticas conlleva a reducir el factor de consecuencia a través del análisis por criticidad y también podremos maximizar al máximo sus horas máquina. La propuesta de estrategias predictivas para los motores de los FM 440 respecto al análisis de aceite del motor se pudo reducir de 8 a 6 mantenimientos preventivos 1; esto nos ahorró costos y prolongar el tiempo de trabajo del aceite sin dañar partes criticas del motor

Además de aplicar estrategias preventivas de fisuras y pandeo del chasis ya que exceden carga nominal sobre los volquetes.

2. El éxito de cualquier método que actualmente utilizan las organizaciones para gestionar aspectos tales como calidad, depende del compromiso de todos los niveles, especialmente de la alta dirección, y permite desarrollar políticas, establecer objetivos y procesos, y tomar las acciones necesarias para mejorar su rendimiento

Como se observa en el CAPITULO IV, cuando las máquinas de la Sub-Gerencia de Equipo Mecánico presentan una falla, el tiempo medio de reparación es muy prolongado, esto se debe a:

- a. Principalmente a que las averías suceden cuando las maquinas se encuentran en obras alejadas de la ciudad, y la tardía comunicación obra-oficina.
  - b. La falta de stock en almacén. Al generar un requerimiento, estos pueden o no demorar, lo que ocasiona que la maquina se encuentre averiada por un tiempo prolongado.
  - c. La falta de personal técnico capacitado y con experiencia.
  - d. Falta de capacitación.
3. Llevar el seguimiento del mantenimiento con un software nos hace mas fácil el seguimiento de las maquinarias, ya que solo programamos a los cuantas horas de

trabajo o kilómetros de recorrido le toca su mantenimiento. El programa de mantenimiento también tiene coordinación con el área de almacén, esto para que cuando se generen las ordenes de trabajo se tengan registrados los materiales para realizar el mantenimiento como filtros, aceites y repuestos.

4. Capacitar constantemente a los operadores en cursos de operación y funcionamiento, cursos de lubricación y detección de fallas con métodos de vibración, sonidos y olores.

## RECOMENDACIONES

1. Aplicar técnicas de mantenimiento predictivo los cuales son avances tecnológicos del mantenimiento preventivo, ayudara a detectar fallas en una etapa temprana y también reducir costos de mantenimiento al poder prolongar los tiempos de mantenimiento sin que las partes que se vean enlazadas no sean afectadas.  
Realizar mantenimiento productivos totales una vez las maquinas empiecen a presentar fallas muy frecuentes.
2. Tener repuestos en stock en almacén de piezas críticas, para que cuando las fallas que se presenten sean modificadas en un tiempo mínimo y así el tiempo de mantenibilidad no aumente.
3. La adquisición de un software de gestión de mantenimiento para el seguimiento, planificación y ejecución del día a día de los mantenimientos. Además de tener un contacto diario con los operadores para informar del día de trabajo y describir los acontecimientos presentados en el día.
4. Contratar personal capacitado, que sea personal de confianza y de la casa para que puedan velar por el bienestar de las maquinas haciendo cumplir sus mantenimiento. Capacitarlos constantemente, no veamos a la capacitación como un gasto, sino como inversión

## BIBLIOGRAFÍA

- **FERNANDO GARNICA. “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DE CHASIS PARA EL TRANSPORTE DE CONTENEDORES” GUAYAQUIL – ECUADOR. 2015**
- **ALBERTO MORA. “PLANEACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO”. ED. LUIS BUITRAGO.**
- **PEDRO BARREZUETA. “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y CONTROL OPERACIONAL DE NEUMÁTICOS DE CAMIONES MESCLADORES DE HORMIGÓN”.**
- **ANÁLISIS DE LA FIABILIDAD DE EQUIPOS.**
- **CARLOS EDUARDO SILVA MARTINEZ. “DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS MOVILES DE TRANSPORTE DE CARGA TERRESTRE”. PEREYRA-COLOMBIA, 2007.**
- **JUAN DAVID MONTES VILLALBA. “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA ARTICULADA DE INTEGRA S.A. USANDO ALGUNAS HERRAMIENTAS DEL MANTENIMIENTO CENTRADA EN LA CONFIABILIDAD”. PEREYRA-COLOMBIA, 2013.**
- **ESCUELA TECNICA DE INGENIEROS. “MANTENIMIENTO PREDCITIVO-PROACTIVO A BASE DE ANALISIS DE ACEITES”. INSTITUTO LAS PALMAS DE LA GRAN CANARIA.**
- **DOUNCE, E. LA PRODUCTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. MÉXICO D.F. CECSA. 1998.**
- **KELLY, A. Y HARRIS, M. J. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL. MADRID, ESPAÑA. FUNDACIONES REPSOL 1998.**

## WEBGRAFIA

- [www.clubdemantenimiento.com/el-analisis-del-aceite-como-herramienta-del-mantenimiento-proactivo /](http://www.clubdemantenimiento.com/el-analisis-del-aceite-como-herramienta-del-mantenimiento-proactivo/)
- [http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/19\\_09\\_19\\_tema5.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/19_09_19_tema5.pdf)
- <https://es.slideshare.net/ppolti/presentacion-mantenimientomixtos>
- <http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf>
- [http://virtual.senati.edu.pe/pub/MCPP/Unidad01/CONTENIDO\\_TEMATICO\\_U1\\_PLATAFORMA\\_M2.pdf](http://virtual.senati.edu.pe/pub/MCPP/Unidad01/CONTENIDO_TEMATICO_U1_PLATAFORMA_M2.pdf)
- [https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/3/3206/Curso\\_Lubricantes.pdf](https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/3/3206/Curso_Lubricantes.pdf)
- [https://www2.ulpgc.es/descargadirecta.php?codigo\\_archivo=3206](https://www2.ulpgc.es/descargadirecta.php?codigo_archivo=3206)
- <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/0607lubricacion.pdf>
- <https://es.scribd.com/doc/175586833/Plan-de-Mantenimiento-Volvo-Fmx>
- <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/852-manual-conductores-camiones-volvo-fh-fm>
- <http://www.volvotrucks.pe/es-pe/trucks/volvo-fm/specifications.html>
- [http://www.academia.edu/19598288/MANTENIMIENTO\\_DE\\_CHASIS\\_Y\\_CARROCERIA](http://www.academia.edu/19598288/MANTENIMIENTO_DE_CHASIS_Y_CARROCERIA)
- <https://es.scribd.com/doc/131926388/Mantenimiento-de-Chasis-y-Carroceria>
- <https://sites.google.com/site/utcvcalidadenelmantenimiento/1-4-intervencion-del-area-de-mantenimiento-en-el-sgc>
- <http://www.uttt.edu.mx/CatalogoUniversitario/imagenes/galeria/63A.pdf>
- <http://www.regionarequipa.gob.pe/Transparencia>

## ANEXOS

### ANEXO N° 1. Imágenes de los FM 440.



Placa de FM 440



Placa del motor VOLVO FM 440



*Motor inoperativo FM 440*



*Unidad inoperativo FM 440*



### ANEXO N° 3. Tabla normal (z)

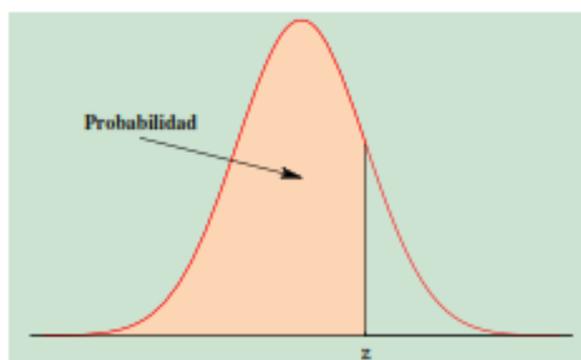
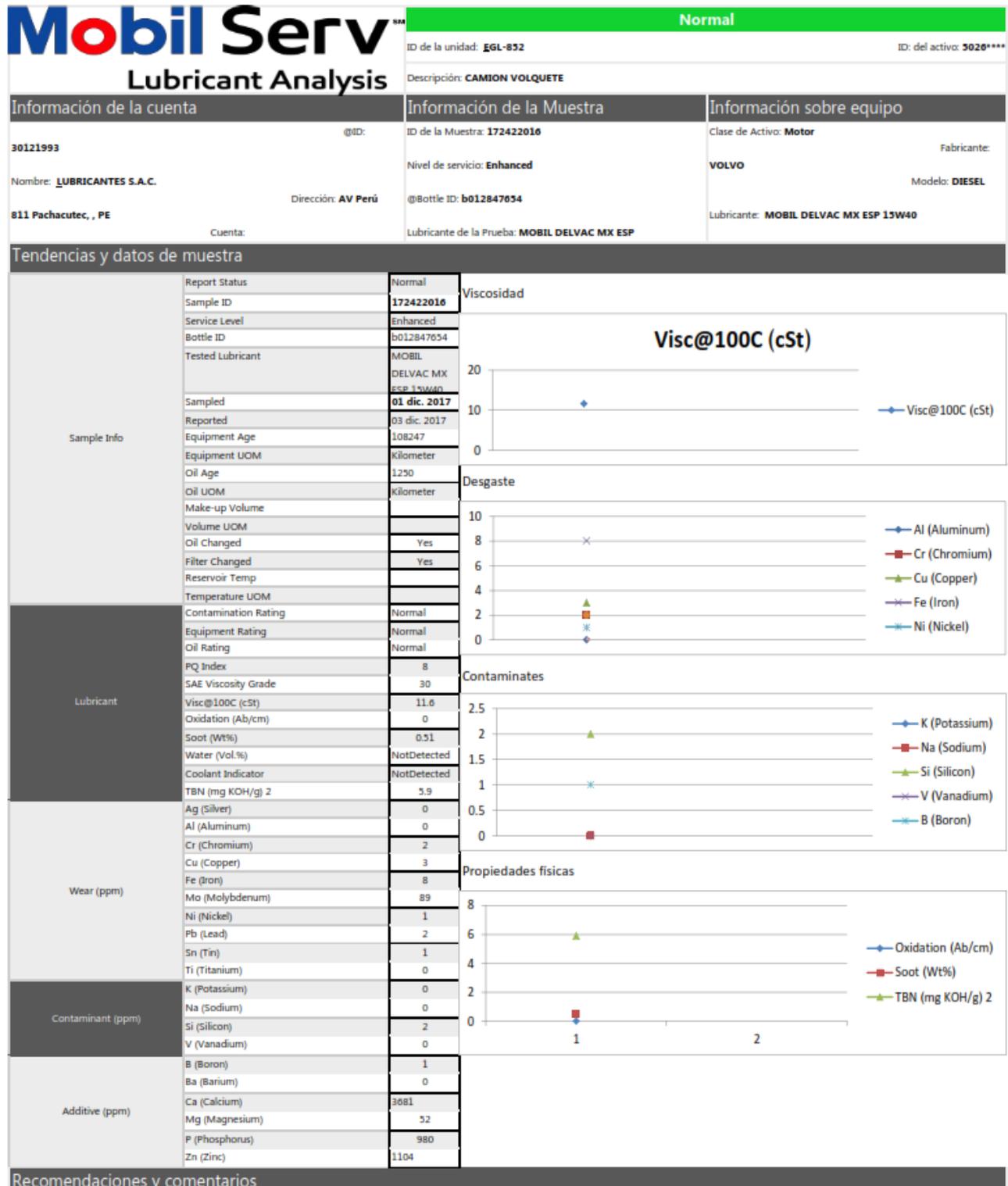


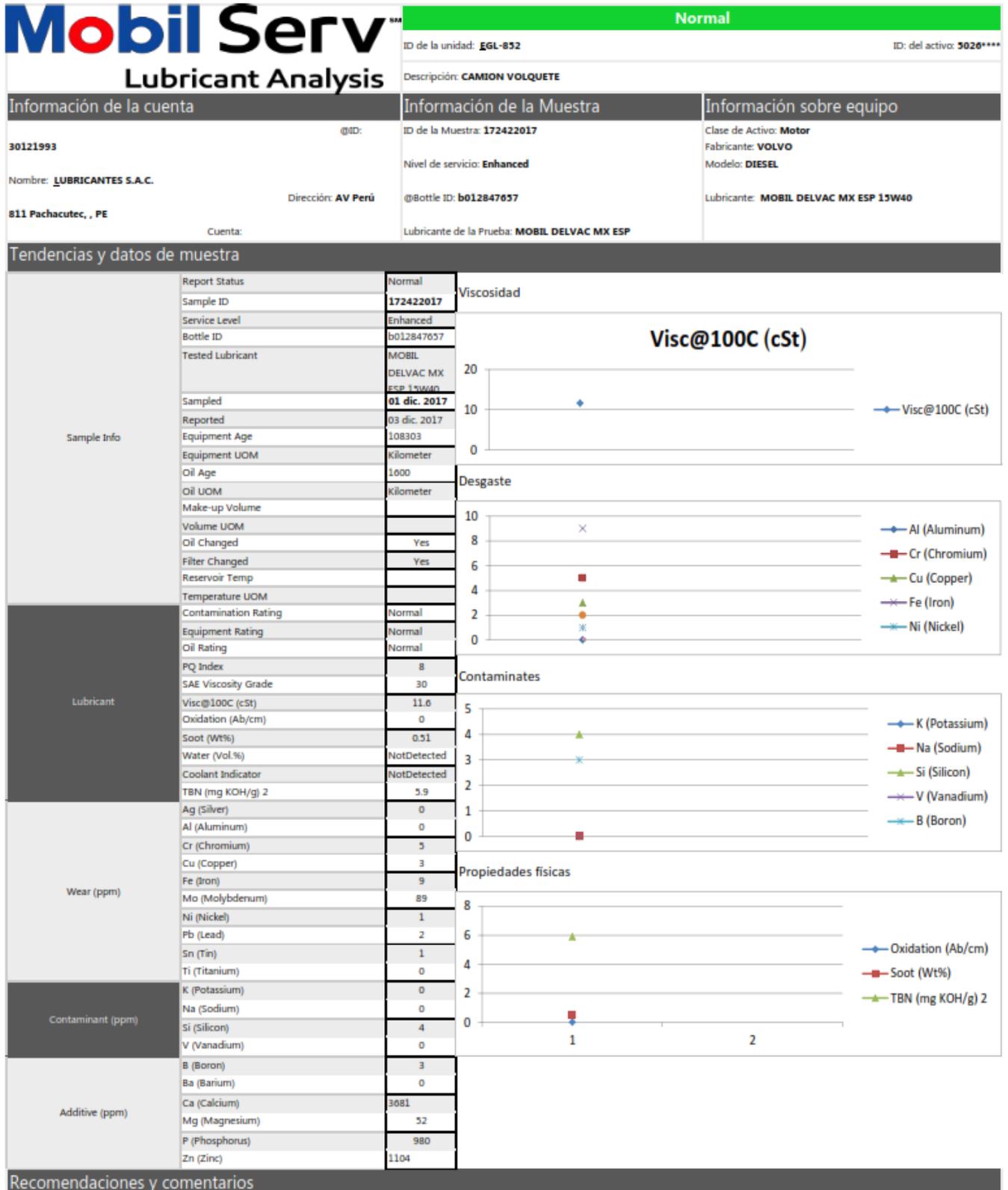
TABLA Probabilidades de una Normal Estándar										
z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990

## ANEXO N° 4. Análisis de aceite

- Análisis de aceite a las 200 horas de trabajo



- Analisis de aceite a las 250 horas de trabajo.



- Análisis de aceite a las 300 horas de trabajo.



Normal

ID de la unidad: EGL-832
ID: del activo: 3026\*\*\*\*

Descripción: CAMION VOLQUETE

Información de la cuenta	Información de la Muestra	Información sobre equipo
<b>30121993</b> Nombre: <b>LUBRICANTES S.A.C.</b> 811 Pachacutec, , PE Dirección: <b>AV Perú</b> Cuenta:	ID de la Muestra: <b>172422018</b> Nivel de servicio: <b>Enhanced</b> @Bottle ID: <b>b012847056</b> Lubricante de la Prueba: <b>MOBIL DELVAC MX ESP</b>	Clase de Activo: <b>Motor</b> Fabricante: <b>VOLVO</b> Modelo: <b>DIESEL</b> Lubricante: <b>MOBIL DELVAC MX ESP 15W40</b>

Tendencias y datos de muestra

Sample Info	Lubricant	Wear (ppm)	Contaminant (ppm)	Additive (ppm)
Report Status	Normal			
Sample ID	172422018			
Service Level	Enhanced			
Bottle ID	b012847056			
Tested Lubricant	MOBIL DELVAC MX ESP 15W40			
Sampled	01 dic. 2017			
Reported	03 dic. 2017			
Equipment Age	108331			
Equipment UOM	Kilometer			
Oil Age	1900			
Oil UOM	Kilometer			
Make-up Volume				
Volume UOM				
Oil Changed	Yes			
Filter Changed	Yes			
Reservoir Temp				
Temperature UOM				
Contamination Rating	Normal			
Equipment Rating	Normal			
Oil Rating	Normal			
PQ Index	8			
SAE Viscosity Grade	30			
Visc@100C (cSt)	11.0			
Oxidation (Ab/cm)	0			
Soot (Wt%)	0.51			
Water (Vol.%)	NotDetected			
Coolant Indicator	NotDetected			
TBN (mg KOH/g) 2	5.9			
Ag (Silver)	0			
Al (Aluminum)	0			
Cr (Chromium)	4			
Cu (Copper)	2			
Fe (Iron)	13			
Mo (Molybdenum)	89			
Ni (Nickel)	1			
Pb (Lead)	4			
Sn (Tin)	1			
Ti (Titanium)	0			
K (Potassium)	0			
Na (Sodium)	0			
Si (Silicon)	8			
V (Vanadium)	0			
B (Boron)	3			
Ba (Barium)	0			
Ca (Calcium)	3081			
Mg (Magnesium)	52			
P (Phosphorus)	980			
Zn (Zinc)	1104			

**Viscosidad**



**Desgaste**



**Contaminantes**



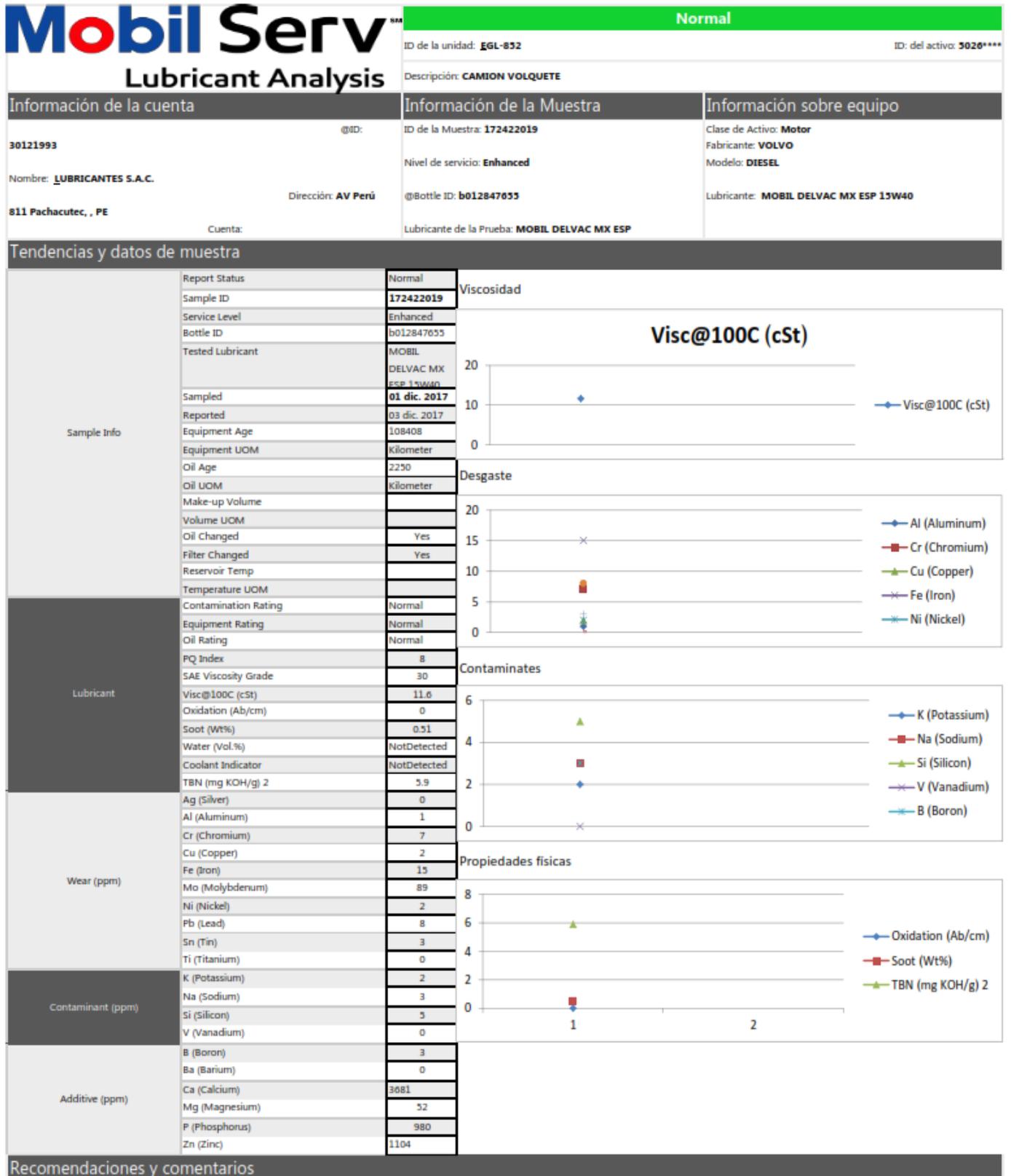
**Propiedades físicas**



Recomendaciones y comentarios

NO SE REQUIEREN ACCIONES EN EL ACEITE O MOTOR. Los resultados indican que todos los niveles se encuentran dentro de rangos aceptables. Examine cambios progresivos y resultados en busca de tendencias cambiantes. Retome la muestra en el próximo intervalo programado.

- Análisis de aceite a las 350 horas de trabajo.



**Recomendaciones y comentarios**

SE REQUIEREN APLICAR ACCIONES Y OBSERVACIONES EN EL ACEITE O MOTOR. Los resultados indican que todos los niveles se encuentran aún dentro de rangos aceptables, pero a comparación con el examen anterior se observa que el aceite a envejecido y a perdido propiedades rápidamente. SE RECOMIENDA aplicar un cambio de aceite a la brevedad.



GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA

"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"



## CERTIFICADO DE PRÁCTICAS

N° 296-2017-GRA/ORH

QUIEN SUSCRIBE: JEFA DE LA OFICINA DE RECURSOS HUMANOS DE LA OFICINA REGIONAL DE ADMINISTRACIÓN, DE LA SEDE CENTRAL DEL GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA.

### CERTIFICA:

Que, el Sr.: **RODRIGUEZ RAMOS, EDDISON JEANCARLOS** ha realizado Prácticas Profesionales - Especialidad **-INGENIERIA MECÁNICA-** en la **Sub Gerencia de Equipo Mecánico** Gobierno Regional de Arequipa, desde el 07 de Junio del 2017 hasta el 07 de Septiembre del 2017, en el horario de 07:30 a.m. a 04:00 p.m.

Cabe indicar que las funciones que se le encomendaron, las ha desarrollado con eficiencia, responsabilidad y puntualidad.

Se expide el presente a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Arequipa, 2017 Octubre 09



GOBIERNO REGIONAL AREQUIPA  
OFICINA REGIONAL DE ADMINISTRACIÓN  
OFICINA DE RECURSOS HUMANOS

  
Abog. María de los Angeles Árispe del Carpio  
JEFE DE LA OFICINA DE  
RECURSOS HUMANOS

MAAC/vjpc  
c. c. Archivo

WWW.REGIONAREQUIPA.GOB.PE

Av. Unión 200 – Urb. Cesar Vallejo – Paucarpata  
Provincia – Arequipa

SUB GERENCIA DE EQUIPO MECANICO - GRA  
 Registro N° .....  
 Expediente N° .....  
 683 26 JUN 2017  
 Recibido por: .....  
 Folio: ..... Hora: 2:50pm

SOLICITO: AUTORIZACIÓN PARA  
 REALIZAR MI PROYECTO TESIS PARA  
 LA OBTENCIÓN DEL GRADO  
 TITULADO PROFESIONAL DE  
 INGENIERO MECÁNICO.

**GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA**  
**Sr. JEFE DE LA SUB-GERENCIA DE EQUIPO MECANICO.**  
**Ing. Rivelino Orihuela Banda.**

Yo, **EDDISON JEANCARLOS RODRIGUEZ RAMOS**, identificado con DNI N° 70412961, con domicilio en el Calle Amazonas N°212, distrito de Paucarpata, Provincia y Región de Arequipa, ante Usted expongo:

Que habiendo obtenido el Título de Bachiller de Ingeniero Mecánico, y queriendo superarme con el objetivo de obtener el grado de Titulado Profesional de Ingeniero Mecánico, solicito a su persona que me autorice poder realizar mi proyecto de tesis en la SUB-GERENCIA DE EQUIPO MECANICO.

Las ideas que propongo son:

- 1- "PROPUESTA DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINA ..... DEL GRA, AREQUIPA-2017", a la maquina a la que se efectuara el mantenimiento se definirá con el avance de investigación, evaluando la máquina que genera más gastos y poder maximizar su funcionamiento.
- 2- "DISEÑO Y CALCULO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA CONTROLAR LAS TEMPERATURA EN LA SUB-GERENCIA DE EQUIPO MECANICO DEL GRA, AREQUIPA-2017".

Por lo expuesto:  
 Solicito acceder a mi petición.

Arequipa, 26 de junio del 2017.

SUB GERENCIA  
 EQUIPO MECANICO - GRA  
 PASE A: Secretaría  
 PARA: Archivo  
Autorizado

  
 Bachiller EDDISON JEANCARLOS



"AÑO DEL DIALOGO Y RECONCILIACIÓN NACIONAL"



### CONSTANCIA DE RECOLECCION DE DATOS

QUIEN SUSCRIBE: JEFE DE MANTENIMIENTO DE LA SUB-GERENCIA DE EQUIPO MECANICO, DE LA SEDE CENTRAL DEL GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA.

#### CONSTA:

Que, el Sr: **RODRIGUEZ RAMOS, EDDISON JEANCARLOS** ha realizado su proyecto tesis en la **SUB-GERENCIA DE EQUIPO MECANICO**, realizando la recolección de datos de maquinarias y equipos en la oficina de estas instalaciones.

Cabe indicar que las funciones de recolección de datos se realizaron con mi supervisión.

Se expide el presente a solicitud del interesado para los fines que se estime conveniente.

Arequipa, 2018 mayo 15

  
Ing. Naykol Revilla C.  
CIP 162829

## RELACIÓN DE MAQUINARIA DE LA SUB GERENCIA DE EQUIPO MECÁNICO PRIMER TRIMESTRE - 2018

N°	UNIDAD	MARCA	MODELO	PLACA	REGISTRO	N° SERIE	AÑO	UBICACIÓN	CONDICION
1	AUTO-HORMIGONERA	CARMIX	3.5 TT	S/P	AH-0110		2010	CANAL DE RIEGO EL TORO	OPERATIVO
2	AUTO-HORMIGONERA	CARMIX	3.5 TT	S/P	AH-0111	E25H06	2011	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
3	AUTOMOVIL	PEUGEOT	205COLOR LINE	DO-3940		VF320AA9225046396	1993	SGEM	INOPERATIVO
4	CAMA BAJA SEMI REMOLQUE 02 EJES	CAMENA		EGT-876				SGEM	OPERATIVO
5	CAMA BAJA SEMI REMOLQUE 04 EJES	LIM	LIM/SRP-03	EGW-024	CB-0216	8T9ES24LXGPCG5194	2016	SGEM	OPERATIVO
6	CAMIÓN BARANDA	MITSUBISHI	CANTER	WH-7457	CB-0286	FE214E566806	1986	SGEM	INOPERATIVO
7	CAMIÓN BARANDA	MITSUBISHI FUSO	CANTER	EGF-808	CB-0111	FE85PGU11646	2011	AREA DE SERVICIOS	AREA DE SERVICIOS
8	CAMIÓN BARANDA	MITSUBISHI	CANTER	EGJ-142	CB-0112	FE85PGU12136	2012	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
9	CAMIÓN BARANDA	IVECO	59.12	WH-9735	S/R	ZCFC5980002138625	1995	SGEM	INOPERATIVO
10	CAMIÓN BARANDA	VOLVO		WH-7344	CB-0186		1986	SGEM	SINIESTRADO
11	CAMIÓN BARANDA	FORD	F-13000	WH-7221	CB-0185		1985	M.P DE CAMANA	AFECTACION EN USO
12	CAMIÓN BARANDA	MAZDA		EGN-115	S/R		1983	SGEM	INOPERATIVO
13	CAMIÓN BARANDA CISTERNA	DODGE	800	WH-7358	S/R		1987	M.P CAYLLOMA	AFECTACION EN USO
14	CAMIÓN CISTERNA	MACK	DM886SX	WH-6890		DM886SX2339	1979	AUTODEMA	AUTODEMA
15	CAMIÓN CISTERNA	IVECO	380T42ADN	EGL-268	CC-0112	8ATE3TSTOCX080530	2012	CACHUYO/OBRA	OPERATIVO
16	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	FM 440	EGL-801	CC-0109	93KAS02D79E746583	2009	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
17	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	FM 440	EGL-787	CC-0209	93KAS02D69E746848	2009	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
18	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	FM 440	EGL-851	CC-0409	93KAS02D59E746856	2009	TABOADA	OPERATIVO
19	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	FM 440	EGM-936	CC-0509	93KAS02D19E747051	2009	GRTC	GRTC
20	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	FM 440	EGM-932	CC-0609	93KAS02D39E747052	2009	SGEM	OPERATIVO
21	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	FM 440	EGL-848	CC-0709	93KAS02D99E747427	2009	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
22	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	FM 440	EGL-786	CC-0809	93KAS02D49E747433	2009	SGEM	OPERATIVO
23	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	FM 440	EGL-802	CC-0909	93KAS02D29E747480	2009	TRAMO III VARIANTE	OPERATIVO
24	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	FM 440	EGL-775	CC-1009	93KAS02D69E747482	2009	CANCO/OBRA	OPERATIVO
25	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	FM 440	EGS-124	CC-0309	93KAS02D49E746850	2009	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
26	CAMIÓN CISTERNA	VOLVO	VM 6X4R	EGE-451		F1A049748	2010	M.D DE CHALA	M.D DE CHALA
27	CAMIÓN CISTERNA	SCANIA	111	WH-7051	CC-0181	3211654	1981	M.D DE LA JOYA	AFECTACION EN USO
28	CAMIÓN GRUA	VOLVO	N1020	WH-3066	107-002	56461	1974	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
29	CAMIÓN IMPRIMADOR	VOLKSWAGEN	WORKER 15-190E	EGA-384	CI-0109	360335313VWN372509	2009	ALHUAY-SINIESTRADO	SINIESTRADO
30	CAMIÓN IMPRIMADOR	VOLKSWAGEN	WORKER 15-190E	EGA-370	CI-0209	3VWN3722529M910017	2009	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
31	TRACTO CAMIÓN	VOLVO	NL10	XI-7998		TD102FS133947253		M.P DE CAMANA	AFECTACION EN USO
32	CAMIÓN VOLQUETE	IVECO	TRAKKER	EGG-598	CV-0112	8ATE3TST0CX077416	2012	TRAMO III VARIANTE	OPERATIVO
33	CAMIÓN VOLQUETE	INTERNATIONAL	5600I 6X4	EGG-136	CV-0110	1HTXHAPT7BJ384677	2010	CANAL DE RIEGO EL TORO	OPERATIVO
34	CAMIÓN VOLQUETE	INTERNATIONAL	5600I 6X4	EGG-137	CV-0210	1HTXHAPT8BJ384686	2010	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
35	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FMX	EGG-676	CV-0212	722735	2012	AGENCIA AGRARIA APLAO	AGENCIA AGRARIA
36	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FMX	EGJ-834	CV-0312	722860	2012	AGENCIA AGRARIA APLAO	AGENCIA AGRARIA
37	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FMX	EGJ-824	CV-0412	722842	2012	AGENCIA AGRARIA APLAO	AGENCIA AGRARIA
38	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FMX	EGJ-762	CV-0512	727443	2012	AGENCIA AGRARIA APLAO	AGENCIA AGRARIA
39	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FMX	EGJ-542	CV-0612	783199	2012	ICHUPAMPA-LARI/ OBRA	OPERATIVO

Nº	UNIDAD	MARCA	MODELO	PLACA	REGISTRO	Nº SERIE	AÑO	UBICACIÓN	CONDICION
40	CAMIÓN VOLQUETE	IVECO	TRAKER	EGK-080	CV-0712	8ATE3TSTOCX077464	2012	TABOADA	OPERATIVO
41	CAMIÓN VOLQUETE	MACK	MP8	EGI-929	CV-1612	16856	2011	AGENCIA AGRARIA CAMANA	AGENCIA AGRARIA
42	CAMIÓN VOLQUETE	MACK	MP8	EGJ-548	CV-1712	16832	2011	AGENCIA AGRARIA CAMANA	AGENCIA AGRARIA
43	CAMIÓN VOLQUETE	MACK	MP8	EGJ-060	CV-1912	16825	2011	AGENCIA AGRARIA CAMANA	AGENCIA AGRARIA
44	CAMIÓN VOLQUETE	MACK	MP8	EGI-936	CV-1512	16824	2012	CUENCA DE OCOÑA	AGENCIA AGRARIA
45	CAMIÓN VOLQUETE	MACK	MP8	EGJ-204	CV-1812	16855	2012	CUENCA DE OCOÑA	AGENCIA AGRARIA
46	CAMIÓN VOLQUETE	MACK	MP8	EGK-209	CV-1012	14953	2011	AGENCIA AGRARIA LA CURVA	AGENCIA AGRARIA
47	CAMIÓN VOLQUETE	MACK	MP8	EGI-995	CV-1112	16656	2011	AGENCIA AGRARIA LA CURVA	AGENCIA AGRARIA
48	CAMIÓN VOLQUETE	MACK	MP8	EGJ-121	CV-1212	16654	2011	AGENCIA AGRARIA LA CURVA	AGENCIA AGRARIA
49	CAMIÓN VOLQUETE	MACK	MP8	EGJ-149	CV-1312	16655	2011	AGENCIA AGRARIA LA CURVA	AGENCIA AGRARIA
50	CAMIÓN VOLQUETE	MACK	MP8	EGJ-012	CV-1412	16657	2011	AGENCIA AGRARIA LA CURVA	AGENCIA AGRARIA
51	CAMIÓN VOLQUETE	MERCEDES BENZ	ACTROS 3344K	EGJ-644	CV-0812	WD3KHAAAXCL623797	2012	CANAL DE RIEGO EL TORO	OPERATIVO
52	CAMIÓN VOLQUETE	MERCEDES BENZ	ACTROS 3344K	EGJ-933	CV-0912	WD3KHAAASCL622427	2012	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
53	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FM 440	EGL-788	CV-0109	93KAS02D79E746275	2009	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
54	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FM 440	EGL-852	CV-0209	93KAS02D49E746539	2009	SGEM	OPERATIVO
55	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FM 440	EGL-937	CV-0309	93KA502D09E746585	2009	COLEGIO 27/ CAMANA	OPERATIVO
56	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FM 440	EGL-774	CV-0409	93KAS02D39E746631	2009	SECOCHA	OPERATIVO
57	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FM 440	EGM-935	CV-0509	93KAS02D79E746633	2009	CANCO/OBRA	OPERATIVO
58	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FM 440	EGL-776	CV-0609	93KAS02D39E746645	2009	COLEGIO/ SAN JUAN BAUTISTA	OPERATIVO
59	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FM 440	EGL-795	CV-0709	93KAS02D59E746646	2009	SGEM	OPERATIVO
60	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FM 440	EGN-116	CV-0809	93KAS02D59E746808	2009	CHAPI/OBRA	OPERATIVO
61	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FM 440	EGL-783	CV-0909	93KAS02D69E746820	2009	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
62	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FM 440	EGN-042	CV-1009	93KAS02D89E746821	2009	SGEM	INOPERATIVO
63	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P420 6X4	EGG-410	CV-0108	9BSP6X40083625068	2008	SGEM	OPERATIVO
64	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P420 6X4	EGG-690	CV-0208	9BSP6X40083624561	2008	SECOCHA	OPERATIVO
65	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P420 6X4	EGG-637	CV-0308	9BSP6X40083625307	2008	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
66	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P420 6X4	EGG-406	CV-0408	9BSP6X40083624190	2008	GRTC	GRTC
67	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P420 6X4	EGG-809	CV-0708	9BSP6X40083625788	2008	PROYECTO ARMA	OPERATIVO
68	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P420 6X4	EGG-409	CV-0808	9BSP6X40083625776	2008	GRTC	GRTC
69	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P420 6X4	EGG-402	CV-0908	9BSP6X40083626068	2008	TRAMO III VARIANTE	OPERATIVO
70	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P420 6X4	EGG-405	CV-1008	9BSP6X40083625773	2008	M.P DE CARAVELI	AFECCION EN USO
71	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P380 6X4	WGQ-022	CV-2801	9BSP6X40083621221	2008	GRTC	GRTC
72	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P380 6X4	XH-6028	CV-2802	9BSP6X40083621260	2008	GRTC	GRTC
73	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P380 6X4	WGQ-024	CV-2804	9BSP6X40083621545	2008	GRTC	GRTC
74	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P380 6X4	XH-6025	CV-2805	9BSP6X40083621558	2008	GRTC	GRTC
75	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P380 6X4	XH-6029	CV-2806	9BSP6X40083621571	2008	GRTC	GRTC
76	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P380 6X4	XH-6027	CV-2807	9BSP6X40083621597	2008	GRTC	GRTC
77	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	N10	WH-7497	CV-0188	9BVNOA1AOJG614461	1988	M.D DE LA UÑON	AFECCION EN USO
78	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P420 6X4	EGG-811	CV-0508	9BSP6X40083624206	2008	SGEM	OPERATIVO
79	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P420 6X4	EGG-432	CV-0608	9BSP6X40083624201	2008	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
80	CAMIÓN VOLQUETE	HINO	FS331SD	XI-1966	2290	10225	1996	SGEM	OPERATIVO
81	CAMIÓN VOLQUETE	IVECO	TRAKKER	EGA-412	S/R	8ATE3TST09X068239	2009	SGEM	OPERATIVO
82	CAMIÓN VOLQUETE	IVECO	TRAKKER	EGA-307	S/R	8ATE3TST09X068242	2009	M.P CONDESUYOS	AFECCION EN USO
83	CAMIÓN VOLQUETE	IVECO	TRAKKER	EGA-303	S/R	8ATL3TST09X068240	2009	M.P CONDESUYOS	AFECCION EN USO
84	CAMIÓN VOLQUETE	IVECO	TRAKKER	EGA-407	S/R	8ATE3TST09X068241	2009	M.D DE CHICHAS	AFECCION EN USO
85	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	N10	WH-4297	S/R			M.P CONDESUYOS	AFECCION EN USO

N°	UNIDAD	MARCA	MODELO	PLACA	REGISTRO	N° SERIE	AÑO	UBICACIÓN	CONDICION
86	CAMIÓN VOLQUETE	FORD	L8000	S/P	2438	1FDZW82E1SVA61551	1993	SGEM	INOPERATIVO
87	CAMIÓN VOLQUETE	GMC	4X2	WO-4302	S/R		1982	M.D DE QUICACHA	AFECCION EN USO
88	CAMIÓN VOLQUETE	SCANIA	P380 6X4	XH-6021	CV-2803	9B5P6X40083621296	2008	GRTC	GRTC
89	CAMIÓN VOLQUETE	HINO	FS331SD	XI-1929	2275	10210	1990	M.D DE SALAMANCA	AFECCION EN USO
90	CAMIÓN VOLQUETE	NISSAN	CWB450-HDLA	XI-3511	2598	CWB450H-00883	1995	M.P DE CAMANA	AFECCION EN USO
91	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	NL10	EGT-114	CV-0195		1995	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
92	CAMIÓN VOLQUETE	FORD	L8000	XI-1916	2474	1FDZW82E85VA65029	1995	SGEM	INOPERATIVO
93	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FMX	EGO-187	CV-0113	E807205	2013	AGENCIA AGRARIA ACARI	AGENCIA AGRARIA
94	CAMIÓN VOLQUETE	VOLVO	FMX	EGO-184	CV-0213	E807130	2013	AGENCIA AGRARIA ACARI	AGENCIA AGRARIA
95	CAMIÓN VOLQUETE	IVECO	380T42ADN	EGI-491	CV-0111			M.P DE CARAVELI	M.P DE CARAVELI
96	CAMIONETA	NISSAN	PATROL	EGL-833		TD42049474	1991	SGEM	INOPERATIVO
97	CAMIONETA	TOYOTA	HI LUX	EGL-856		RN1050007462	1996	SGEM	INOPERATIVO
98	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	320-6	S/P	CF-0310	70691	2010	SGEM	INOPERATIVO
99	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	320-6	S/P	CF-0410	70692	2010	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
100	CARGADOR FRONTAL	VOLVO	L150F	S/P	CF-0109	VCEL150FE00014522	2009	ICHUPAMPA-LARI/ OBRA	OPERATIVO
101	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA 470-6	S/P	CF-0108	85267	2008	SGEM	INOPERATIVO
102	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA 470-6	S/P	CF-0208	85266	2008	TRAMO III VARIANTE	OPERATIVO
103	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA 470-6	S/P	CF-0101	85268	2008	GRTC	GRTC
104	CARGADOR FRONTAL	CATERPILLAR	950 H	S/P	CF-0210	0950HCM1G01925	2010	AYO/OBRA	OPERATIVO
105	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA320-1	S/P	1008- CF300	21210	1994	M.D DE LA UÑON	AFECCION EN USO
106	CARGADOR FRONTAL	CATERPILLAR	950 H	S/P	CF-0209	0950HCM1601665	2009	M.P CONDESUYOS	AFECCION EN USO
107	CARGADOR FRONTAL	CATERPILLAR	950 F	S/P	CF-0195	2LM00403	1995	M.P CASTILLA	AFECCION EN USO
108	CARGADOR FRONTAL	FIAT ALLIS	FR14T	S/P	956	R-14 A9TMM-00386	1994	M.P DE CAMANA	AFECCION EN USO
109	CARGADOR FRONTAL	CLARK	275B	S/P	S/R	482B-109-CAC		SGEM	INOPERATIVO
110	CARGADOR FRONTAL	VOLVO	LM1240	S/P	222-002	306		SGEM	INOPERATIVO
111	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA 320	S/P	CF-014	53087		SGEM	INOPERATIVO
112	CARGADOR FRONTAL	CATERPILLAR	950 H	S/P	CF-0110	0950HTM1G01921	2010	CANCO/OBRA	OPERATIVO
113	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470	S/P	CF-0112	90616	2012	M.P CAYLLOMA APOYO	M.P CAYLLOMA
114	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470	S/P	CF-0212	90618	2012	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
115	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470	S/P	CF-0312	90619	2012	SECOCHA	OPERATIVO
116	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470	S/P	CF-0412	90631	2012	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
117	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470	S/P	CF-0512	90666	2012	M.D DE LA JOYA	AFECCION EN USO
118	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470	S/P	CF-0612	90655	2012	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
119	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-430-6	S/P	CF-0712	65672	2012	M.D PAMPAMARCA/ APOYO	OPERATIVO
120	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470	S/P	CF-0812	90615	2012	AGENCIA AGRARIA APLAO	AGENCIA AGRARIA
121	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470-6	S/P	CF-1012	90721	2011	AGENCIA AGRARIA CAMANA	AGENCIA AGRARIA
122	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470-6	S/P	CF-1412	90712	2012	CUENCA DE OCOÑA	AGENCIA AGRARIA
123	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470-6	S/P	CF-1212	90732	2012	CUENCA DE OCOÑA	AGENCIA AGRARIA
124	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470-6	S/P	CF-0912	90713	2012	AGENCIA AGRARIA LA CURVA	AGENCIA AGRARIA
125	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470-6	S/P	CF-1112	90724	2012	M.P CAYLLOMA APOYO	M.P CAYLLOMA
126	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-470-6	S/P	CF-1312	90764	2012	M.D SIBAYO	AFECCION EN USO
127	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA-380-6	S/P	CF-0113	66886	2013	AGENCIA AGRARIA ACARI	AGENCIA AGRARIA
128	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD C2 FB	S/P	CO-0308	YA3-062451-80708369	2008	SGEM	OPERATIVO
129	COMPRESORA	AIR MAN	PSD 250	S/P				M.D DE HUAYNACOTAS	AFECCION EN USO
130	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD C2 FB	S/P	CO-0108	-70681523		SGEM	OPERATIVO
131	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD C2 FB	S/P	CO-0208	YA3-062458-70681492		SGEM	OPERATIVO

N°	UNIDAD	MARCA	MODELO	PLACA	REGISTRO	N° SERIE	AÑO	UBICACIÓN	CONDICION
132	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD C2 FB	S/P	CO-0209		2009	CANCO/OBRA	OPERATIVO
133	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD C2 FB	S/P	CO-0107	YA3-062451-70683357	2007	GRTC	
134	COMPRESORA	INGERSOL RAND	R DRC 600	S/P	CO-0175	TP23542-E75-501	1975	SGEM	INOPERATIVO
135	COMPRESORA	AIR MAN	PSD 750	S/P		64-4130297		SGEM	INOPERATIVO
136	COMPRESORA	COMPAIR	C-110-9	S/P	CO-0207	WCA1K092271130043	2007	SGEM	OPERATIVO
137	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186Dd	S/P	CO-0110	YA3-062454-A0113134	2010	ASOC.BUSTAMANTE SECTOR XI	OPERATIVO
138	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0310	YA3-062453-AO115229	2010	TERMINAL PEDREGAL	OPERATIVO
139	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186Dd	S/P	CO-0210	YA3-062452-A0112919	2010	SGEM	OPERATIVO
140	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0111	YA3-06245X-AB149751	2011	CANCO/OBRA	OPERATIVO
141	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0211	YA3-062456-B0155077	2011	SGEM	OPERATIVO
142	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0311	YA3-062456-B0165799	2011	SGEM	OPERATIVO
143	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0411	YA3-062459-B0165808	2011	COLEGIO 27/ CAMANA	OPERATIVO
144	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0511	YA3-062459-B0170883	2011	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
145	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0611	YA3-062459-B0170884	2011	COLEGIO INDEPENDENCIA	OPERATIVO
146	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0112	YA3-062476-B0211388	2012	COLEGIO 27/ CAMANA	OPERATIVO
147	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0212	YA3-062474-B0211387	2012	HEROES DEL CENEPA	OPERATIVO
148	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAMS1150CD	S/P	CO-0312	YA3-062671-B0212865	2012	SGEM	OPERATIVO
149	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAMS1150CD	S/P	CO-0412	YA3-062678-B0214872	2012	SGEM	OPERATIVO
150	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0512	YA3-062473-B0214586	2012	ICHUPAMPA-LARI/ OBRA	REPARACION
151	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0612	YA3-062475-C0220696	2012	SGEM	OPERATIVO
152	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0712	YA3-062472-B0214806	2012	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
153	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAS186DD	S/P	CO-0812	YA3-062477-C0271780	2012	TRAMO III VARIANTE	OPERATIVO
154	COMPRESORA	ATLAS-COPCO	XAMS1150CD	S/P	CO-0113	YA3-06267X-C0265680	2013	SGEM	OPERATIVO
155	EXCAVADORA	KOMATSU	PC-350LC-8	S/P	EX-0110	A10219	2010	M.D DE TORO	AFECCION EN USO
156	EXCAVADORA	KOMATSU	PC-350LC-8	S/P	EX-0210	A10227	2010	M.P DE CARAVELI	AFECCION EN USO
157	EXCAVADORA	KOMATSU	PC-350LC-8	S/P	EX-0310	A10236	2010	CANCO/OBRA	OPERATIVO
158	EXCAVADORA	KOMATSU	PC 200LC-8	S/P	EX-0108	311169	2008	M.D DE QUECHUALLA/ APOYO	OPERATIVO
159	EXCAVADORA	HYMAC			208-010			SGEM	INOPERATIVO
160	EXCAVADORA	KOMATSU	PC-350LC-8	S/P	EX-0111	A10421	2010	M.D VITOR	AFECCION EN USO
161	EXCAVADORA	CATERPILLAR	336DL	S/P	EX-0112	M4T01630	2012	AGENCIA AGRARIA APLAO	AGENCIA AGRARIA
162	EXCAVADORA	CATERPILLAR	336DL	S/P	EX-0212	M4T01738	2012	AGENCIA AGRARIA APLAO	AGENCIA AGRARIA
163	EXCAVADORA	CASE	CX350B	S/P	EX-0312	DAC350K5NCSAP1270	2012	AYO/OBRA	REPARACION
164	EXCAVADORA	CASE	CX350B	S/P	EX-0412	DAC350K5NCSAP1271	2012	M.D DE LA JOYA	AFECCION EN USO
165	EXCAVADORA	CASE	CX350B	S/P	EX-0512	DAC350K5NCSAP1272	2012	AUTODEMA/APOYO	OPERATIVO
166	EXCAVADORA	CASE	CX350B	S/P	EX1012	1289	2011	AGENCIA AGRARIA CAMANA	AGENCIA AGRARIA
167	EXCAVADORA	CASE	CX350B	S/P	EX-0912	1288	2012	CUENCA DE OCOÑA	AGENCIA AGRARIA
168	EXCAVADORA	CASE	CX350B	S/P	EX-0712	1277	2012	AGENCIA AGRARIA LA CURVA	AGENCIA AGRARIA
169	EXCAVADORA	CASE	CX350B	S/P	EX-0812	1278	2012	AGENCIA AGRARIA LA CURVA	AGENCIA AGRARIA
170	EXCAVADORA	KOMATSU	PC-220	S/P	EX-0612	85344	2012	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
171	FAJA TRANSPORTADORA	METSO		S/P	FT-0108	75860	2008	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
172	FAJA TRANSPORTADORA	METSO		S/P	FT-0208	75876	2008	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
173	FAJA TRANSPORTADORA	METSO		S/P	FT-0308	75877	2008	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
174	FAJA TRANSPORTADORA	FACSOL		S/P	FT-0110	FTU 1224101001	2010	SGEM	OPERATIVO
175	FAJA TRANSPORTADORA	FACSOL		S/P	FT-0210	FTU 08201010	2010	SGEM	OPERATIVO
176	FAJA TRANSPORTADORA	FACSOL		S/P	FT-0310	FTU 1220101001	2010	SGEM	OPERATIVO
177	FAJA TRANSPORTADORA	FACSOL		S/P	FT-0410	FTU 1220101002	2010	SGEM	OPERATIVO

N°	UNIDAD	MARCA	MODELO	PLACA	REGISTRO	N° SERIE	AÑO	UBICACIÓN	CONDICION
178	FAJA TRANSPORTADORA	FACSOL		S/P	FT-0510	FTU 1220101003	2010	SGEM	OPERATIVO
179	GRUPO ELECTROGENO	OLYMPIAN	GEP44-5			OLY00000A11612864		TERMINAL PEDREGAL	OPERATIVO
180	GRUA	LINK BELT	LS-98A	S/P	370-002			MOLLENDO/MUELLE	INOPERATIVO
181	GRUA	LINK BELT	LS-98A	S/P	370-003			MOLLENDO/MUELLE	INOPERATIVO
182	GRUA	BUCYRUS ERIE	84300	S/P	373-005	640287279		SGEM	INOPERATIVO
183	GRUPO ELECTROGENO	PRAMAC	GBW150	S/P		87024307		SGEM	OPERATIVO
184	GRUPO ELECTROGENO	HONDA	EZ-5000			GZEL-1044069		PATRIMONIO	PATRIMONIO
185	GRUPO ELECTROGENO	CATERPILLAR		S/P	GEE-0108	N32667		VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
186	GRUPO ELECTROGENO	MODASA	MD-610	ZQ-1104	GEM-0108		2008	SGEM	OPERATIVO
187	GRUPO ELECTROGENO	MODASA	KB75					CHAPI/OBRA	OPERATIVO
188	MINIBUS COASTER	MITSUBISHI	ROSA	EGF-953	MC-0111	JL5ARJ6HXCRCG10029	2011	SERVICIOS	AREA SERVICIOS
189	MINIBUS COASTER	MITSUBISHI	ROSA	EGF-981	MC-0211	JL5ARJ6H6CRCG10027	2011	SERVICIOS	AREA SERVICIOS
190	MINICARGADOR	JOHN DEERE	320D		MF-0113	1T320DAADG251175	2013	TRAMO III VARIANTE	OPERATIVO
191	MOTONIVELADORA	KOMATSU	GD 655-3E0	S/P	MN-0310	51877	2010	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
192	MOTONIVELADORA	VOLVO	G940	S/P	MN-0109	VCE0G940E00502402	2009	M.P DE CAMANA	AFECCION EN USO
193	MOTONIVELADORA	VOLVO	G940	S/P	MN-0209	VCE06940T00502399	2009	TALLERES AREQUIPA	REPARACION
194	MOTONIVELADORA	VOLVO	G940	S/P	MN-0309	VCE0G940C00502417	2009	SGEM	OPERATIVO
195	MOTONIVELADORA	VOLVO	G940	S/P	MN-0110	VCE0G940L00502669	2010	SGEM	OPERATIVO
196	MOTONIVELADORA	KOMATSU	GD 655-3E0	S/P	MN-0210	51831	2010	GRTC	GRTC
197	MOTONIVELADORA	KOMATSU	GD523A	S/P	425	1076	1993	GRTC	OPERATIVO
198	MOTONIVELADORA	KOMATSU	GD 655-3E0	S/P	MN-0410	51937	2010	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
199	MOTONIVELADORA	KOMATSU	GD511A	S/P	482	10405		M.P CONDESUYOS	AFECCION EN USO
200	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140G	S/P	S/R	5MDO3740		M.P CAYLLOMA	AFECCION EN USO
201	MOTONIVELADORA	KOMATSU	GD511A	S/P	470	10393		GRTC	GRTC
202	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140K	S/P	MN-0111	JPA00985	2011	TRAMO III VARIANTE	OPERATIVO
203	MOTOSOLDADORA	LINCOLN		S/P	S/R			SGEM	INOPERATIVA
204	MOTOSOLDADORA	LINCOLN	Vantage 500	S/P	MS-0110	U1100705625	2010	CANCO/OBRA	OPERATIVO
205	MOTOSOLDADORA	LINCOLN	Vantage 500		MS-0210	U1100705628	2010	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
206	MOTOSOLDADORA	LINCOLN	Vantage 500		MS-0310		2010	CACHUYO/OBRA	OPERATIVO
207	PAVIMENTADORA	DYNAPAC	F121C	S/P	PAV-0209	635392	2009	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
208	PAVIMENTADORA	DYNAPAC	F121C	S/P	PAV-0109	635388	2009	GRTC	GRTC
209	PAVIMENTADORA	CIBER	AF-5500	S/P	PAV-0108	400022	2008	SGEM	INOPERATIVA
210	PLANTA DE AGREGADOS	METSO		S/P	PAG-0108	125335	2008	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
211	PLANTA DE AGREGADOS	FACSOL	TO1624	S/P	PAG-0110	TQ - 1624 - 101001	2010	SGEM	OPERATIVO
212	PLANTA DE ASFALTO	CIBER	UACF17P-1	S/P	PAF-0108		2008	SGEM	OPERATIVO
213	CAMA BAJA SEMI REMOLQUE 03 EJES	HENRED FRUEK		EGT-893	182-007			SGEM	OPERATIVO
214	RETROEXCAVADORA	TEREX	TX760B	S/P	RE-0109	6458	2009	TABOADA	OPERATIVO
215	RETROEXCAVADORA	KOMATSU	WB 146-5	S/P	RE-0108	A23965	2008	CHAPI/OBRA	OPERATIVO
216	RETROEXCAVADORA	NEW HOLLAND	B110B	S/P	RE-0111	FNHB110BNBHH02667	2011	CANCO/OBRA	OPERATIVO
217	RETROEXCAVADORA	NEW HOLLAND	B110B	S/P	RE-0211	FNHB110BNBHH02665	2011	AUTODEMA/APOYO	OPERATIVO
218	RETROEXCAVADORA	JCB	3CX ECO	S/P	RE-0112	JCB3CX4TC02100453	2012	SGEM	REPARACION
219	RETROEXCAVADORA	CATERPILLAR	420F	S/P	RE-0212	LTG00497	2012	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
220	RETROEXCAVADORA	JCB	3CPLUS	S/P	RE-0113	JCB3C4TC502255888	2013	AGENCIA AGRARIA ACARI	AGENCIA AGRARIA
221	RETROEXCAVADORA	JCB	3CPLUS	S/P	RE-0213	JCB3C4TCT02099847	2013	CANAL DE RIEGO EL TORO	OPERATIVO
222	RODILLO NEUMÁTICO	HAMM	GRW-15	S/P	RN-0209	H1900408	2009	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
223	RODILLO NEUMÁTICO	HAMM	GRW-15	S/P	RN-0109	H1900430	2009	GRTC	GRTC

Nº	UNIDAD	MARCA	MODELO	PLACA	REGISTRO	Nº SERIE	AÑO	UBICACIÓN	CONDICION
224	RODILLO TANDEM	DYNAPAC	CC-424HF	S/P	RT-0209	384500205	2009	GRTC	GRTC
225	RODILLO TANDEM	DYNAPAC	CC-424 HF	S/P	RT-0109	1384500231	2009	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
226	RODILLO VIBRATORIO	INGERSOL RAND	SD-100-B	S/P	109	141994	1995	SGEM	INOPERATIVO
227	RODILLO VIBRATORIO	AMMANN	ASC110	S/P	RL-0110	1253	2010	M.P CAYLLOMA	AFECCION EN USO
228	RODILLO VIBRATORIO	DYNAPAC	CA260-II	S/P	RL-0210	78220403	2010	TABOADA	OPERATIVO
229	RODILLO VIBRATORIO	CATERPILLAR	CS56	S/P	RL-0109	CAT0CS56PC5S00849	2009	M.P DE CAMANA	AFECCION EN USO
230	RODILLO VIBRATORIO	CATERPILLAR	CS56	S/P	RL-0209	CC5S00847	2009	SGEM	OPERATIVO
231	RODILLO VIBRATORIO	CATERPILLAR	CS56	S/P	RL-0309	CATCS56 HC5S00845	2009	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
232	RODILLO VIBRATORIO	MULLER	VAP70L	S/P	51	517049120	1992	SGEM	INOPERATIVO
233	RODILLO VIBRATORIO	DYNAPAC	CA260-II	S/P	RL-0310	10000117K0A005236	2010	TRAMO III VARIANTE	OPERATIVO
234	RODILLO VIBRATORIO	INGERSOL RAND	SD-100-B	S/P	98	141580	1995	GRTC	GRTC
235	RODILLO VIBRATORIO	MULLER	VAP-70L	S/P	64	517049139	1992	SGEM	INOPERATIVO
236	RODILLO VIBRATORIO	DYNAPAC	CA260-II	S/P	RL-0111	1000011IVO0A005166	2011	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
237	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CB-22		RC-0113	22001322	2013	TRAMO III VARIANTE	OPERATIVO
238	TANQUE TÉRMICO	CIBER	TM3030R	S/P	TM-0108		2008	SGEM	OPERATIVO
239	TORRE LUMINARIA	TEREX	RL4000		TL-9011	RL4111790	2011	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
240	TORRE LUMINARIA	TEREX	RL4000		TL-9111	RL4111791	2011	CANCO/OBRA	OPERATIVO
241	TORRE LUMINARIA	TEREX	RL4000		TL-9211	RL4111792	2011	MEJORAMIENTO VARIANTE UCHUMAYO	OPERATIVO
242	TORRE LUMINARIA	TEREX	RL4000		TL-9311	RL4111793	2011	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
243	TORRE LUMINARIA	TEREX	RL4000		TL-9411	RL4111794	2011	CACHUYO/OBRA	OPERATIVO
244	TORRE LUMINARIA	TEREX	RL4000		TL-9511	RL4111795	2011	AYO/OBRA	OPERATIVO
245	TORRE LUMINARIA	TEREX	RL4000		TL-9611	RL4111796	2011	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
246	TORRE LUMINARIA	TEREX	RL4000		TL-9711	RL4111797	2011	CHAPI/OBRA	OPERATIVO
247	TORRE LUMINARIA	TEREX	RL4000		TL-9811	RL4111798	2011	SGEM	OPERATIVO
248	TRACK DRILL	FURUKAWA	PCR-200	S/P	42		93	SGEM	OPERATIVO
249	TRACK DRILL	ATLAS-COPCO	AIRROC T35		TD-0112	21103096	2012	SGEM	OPERATIVO
250	TRACTO CAMIÓN	IVECO	STRALIS 420	EGL-842	TC-0109	8ATS2SSH09X066374	2009	SGEM	OPERATIVO
251	TRACTO CAMIÓN	VOLVO	N1227	YH-1042	110-001	808		SGEM	INOPERATIVO
252	TRACTO CAMIÓN	VOLVO	FMX 6X4 T	EGW-043	TC-0116	9BVXSW0D6FE834897	2015	SGEM	OPERATIVO
253	TRACTOR AGRICOLA	MASSEY FERGUSON	MOD 290	S/P	S/R	2287036693		M.D MACA	AFECCION EN USO
254	TRACTOR AGRICOLA	MASSEY FERGUSON	MOD 390	S/P	S/R	5008-R12069		M.D DE TUTI	AFECCION EN USO
255	TRACTOR NEUMÁTICO	CATERPILLAR	814F	S/P	TN-0209	OBXG00169	2009	M.P DE CAMANA	AFECCION EN USO
256	TRACTOR NEUMÁTICO	CATERPILLAR	814F	S/P	TN-0309	TBXG00170	2009	CANCO/OBRA	OPERATIVO
257	TRACTOR NEUMÁTICO	CATERPILLAR	814F	S/P	TN-0109	PBXG00171	2009	M.D DE TUTI/ APOYO	OPERATIVO
258	TRACTOR NEUMÁTICO	KOMATSU	WD420-1	S/P	0898	10104	1994	GRTC	GRTC
259	TRACTOR NEUMÁTICO	MULLER	TI 28	S/P	880	210049123	1994	M.P CONDESUYOS	AFECCION EN USO
260	TRACTOR NEUMÁTICO	KOMATSU	WD420-1	S/P	903	10109	1995	GRTC	GRTC
261	TRACTOR NEUMÁTICO	CATERPILLAR	824H	S/P		ASX00409	2011	PROYECTO ARMA	OPERATIVO
262	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D85	S/P	TO-0110	11668	2010	SECOCHA	OPERATIVO
263	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D85	S/P	TO-0210	11667	2010	M.D DE TAPAY	AFECCION EN USO
264	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D7R2	S/P	TO-0109	AECO2013	2009	M.P CAYLLOMA	AFECCION EN USO
265	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D7R2	S/P	TO-0209	AECO2019	2009	GRTC	GRTC
266	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D7R2	S/P	TO-0309	AECO2012	2009	SGEM	INOPERATIVO
267	TRACTOR ORUGA	NEW HOLAND	D350	S/P	TO-0409	N8HC30013	2009	M.P DE CAMANA	AFECCION EN USO
268	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D8N	S/P	S/R	7TK00457		SGEM	TRADO/ DESARMADO TOTAL
269	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D85	S/P	TO-0310	11638	2010	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO

N°	UNIDAD	MARCA	MODELO	PLACA	REGISTRO	N° SERIE	AÑO	UBICACIÓN	CONDICION
270	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D85REX	S/P	S/R	KMTOD101TO01011458	2009	M.P CONDESUYOS	AFECTACION EN USO
271	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D6D		864	16Z00362		GRTC	GRTC
272	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D6MXL	S/P	1068	2YS00425	98	M.D DE HUAYNACOTAS	AFECTACION EN USO
273	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D7 G	S/P	-	65V05794	87	SGEM	INOPERATIVO
274	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D6D	S/P	106			SGEM	INOPERATIVO
275	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-0112	81444	2012	AGENCIA AGRARIA APLAO	AGENCIA AGRARIA
276	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-0212	81449	2012	AGENCIA AGRARIA APLAO	AGENCIA AGRARIA
277	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-0312	81450	2012	SGEM	OPERATIVO
278	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-0412	81452	2012	AUTODEMA/APOYO	OPERATIVO
279	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-0512	81453	2012	VISCACHANI-CAYLLOMA/ OBRA	OPERATIVO
280	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D85EX	S/P	TO-0612	11894	2012	CANCO/OBRA	OPERATIVO
281	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-0712	81556	2012	CACHUYO/OBRA	OPERATIVO
282	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-1112	81540	2011	AGENCIA AGRARIA CAMANA	AGENCIA AGRARIA
283	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-1012	81539	2012	CUENCA DE OCOÑA	AGENCIA AGRARIA
284	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-0812	81523	2012	AGENCIA AGRARIA LA CURVA	AGENCIA AGRARIA
285	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-0912	81524	2012	AGENCIA AGRARIA LA CURVA	AGENCIA AGRARIA
286	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D7R	S/P	TO-0113	DSH00122	2013	M.D DE QUECHUALLA/ APOYO	OPERATIVO
287	TRACTOR ORUGA	KOMATSU	D155AX	S/P	TO-0213	81642	2013	AGENCIA AGRARIA ACARI	AGENCIA AGRARIA
288	TRACTOR ORUGA	CATERPILLAR	D6C	S/P	232	47J4176		M.D DE SAYLA	M.D DE SAYLA
289	ZARANDA VIBRATORIA			S/P	ZV-0110	ZV81230/10100	2010	SGEM	OPERATIVO