



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

**INGENIERO MECANICO**

**ELECTRICISTA**

**“IMPLEMETACION DE UN MANTENIMIENTO BASADO  
EN EL ANALISIS DE ACEITE PARA INCREMENTAR LA  
DISPONIBILIDAD DE UNA EXCAVADORA CAT 336 DE  
GYM - TACNA”**

**Presentado Por:**

**Bach. DOMINGUEZ SOTO DIEGO CRISTOFER**

**Asesor:**

**Dr. ANIBAL JESUS SALAZAR MENDOZA**

**LAMBAYEQUE - PERU**

**Diciembre del 2018**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

**INGENIERO MECANICO**

**ELECTRICISTA**

**“IMPLEMETACION DE UN MANTENIMIENTO BASADO  
EN EL ANALISIS DE ACEITE PARA INCREMENTAR  
LA DISPONIBILIDAD DE UNA EXCAVADORA CAT 336  
DE GYM - TACNA”**

**Presentado Por:**

**Bach. DOMINGUEZ SOTO DIEGO CRISTOFER**

**Aprobado por el Jurado Examinador**

**PRESIDENTE : Msc. Fredy Dávila Hurtado .....**

**SECRETARIO : Ing. Oscar Méndez Cruz .....**

**VOCAL : Msc. Amado Aguinaga Paz .....**

**ASESOR : Dr. Aníbal J. Salazar Mendoza .....**

**LAMBAYEQUE - PERU  
Diciembre 2018**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TITULO**

**“IMPLEMETACION DE UN MANTENIMIENTO BASADO EN EL  
ANALISIS DE ACEITE PARA INCREMENTAR LA  
DISPONIBILIDAD DE UNA EXCAVADORA CAT 336 DE GYM -  
TACNA”**

## **CONTENIDOS**

**CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

**CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.**

**CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.**

**CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN.**

**CAPITULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.**

**CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**Presentado por:**

**Bach. DOMINGUEZ SOTO DIEGO CRISTOFER**

---

**PRESIDENTE**

---

**SECRETARIO**

---

**VOCAL**

---

**ASESOR**

**LAMBAYEQUE – PERU  
DICIEMBRE DEL 2018**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por darme su apoyo incondicional día a día, por el sacrificio que han brindado en mí, y por las esperanzas que pusieron para poder realizarme profesionalmente, y hacerme una persona de bien.

A mi abuela que ha sido una gran ayuda, y me apoyo en los momentos más cruciales.

A mis hermanos que me motivaron a seguir siempre hacia adelante y me apoyaron siempre en la parte emocional, ayudándome a trazar mis metas y realizar mi vida profesional.

A mi prometida por estar en los momentos difíciles de mi carrera brindándome apoyo emocional, y ayudando a mi crecimiento como profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por estar conmigo en todo momento durante mi vida profesional.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y a los catedráticos quienes fueron el aporte de los conocimientos que hoy en día llenan mi profesión.

A mi asesor de tesis el Ing. Salazar Mendoza Aníbal Jesús por haber orientado de manera adecuada y desinteresada, en la elaboración de mi trabajo de investigación.

A todas las personas que me ayudaron hasta llegar a este punto crucial de mi vida profesional.

## INDICE

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| DEDICATORIA.....                                         | 2  |
| AGRADECIMIENTOS .....                                    | 3  |
| INDICE .....                                             | 4  |
| INDICE DE TABLAS .....                                   | 8  |
| INDICE DE ILUSTRACIONES .....                            | 9  |
| RESUMEN.....                                             | 10 |
| ABSTRACT.....                                            | 11 |
| INTRODUCCION.....                                        | 12 |
| CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION .....              | 15 |
| 1. Realidad problemática .....                           | 15 |
| 2. Formulación del problema .....                        | 15 |
| 3. Delimitación de investigación .....                   | 15 |
| 3.1. Generalidades de la empresa .....                   | 16 |
| 3.2. Personal de la empresa.....                         | 16 |
| 3.3. Lineamientos primordiales de la empresa .....       | 17 |
| 4. Justificación e importancia de la investigación ..... | 18 |
| 5. Limitaciones de la investigación .....                | 20 |
| 6. Objetivos de la investigación .....                   | 20 |
| 6.1. Objetivo general.....                               | 20 |
| 6.2. Objetivos secundarios .....                         | 20 |
| CAPITULO II: MARCO TEORICO.....                          | 21 |
| 1. Antecedentes de estudios.....                         | 21 |
| 2. Desarrollo de la temática.....                        | 22 |
| 2.1. Implementación de un plan de mantenimiento .....    | 22 |
| 2.1.1. Tipos de mantenimiento .....                      | 22 |
| 2.1.1.1. Mantenimiento correctivo .....                  | 22 |
| 2.1.1.2. Mantenimiento Preventivo .....                  | 23 |
| 2.1.1.3. Mantenimiento Predictivo .....                  | 23 |
| 2.1.1.4. Mantenimiento Cero Horas (Overhaul).....        | 23 |
| 2.1.1.5. Mantenimiento En Uso .....                      | 24 |
| 2.1.2. Modelos de mantenimiento .....                    | 24 |

|          |                                                      |    |
|----------|------------------------------------------------------|----|
| 2.1.2.1. | Modelo Correctivo .....                              | 25 |
| 2.1.2.2. | Modelo Condicional .....                             | 25 |
| 2.1.2.3. | Modelo Sistemático .....                             | 26 |
| 2.1.2.4. | Modelo de Mantenimiento de Alta Disponibilidad ..... | 27 |
| 2.1.3.   | Parámetros de mantenimiento .....                    | 28 |
| 2.1.3.1. | Efectividad del sistema .....                        | 28 |
| 2.1.3.2. | Disponibilidad de equipos .....                      | 28 |
| 2.1.3.3. | Equipo de reserva .....                              | 28 |
| 2.1.3.4. | Confiabilidad de equipos .....                       | 28 |
| 2.1.3.5. | Mantenibilidad de equipos .....                      | 28 |
| 2.2.     | Plan anual de mantenimiento .....                    | 29 |
| 2.3.     | Análisis de aceite: .....                            | 32 |
| 2.3.1.   | Conceptos generales: .....                           | 33 |
| 2.3.2.   | Categorías del análisis de aceite: .....             | 34 |
| 2.3.3.   | Condición del lubricante: .....                      | 35 |
| 2.3.4.   | Viscosidad medida a 40°C y 100°C: .....              | 36 |
| 2.3.5.   | Análisis de la condición del aceite .....            | 36 |
| 2.3.5.1. | HOLLIN (Scoot) .....                                 | 37 |
| 2.3.5.2. | Oxidación: .....                                     | 38 |
| 2.3.5.3. | Sulfatación: .....                                   | 39 |
| 2.3.5.4. | Nitración .....                                      | 40 |
| 2.3.6.   | Aditivos .....                                       | 41 |
| 2.3.6.1. | Aditivos antidesgaste .....                          | 42 |
| 2.3.6.2. | Aditivos Extrema Presión .....                       | 42 |
| 2.3.6.3. | Aditivos Dispersantes .....                          | 43 |
| 2.3.6.4. | Aditivos detergentes .....                           | 43 |
| 2.3.6.5. | Aditivos Antioxidantes .....                         | 43 |
| 2.3.6.6. | Aditivos Inhibidores de Corrosión .....              | 44 |
| 2.3.6.7. | Aditivos Inhibidores de Herrumbre .....              | 44 |
| 2.3.7.   | Índice PQ .....                                      | 45 |
| 2.3.8.   | Contaminación .....                                  | 46 |
| 2.3.8.1. | Productos incorrectos .....                          | 46 |
| 2.3.8.2. | Contaminación con agua .....                         | 47 |
| 2.3.8.3. | Contaminación con glicol .....                       | 48 |
| 2.3.8.4. | Contaminación con combustible .....                  | 50 |
| 2.3.8.5. | Prueba de la mancha .....                            | 52 |

|                                                      |                                                                         |           |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.9.                                               | Partes por millón.....                                                  | 54        |
| 2.3.10.                                              | Contaminación con partículas.....                                       | 54        |
| 2.3.11.                                              | Desgaste metálico – detección de partículas .....                       | 58        |
| 2.3.12.                                              | Detección de elementos de desgaste .....                                | 59        |
| 2.3.13.                                              | Limites Referenciales de desgaste por componente.....                   | 64        |
| 2.4.                                                 | Programas de análisis de aceite .....                                   | 65        |
| 2.4.1.                                               | Análisis de fluidos de Servicios CAT SOS:.....                          | 65        |
| 2.4.2.                                               | Análisis de lubricante Movil Serv: .....                                | 67        |
| 2.5.                                                 | Indicadores de gestión: KPI.....                                        | 69        |
| 2.5.1.                                               | Características de los KPI .....                                        | 69        |
| 2.5.2.                                               | Ejemplos de indicadores de gestión.....                                 | 70        |
| 3.                                                   | Terminología.....                                                       | 71        |
| <b>CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO .....</b>        |                                                                         | <b>73</b> |
| 1.                                                   | Tipo de investigación .....                                             | 73        |
| 2.                                                   | Población y muestra .....                                               | 73        |
| 2.1.                                                 | Población.....                                                          | 73        |
| 2.2.                                                 | Muestra .....                                                           | 73        |
| 3.                                                   | Hipótesis.....                                                          | 74        |
| 3.1.                                                 | Hipótesis general.....                                                  | 74        |
| 3.2.                                                 | Hipótesis específicas.....                                              | 74        |
| 4.                                                   | Variables – operacionalizacion .....                                    | 74        |
| 4.1.                                                 | Variable independiente.....                                             | 74        |
| 4.2.                                                 | Variable Dependiente.....                                               | 74        |
| 4.3.                                                 | Indicadores .....                                                       | 74        |
| <b>Métodos y técnicas de investigación .....</b>     |                                                                         | <b>75</b> |
| 4.4.                                                 | Método de investigación: .....                                          | 75        |
| 4.5.                                                 | Técnicas de investigación.....                                          | 75        |
| 4.5.1.                                               | Observación.....                                                        | 75        |
| 4.5.2.                                               | Entrevista.....                                                         | 75        |
| 5.                                                   | Descripción de instrumentos utilizados .....                            | 76        |
| 5.1.                                                 | Instrumentos de medición.....                                           | 76        |
| 5.2.                                                 | Documentos del mantenimiento .....                                      | 78        |
| <b>CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACION .....</b> |                                                                         | <b>79</b> |
| 1.                                                   | Mantenimiento.....                                                      | 79        |
| 1.1.                                                 | Equipos críticos .....                                                  | 79        |
| 1.2.                                                 | Análisis de aceite de la excavadora CAT 336 codificada como 14001:..... | 79        |



|                                                    |                                                             |            |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------|
| 1.2.1.                                             | Análisis de Mando Final Izquierdo:                          | 80         |
| 1.2.2.                                             | Análisis de Mando Final Derecho                             | 83         |
| 1.2.3.                                             | Análisis de Mando Rotación:                                 | 86         |
| 1.2.4.                                             | Análisis de Sistema Hidráulico:                             | 89         |
| 1.2.5.                                             | Análisis de Motor: 19 febrero 2017                          | 92         |
| 1.2.6.                                             | Análisis de Motor: 26 marzo 2017                            | 96         |
| 1.3.                                               | Mantenimiento de la excavadora CAT 336 – código 14001       | 99         |
| 1.4.                                               | Disponibilidad de excavadora CAT 336 – Código 14001         | 104        |
| 1.4.1.                                             | Inoperatividad mensual en horas de la Excavadora Cat 336    | 107        |
| 1.5.                                               | Valorización de servicios excavadora CAT 336 – código 14001 | 109        |
| <b>CAPITULO V: DISCUSION DE LOS RESULTADOS</b>     |                                                             | <b>111</b> |
| 1.                                                 | Contrastación con hipótesis                                 | 111        |
| 1.1.                                               | Contrastación con hipótesis general                         | 111        |
| 1.2.                                               | Contrastación con hipótesis específicas o secundarias       | 111        |
| 2.                                                 | Contrastación con los objetivos                             | 112        |
| 2.1.                                               | Contrastación con objetivo general                          | 112        |
| 2.2.                                               | Contrastación con objetivos secundarios                     | 112        |
| <b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> |                                                             | <b>114</b> |
| 1.                                                 | Conclusiones                                                | 114        |
| 2.                                                 | Recomendaciones                                             | 115        |
| 2.1.                                               | Recomendaciones generales del mantenimiento                 | 115        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>                  |                                                             | <b>117</b> |
| <b>ANEXOS</b>                                      |                                                             | <b>119</b> |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1: administración de la empresa GyM .....                                                                      | 17  |
| Tabla 2: Conceptos de análisis de aceite I .....                                                                     | 33  |
| Tabla 3: conceptos de análisis de aceite II .....                                                                    | 33  |
| Tabla 4: pruebas para categorías de aceite .....                                                                     | 35  |
| Tabla 5: viscosidades de aceites de diferentes compartimientos.....                                                  | 36  |
| Tabla 6: Familia de elementos por tipo de aditivos .....                                                             | 45  |
| Tabla 7: prueba de la mancha .....                                                                                   | 53  |
| Tabla 8: desgaste metálico por medio de detección de partículas.....                                                 | 58  |
| Tabla 9: elementos reportados típicamente en el desgaste.....                                                        | 60  |
| Tabla 10: familias de elementos por metalurgia de la maquinaria .....                                                | 62  |
| Tabla 11: familia de elementos por ambiente de operación en planta.....                                              | 63  |
| Tabla 12: Límite de desgaste por componente en Motor Diésel .....                                                    | 64  |
| Tabla 13: Límite de desgaste por componente en Hidráulicos .....                                                     | 64  |
| Tabla 14: Límite de desgaste por componente en Transmisiones .....                                                   | 65  |
| Tabla 15: Límite de desgaste por componente en engranajes, ejes, diferenciales, mandos<br>finales, planetarios ..... | 65  |
| Tabla 16: Análisis de aceite excavadora – Mando Final Izquierdo.....                                                 | 80  |
| Tabla 17: Análisis de aceite de excavadora – Mando Final Derecho .....                                               | 83  |
| Tabla 18: Análisis de aceite excavadora – Mando de rotación.....                                                     | 86  |
| Tabla 19: Análisis de aceite excavadora – Sistema hidráulico .....                                                   | 89  |
| Tabla 20: Análisis de aceite excavadora – Motor I .....                                                              | 92  |
| Tabla 21: Análisis de aceite excavadora – Motor II .....                                                             | 96  |
| Tabla 22: Mantenimiento de excavadora a 7500 horas .....                                                             | 100 |
| Tabla 23: Mantenimiento de excavadora a 8000 horas .....                                                             | 101 |
| Tabla 24: Mantenimiento de excavadora a 8500 horas .....                                                             | 102 |
| Tabla 25: Mantenimiento de excavadora a 9000 horas .....                                                             | 103 |
| Tabla 26: Disponibilidad de Excavadora 336 CAT – Código 14001.....                                                   | 104 |
| Tabla 27: Cuadro de inoperatividad de la excavadora CAT 336 .....                                                    | 107 |
| Tabla 28: Valorización de servicios excavadora CAT 336 - código 14001 .....                                          | 109 |

## INDICE DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1: muestra de aceite .....                                                           | 32 |
| Ilustración 2: categorías de análisis de aceite .....                                            | 34 |
| Ilustración 3: prueba de aceite .....                                                            | 35 |
| Ilustración 4: Nivel de Hollin .....                                                             | 38 |
| Ilustración 5: aditivos con aceite lubricante .....                                              | 42 |
| Ilustración 6: diversas formas de contaminación del aceite lubricante.....                       | 46 |
| Ilustración 7: productos incorrectos .....                                                       | 46 |
| Ilustración 8: contaminación con agua .....                                                      | 48 |
| Ilustración 9: contaminación con partículas de glicol .....                                      | 49 |
| Ilustración 10: razón entre cantidad de sodio y boro .....                                       | 50 |
| Ilustración 11: inyección directa .....                                                          | 51 |
| Ilustración 12: mancha detectada.....                                                            | 52 |
| Ilustración 13: calidad de la mancha .....                                                       | 53 |
| Ilustración 14: canales de medición de partículas .....                                          | 55 |
| Ilustración 15: deterioro por medio de partículas .....                                          | 56 |
| Ilustración 16: límites de visibilidad del ojo humano .....                                      | 56 |
| Ilustración 17: utilización de código de contaminación solida ISO .....                          | 57 |
| Ilustración 18: 75-85% de fallas en sistemas hidráulicos son causados por<br>contaminación ..... | 57 |
| Ilustración 19: relación Contaminación - Desgaste .....                                          | 59 |
| Ilustración 20: fuentes de partículas de desgaste según elementos químicos I....                 | 60 |
| Ilustración 21: fuentes de partículas de desgaste según elementos químicos II...                 | 61 |
| Ilustración 22: fuentes de partículas de desgaste según elementos químicos II...                 | 61 |
| Ilustración 23: El ciclo de análisis de aceite SOS .....                                         | 67 |

## **RESUMEN**

El trabajo de investigación se realizó con la principal razón de poner un alto a las muchas paradas que se presentaban en los equipos, en esta tesis realizara un mantenimiento de la excavadora CAT 336 codificada 14-100 operada bajo la supervisión de la empresa GyM. En el “Proyecto “Vial de Integración Tacna-La Paz” (Tramo Tacna-Collpa), en el cual es afectada afectaba por un gran número de paradas que suelen ocurrir con mucha continuidad durante el transcurso de las actividades.

El objetivo principal es dar un mantenimiento eficaz mediante el análisis de aceite el cual se hace a través de programas de analisis, en este caso los análisis se hicieron con la ayuda del Mobil serv, es un programa que analiza los lubricantes de la maquinaria, identificamos los problemas que se suscitan o que pueden suceder, de esta manera se logra evitar las paradas mecánicas ocurrentes con frecuencia en el proyecto, las cuales ocurrían concurridamente. Por ello se puso interés en el tipo de mantenimiento basado en un análisis del aceite para adelantar a las fallas que podrían haber causado durante algún trabajo o labor. Se utiliza un plan que se adecue al equipo, de acuerdo al trabajo que realiza. En el se observa cómo se ha empleado correctamente un adecuado Mantenimiento a la excavadora dependiendo del equipo se ha hecho tablas para saber el momento del mantenimiento de la parte a utilizar.

Se concluye que si se desarrolla el siguiente plan de mantenimiento, reduciría en su totalidad las paradas, dando como resultado un rendimiento mayor en el equipo, menor gasto por perdidas y menor tiempo consumido en el proyecto. Para el desarrollo de esta investigación, se hizo de acuerdo a cada manual del equipo.

**PALABRAS CLAVE:** Plan de mantenimiento, análisis de aceite, lubricación.

## **ABSTRACT**

The research work was carried out with the main reason for putting a stop to the many stops that were presented in the teams, in this thesis carried out a maintenance of the excavator CAT 336 encoded 14-100 operated under the supervision of the company GyM. In the "Project" Tacna-La Paz Integration Road "(Tacna-Collpa section), in which it is affected, it was affected by a large number of stops that usually occur with great continuity during the course of the activities.

The main objective is to provide an effective maintenance through the analysis of oil which is done through analysis programs, in this case the analyzes were made with the help of the Mobil serv, it is a program that analyzes the lubricants of the machinery, we identify the problems that arise or that can happen, in this way it is possible to avoid the mechanical stops often occurring in the project, which occurred concurrently. Therefore, interest was placed on the type of maintenance based on an analysis of the oil to anticipate the failures that could have been caused during some work or work. A plan that adapts to the team is used, according to the work performed. In it is observed how it has been properly used an adequate maintenance to the excavator depending on the equipment has been made tables to know the time of maintenance of the part to be used.

It is concluded that if the following maintenance plan is developed, it would reduce downtime in its entirety, resulting in a higher performance in the equipment, lower expense for losses and less time consumed in the project. For the development of this research, it was done according to each team manual.

**KEYWORDS:** Maintenance plan, oil analysis, lubrication.

## INTRODUCCION

La presente investigación tiene como tema principal la implementación de un procedimiento de mantenimiento adecuado teniendo en cuenta las características que arroja el análisis de aceite de una excavadora CAT 336 codificada como 14001 perteneciente a la empresa Graña y Montero, el cual se puede definir como el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en el equipo, 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.

Este tema tuvo mucho interés después de la revolución industrial con el auge de las máquinas, el mantenimiento siempre ha cumplido un papel muy sobresaliente para conservar y prolongar la vida útil de las herramientas de trabajo (maquinaria). Al pasar de los años se han implementado diversas formas de mantenimiento, hoy en día, podemos destacar tres tipos el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, entre otros, pero hoy en día el tema del mantenimiento a ido avanzando mucho debido a que existen métodos para desarrollar un mantenimiento adecuado como en este caso mediante el análisis del lubricante aplicado a sectores como el vehicular. Destacando de manera más relevante el mantenimiento preventivo y predictivo, estos tipos de mantenimiento pueden resultar costosos, pero si se observa desde un punto de vista a un tiempo más adelante nos resulta mucho más económico, solo pensar en que invierte para que la maquinaria no tenga problemas, defectos o paradas que son perjudiciales tanto para los equipos como para el objetivo real de la empresa.

Estos tipo de mantenimiento tiene como característica principal encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas, el cual

permite, tener un control más eficiente del equipo dándole un mejor rendimiento, evitando las paradas mecánicas, y siendo más eficiente para la empresa y subir la productividad y ejecución en sus labores diarios propios de Graña y Montero.

Graña y Montero es una empresa que ha venido brindando soluciones de ingeniería en el mantenimiento de infraestructura vial y ferroviaria. Es una empresa que tiene como uno de sus fines el mantenimiento y construcción de carreteras, por ende utiliza equipos pesados diseñados para estos tipos de trabajos, además cuenta con equipos de movilidad de personal, entre otros que tiene que ver con el labor principal o intereses afines a la empresa.

Además Graña y Montero tiene como política generar beneficios para la sociedad y cuidados con el medio ambiente. Ello les permite construir confianza y trascender como organización, promoviendo un círculo virtuoso de desarrollo. Nuestra Política de Sostenibilidad define lineamientos claros y compromisos sobre los 7 temas más importantes para nuestra gestión sostenible: ética, desarrollo de personas, excelencia operacional, seguridad, medio ambiente, comunicación, y compartir el bienestar con la sociedad.

La implementación de este programa de mantenimiento fue puesta en marcha para el “Proyecto Vial de Integración Tacna-La Paz” (Tramo Tacna –Collpa), el cual tiene una extensión de 144 km de carretera.

Para dar razón a lo anterior, es de suma importancia el de llevar a cabo un plan de mantenimiento seguro, ordenado y sobre todo responsable, respetando cada uno de los pasos a seguir. Para poder mantener a los equipos bien alineados y en buen estado para el propio bienestar de la empresa respetando y mejorando la fuente lucrativa y productividad de la misma.

Por esta razón es que emerge la necesidad de implementar un correcto plan de mantenimiento del equipo a un costo razonable. Por ello amerita un diseño sostenible que procure la continuidad de la productividad de la empresa, mejorando la vida útil de la excavadora, ayudando al rendimiento, conllevando a una productividad, disminuyendo el tiempo de ocio, disminuyendo los costos de mantenimiento correctivo, mayor satisfacción del cliente, y de manera general una mejora continua.



## **CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION**

### **1. Realidad problemática**

El “Proyecto Vial de Integración Tacna-La Paz” (Tramo Tacna – Collpa), ejecutado bajo la supervisión de la empresa Graña y Montero es un proyecto que consiste en la construcción de la carretera de Tacna hasta La Paz, en el cual siempre se encuentra ciertas dificultades que perjudican a la obra con cierta frecuencia, un problema que hacia retrasar los planes y programaciones dadas a lo largo de la obra, es el problema de las paradas mecánicas que ocurren en dicho tramo.

El problema radica en la cantidad de paradas mecánicas que ocurren en la excavadora, debido a una inadecuada gestión de mantenimiento, logrando la ineficiencia del equipo debido a que se malogra y reduce su tiempo de vida o uso. Haciendo retrasar el proyecto, bajar el rendimiento, haciendo mayor el tiempo de ocio, y la producción del trabajo disminuye consecuentemente.

### **2. Formulación del problema**

De este problema se generar interrogantes y las tenemos que mencionar a continuación:

¿Cómo podemos poder ejecutar un mantenimiento del equipo teniendo en cuenta el análisis del aceite, para reducir el tiempo de ocio, aumentando la disponibilidad y reduciendo los costos sin tener que poner en riesgo la seguridad y el medio ambiente?

### **3. Delimitación de investigación**

La presente se llevó a cabo para mantener en optimo estado a la excavadora CAT 336 del “Proyecto Vial de Integración Tacna-La Paz” (Tramo Tacna –Collpa), El

proyecto inicio en el año 2016 hasta la actualidad y se piensa culminar en el año 2021, el cual tiene una extensión de 144 km de carretera.

### **3.1. Generalidades de la empresa**

Desde 1933, Graña y Montero se constituyó como la más grande y experimentada empresa constructora del Perú. Ha desarrollado innumerables proyectos en todos los sectores de la construcción: Infraestructura, Energía, Edificaciones, Minería, Gas y Petróleo, Industria y Saneamiento.

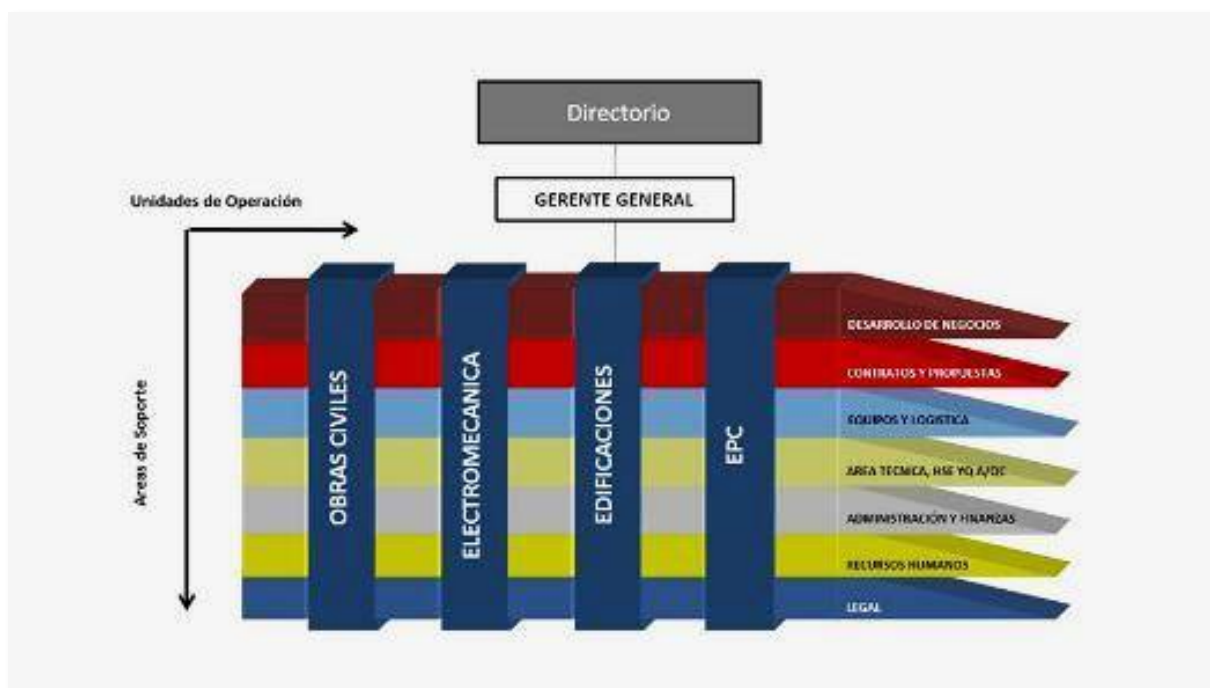
Trabaja con sus clientes desde la concepción de sus proyectos, brindando un gran soporte que genera valor en sus negocios al optimizar recursos, plazos y costos.

Su amplia experiencia, profesionalismo y constante actualización tecnológica, hace que pueda garantizar a sus clientes la entrega de un proyecto con los más altos estándares de seguridad, calidad y entregado antes del plazo pactado, respetando y protegiendo el medio ambiente, y generando oportunidades de desarrollo para las comunidades vecinas al proyecto.

### **3.2. Personal de la empresa**

Se pone a disposición de los clientes, un equipo de profesionales y técnicos altamente especializados y de gran experiencia. Sus equipos están en la capacidad de desarrollar cualquier obra de alta complejidad técnica y geográfica, siguiendo altos estándares de cumplimiento y excelencia operacional. Se cuenta con un total de 2400 colaboradores, y 1000 ingenieros.

*Tabla 1: administración de la empresa GyM*



### 3.3. Lineamientos primordiales de la empresa

Como parte del estilo Graña y Montero, se genera valor en el largo plazo, es decir, desarrollar negocios económicamente rentables, pero también beneficiosos para la sociedad y cuidadosos con el medio ambiente. Ello les permite construir confianza y trascender como organización, promoviendo un círculo virtuoso de desarrollo, donde gana la empresa y gana la sociedad.

Nuestra Política de Sostenibilidad define lineamientos claros y compromisos sobre los 7 temas más importantes para su gestión sostenible, de los cuales a partir de estos lineamientos, cada empresa y proyecto del Grupo desarrolla sus propios planes y objetivos, en función a las particularidades y los riesgos de sus negocios:

- a. Ética.
- b. Desarrollo de personas.
- c. Excelencia operacional.
- d. Seguridad.
- e. Medio ambiente.
- f. Comunicación.
- g. Compartir bienestar con la sociedad.

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

La empresa Graña y Montero tiene un buen prestigio, cuidado de su imagen y la forma en satisfacer a sus clientes, hace que todo su trabajo sea lo más impecable y que tenga la mejor de los rendimientos, es por ello que el tener un plan de mantenimiento es primordial, ya que al comienzo del proyecto se topaban con muchas averías, puesto que por la llegada de equipos continuamente, realizamos un programa más eficaz el cual reduzca en su totalidad las paradas mecánicas de la excavadora, además se tenía muchas razones para hacer un adecuado plan de mantenimiento, como las que citaremos a continuación:

- a. El tener listo un plan de mantenimiento basado en el análisis de aceite hará más efectiva la labor, con un rendimiento más alto, se evita el ocio y número de paradas mecánicas, evitando el retraso de la obra, y poder con el cumplimiento del tiempo dado, dejando más satisfecho al cliente.
- b. Tomar las decisiones adecuadas después de analizar el comportamiento de la excavadora en un lapso de tiempo y compararlos con los límites condenatorios, para elevar la disponibilidad de la maquinaria pesada utilizada en el proceso productivo.

- c. Se detecta con facilidad algunas fallas antes de que se puedan dar durante el proceso de labor, pudiendo intercambiar a tiempo el equipo por otro en buen estado, es decir, se puede evitar el retraso intercambiando durante el plazo que se tiene que dar un mantenimiento de algún equipo, sin perder tiempo.
- d. El aspecto financiero es muy rentable si se analiza desde el punto de vista, en que, si se espera que un equipo se llegase a deteriorar, y se tuviera que cambiarlo, esperando el tiempo de llegada, y hasta un retraso significativo en el proyecto.

El hecho de implementar hoy en día un buen plan de mantenimiento, es de hecho crucial en cualquier proyecto donde depende de maquinaria pesada, industrial o cualquier equipo que requiera de algún tipo de chequeo frecuentemente. Es por esto es resulta de suma importancia el de realizar con total seriedad y enfoque este proyecto el cual se enfoca en lo que en la actualidad, es un factor importante ya que no nos permite las paradas, que comúnmente ocurre en cualquier proyecto o trabajo o producción, esto permitirá llevar con más confiabilidad y efectividad mayor nuestro labor, rendimiento y eficacia. Conocer el procedimiento del plan de mantenimiento es importante ya que cuanto más se conoce de los procesos, se tomara decisiones acertadas contribuyendo a tener equipos confiables para poder cumplir con los estándares mediante la aplicación del plan de mantenimiento, monitoreo de condiciones y análisis de las diferentes fallas más frecuentes dándonos un panorama de las posibles fallas en los sistemas del equipo. La lista del mantenimiento de cada equipo se utilizó para proyectar fallas futuras gracias a las líneas de tendencia y los historiales obtenidos además de capacitar al personal de las posibles causas de las fallas beneficiándolos a su desarrollo profesional

aumentando la capacidad de solución en los equipos mejorando la disponibilidad de los equipos y por ende su producción.

## **5. Limitaciones de la investigación**

- a. Falta de bibliografía para obtener más información y poder amplificar conocimientos relacionados al tema
- b. Documentos y manuales del equipo que estaban escritos en otro idioma.
- c. Falta de tiempo para de personal encargado de los mantenimientos de equipos.
- d. Falta de capacitaciones para mantenimientos de la excavadora CAT 336.

## **6. Objetivos de la investigación**

### **6.1. Objetivo general**

Implementar un mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 codificada como 14-100 de GyM - Tacna basado en el análisis de aceite.

### **6.2. Objetivos secundarios**

- a. Describir la situación actual para determinar la disponibilidad de la máquina.
- b. Ejecutar las actividades para el mantenimiento basado en el análisis de aceite según el plan de mantenimiento existente.
- c. Determinar la disponibilidad del equipo luego de implementado el mantenimiento.
- d. Evaluar los costos basados en el análisis de aceite.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

### **1. Antecedentes de estudios**

- a. García Garrido Santiago (2003) con su libro nombrado “Organización y gestión integral de mantenimiento”. Este libro trata de explicar cómo aplicar diversas técnicas si usted está buscando mejorar su departamento de mantenimiento: como estudiar sus equipos, para distinguir los importantes de los que no lo son, como diseñar su plan de mantenimiento, como seleccionar el repuesto que debe permanecer en stock, como auditar sus sistema de mantenimiento para buscar puntos de mejora o como gestionar la información que se genera.
- b. Gamarra Villacorta Fernando (2009 – Lima, UNI) con su tesis “Mejora del sistema de mantenimiento de maquinaria en una empresa constructora”. Nos resume los conceptos de la administración del mantenimiento, conocer el nivel de productividad o la disponibilidad y el coeficiente de utilización, además de los índices de gestión, la frecuencia de los mantenimientos preventivos, sus ejecuciones, el tiempo de las reparaciones, el tiempo de parada, el tiempo de producción de los equipos, el nivel de aplicación debe estar en ciertos rangos que nos garanticen los menores costos de mantenimiento, estos conceptos que son tomados en cuenta al evaluar las condiciones en que son llevadas el plan de mantenimiento, índice de gestión e implementar las mejoras pertinentes.
- c. Quinde Rangel Ronald Leonardo (2010 – Guayaquil) Con su tesis “Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa constructora que se dedica a la elaboración de vías lastradas en la provincia del Guayas” se refiere al diseño del sistema de gestión de mantenimiento para una empresa constructora donde no se planifica el mantenimiento lo cual se ve reflejado en

su disponibilidad. El sistema de gestión se muestra desde dos partes: La Gestión Administrativa y Técnica que describe el desarrollo del mantenimiento; dónde y cómo se va a organizar, planificar, dirigir y controlar el mantenimiento. Está basada en el Mantenimiento Productivo Total (TPM), con los indicadores claves de mantenimiento, órdenes de trabajo y planes de mantenimiento. La Gestión de Talento Humano, presenta el diseño de la estrategia de las 5 Ss., Matriz de Habilidades, Plan de Capacitación para las actividades de operación y mantenimiento.

## **2. Desarrollo de la temática**

### **2.1. Implementación de un plan de mantenimiento**

Es un proyecto de un modelo sistemático en cual se debe, aplicar y diseñar de acuerdo a los recursos de la empresa, en el cual determinaremos los recursos necesarios para realizar una tarea, antes de que se inicie el trabajo, esto tiene q tener un rol controlado, teniendo en cuenta parámetros como las horas o el momento específico y el establecimiento de fases o etapas de los trabajos planeados junto con las órdenes para efectuar el trabajo, su monitoreo, control y el reporte de su avance.

#### **2.1.1. Tipos de mantenimiento**

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

##### **2.1.1.1. 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.



#### **2.1.1.2. 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.

#### **2.1.1.3. 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.

#### **2.1.1.4. 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.

#### **2.1.1.5. 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).

#### **2.1.2. Modelos de mantenimiento**

Cada uno de los modelos que se exponen a continuación incluye varios de los tipos anteriores de mantenimiento, en la proporción que se indica. Además, todos ellos incluyen dos actividades: inspecciones visuales y lubricación. Esto es así porque está demostrado que la realización de estas dos tareas en cualquier equipo es rentable. Incluso en el modelo más sencillo (Modelo Correctivo), en el que prácticamente abandonamos el equipo a su suerte y no nos ocupamos de él hasta que se produce una avería, es conveniente observarlo al menos una vez al mes, y lubricarlo con productos adecuados a sus características. Las inspecciones visuales prácticamente no cuestan dinero (estas inspecciones estarán incluidas en unas gamas en las que tendremos que observar otros equipos cercanos, por lo que no significará que

tengamos que destinar recursos expresamente para esa función). Esta inspección nos permitirá detectar averías de manera precoz, y su resolución generalmente será más barata cuanto antes detectemos el problema. La lubricación siempre es rentable. Aunque sí representa un coste (lubricante y la mano de obra de aplicarlo), en general es tan bajo que está sobradamente justificado, ya que una avería por una falta de lubricación implicará siempre un gasto mayor que la aplicación del lubricante correspondiente.

#### **2.1.2.1. Modelo Correctivo**

Este modelo es el más básico, e incluye, además de las inspecciones visuales y la lubricación mencionadas anteriormente, la reparación de averías que surjan. Es aplicable, como veremos, a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos.

#### **2.1.2.2. Modelo Condicional**

Incluye las actividades del modelo anterior, y además, la realización de una serie de pruebas o ensayos, que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, programaremos una intervención; si por el contrario, todo es correcto, no actuaremos sobre el equipo.

Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja.

### **2.1.2.3. Modelo Sistemático**

Este modelo incluye un conjunto de tareas que realizaremos sin importarnos cuál es la condición del equipo; realizaremos, además, algunas mediciones y pruebas para decidir si realizamos otras tareas de mayor envergadura; y por último, resolveremos las averías que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunos trastornos. Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja. Es la principal diferencia con los dos modelos anteriores, en los que para realizar una tarea debe presentarse algún síntoma de fallo.

Un ejemplo de equipo sujeto a este modelo de mantenimiento es un reactor discontinuo, en el que las materias que deben reaccionar se introducen de una sola vez, tiene lugar la reacción, y posteriormente se extrae el producto de la reacción, antes de realizar una nueva carga. Independientemente de que este reactor esté duplicado o no, cuando está en operación debe ser fiable, por lo que se justifica realizar una serie de tareas con independencia de que hayan presentado algún síntoma de fallo.

#### **2.1.2.4. Modelo de Mantenimiento de Alta Disponibilidad**

Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es en general el alto coste en producción que tiene una avería. Con una exigencia tan alta, no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene porqué ser exactamente iguales año tras año.

Como quiera que en este modelo no se incluye el mantenimiento correctivo, es decir, el objetivo que se busca en este equipo es CERO AVERÍAS, en general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que ocurren, siendo conveniente en muchos casos realizar reparaciones rápidas provisionales que permitan mantener el equipo en marcha hasta

la próxima revisión general. Por tanto, la Puesta a Cero anual debe incluir la resolución de todas aquellas reparaciones provisionales que hayan tenido que efectuarse a lo largo del año.

### **2.1.3. Parámetros de mantenimiento**

#### **2.1.3.1. Efectividad del sistema**

La probabilidad que un sistema opere a toda capacidad durante un periodo de tiempo determinado.

#### **2.1.3.2. Disponibilidad de equipos**

La probabilidad que un sistema, subsistema o equipo esté disponible para su uso durante un tiempo calendario dado.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\text{tiempo disponible}}{\text{Tiempo calendario}} \times 100$$

#### **2.1.3.3. Equipo de reserva**

Equipos instalados en la línea, o en la planta como alternos para ser utilizados cuando el equipo principal no esté disponible

#### **2.1.3.4. Confiabilidad de equipos.**

Es la probabilidad que un equipo no falle mientras está operando, durante un tiempo determinado.

#### **2.1.3.5. Mantenibilidad de equipos**

Es la probabilidad que un equipo pueda ser reparado en un tiempo determinado, cuando las actividades de mantenimiento son ejecutadas de acuerdo a procedimientos pre-establecidos. Su mejoramiento depende de:

- a. Equipos
- b. Modularidad Estandarización
- c. Métodos de ubicación de fallas

- d. Equipos de prueba
- e. Accesibilidad
- f. Disponibilidad de repuestos
- g. Destreza y cantidad de mantenedores
- h. Herramientas de trabajo
- i. Equipos del levantamiento y materiales
- j. Ambiente y espacio de trabajo
- k. Procedimientos de control de trabajo

## **2.2. Plan anual de mantenimiento**

Es elaborado por el Jefe/Responsable de Equipos de Proyecto, se deben incluir los equipos propios y de terceros, equipos mayores y menores, para este último caso se determina la frecuencia del mantenimiento, considerando lo recomendado por el fabricante en el Manual/Instructivo de operación y mantenimiento de cada equipo y utilizando la información proveniente de los mantenimientos correctivos realizados al equipo hasta la fecha.

Los Jefes/Responsables de Equipos de Proyecto deben tener especial consideración por los equipos críticos.

En el caso de equipos propios, de preferencia el mantenimiento estará a cargo del representante de la marca en la localidad del proyecto, en caso esto no sea posible, el Jefe/Responsable de Equipos de Proyecto analizará la conveniencia de realizarlo con personal competente del área de Equipos y en caso contrario se optará por subcontratar el servicio.

En el caso de equipos alquilados, el mantenimiento preventivo y correctivo se realizarán también de acuerdo al presente procedimiento y deberá ser realizado por el dueño del equipo, quien deberá hacer uso de los registros

definidos en este procedimiento; el proveedor deberá presentar o informar la frecuencia de los mantenimientos correspondientes al equipo antes de que éste inicie operación, esta información deberá ser trasladada por el Jefe/Responsable de Equipos de Proyecto al Programa Anual de Mantenimiento de Equipos.

El Jefe/Responsable de Equipos de Proyecto actualiza el Programa Anual de Mantenimiento de Equipos con la información proveniente de los mantenimientos ejecutados y lo cuelga en el Portal del Conocimiento. La fecha de entrega será dentro de los 10 primeros días de cada mes.

En caso el documento referido sea actualizado deberá indicarse de la siguiente forma:

- a. Los equipos adicionados deberán estar resaltados en el documento con color verde.
- b. Los equipos que ya no se encuentren en el proyecto, sea porque se dieron de baja o se trasladaron a otro proyecto (detallar en observaciones), deberán estar resaltados en color rojo, en ningún caso las líneas correspondientes serán eliminadas

El Jefe/Responsable de Equipos de Proyecto revisa la información enviada de cada proyecto y verifica que los mantenimientos que se programaron hayan sido ejecutados de acuerdo a lo establecido.

El plan de mantenimiento de los equipos debe elaborarse a partir de la selección de la mejor combinación de las políticas enumeradas para cada elemento, coordinadas y/o programadas para conseguir el uso óptimo de los recursos y el tiempo. Idealmente, las acciones preventivas y correctivas para cada equipo y/o maquinaria deberían estar especificadas con cierto detalle por



los fabricantes. Esto raramente se da en los equipos de difícil sustitución en los que el mantenimiento es caro y probabilística.

La gran cantidad de factores que influyen en la selección de la política de mantenimiento hacen que sea necesario un procedimiento sistemático para determinar el mejor programa de mantenimiento para cada periodo de tiempo.

Las etapas de este procedimiento se explican a continuación:

- a. Clasificación e Identificación de los Equipos
- b. Recogida de Información
- c. Inventario de los equipos
- d. Codificación de los Equipos
- e. Orden de Trabajo (OT)
- f. Solicitud de Materiales
- g. Bitácora de Mantenimiento
- h. Control de los neumáticos
- i. Control de Combustible
- j. Historial del Mantenimiento
- k. Históricos de Averías del Equipo
- l. Selección de la política
- m. Equipos Críticos

Además los el plan anual de mantenimiento debe de contener algunos formatos en caso de algún inconveniente:

Mantenimiento de equipos

- a. Mantenimiento de equipos. (ANEXO 01)
- b. Equipo en mantenimiento. (ANEXO 02)
- c. Equipo fuera de servicio. (ANEXO 03)

- d. Equipos de protección para mantenimiento de servicio. (ANEXO 04)
- e. Lista de verificación de equipos y vehículos (Check List). (ANEXO 05)

### **2.3. Análisis de aceite:**

El aceite reduce el contacto de metal contra metal, la fricción y el desgaste. Además refrigera, obtura y amortigua ruidos y transfiere la potencia.

El informe del laboratorio final es el eje sobre el que cualquier programa de análisis de aceite gira. Sin un sólido conocimiento de los principios básicos de la lectura y comprensión del informe de análisis, el lector es probable que crezca rápidamente frustrado por tratar de dar sentido a los datos de las pruebas aparentemente ininteligibles. Sin embargo, con sólo unas pocas reglas básicas y un poco de comprensión, se puede lograr la interpretación de un informe de análisis de aceite. (ANEXO 19)



*Ilustración 1: muestra de aceite*

### 2.3.1. Conceptos generales:

*Tabla 2: Conceptos de análisis de aceite I*

|                      |                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Abrasión</b>      | Desgaste general de una superficie por roce constante debido a la presencia de material extraño, partículas metálicas, o suciedad en el lubricante. Puede también causar rotura del elemento.                                     |
| <b>Antiespumante</b> | Aditivos para reducir la formación de espuma en productos de petróleo: aceite de silicio para romper burbujas superficiales grandes, y polímeros que disminuyen la cantidad de burbujas pequeñas.                                 |
| <b>Antioxidantes</b> | Elementos que prolongan la vida útil de un aceite base en presencia de condiciones oxidativas y metales catalizadores, a elevadas temperaturas.                                                                                   |
| <b>Babbitt</b>       | Un metal antifricción, suave, blanco no ferroso, para cojinetes lisos. Generalmente consiste de una aleación de cobre, antimonio, estaño y plomo.                                                                                 |
| <b>Corrosión</b>     | Pérdida de un metal debido a una reacción química entre este y su medio ambiente. Es un proceso de transformación en el cual el metal pasa de su forma elemental a una forma combinada (compuesta).                               |
| <b>Desgaste</b>      | El agotamiento o el desprendimiento de la superficie de un material como resultado de la acción mecánica.                                                                                                                         |
| <b>Detergente</b>    | Es un aditivo o un lubricante compuesto que tiene la característica de mantener las materias insolubles en suspensión previniendo así la formación de depósitos. Un detergente puede también dispersar los depósitos ya formados. |
| <b>Emulsión</b>      | Mezcla íntima del aceite y del agua, generalmente de un aspecto lechoso o turbio.                                                                                                                                                 |
| <b>Espuma</b>        | Aglomeración de burbujas de aire separadas una de otra por una película fina de un líquido.                                                                                                                                       |

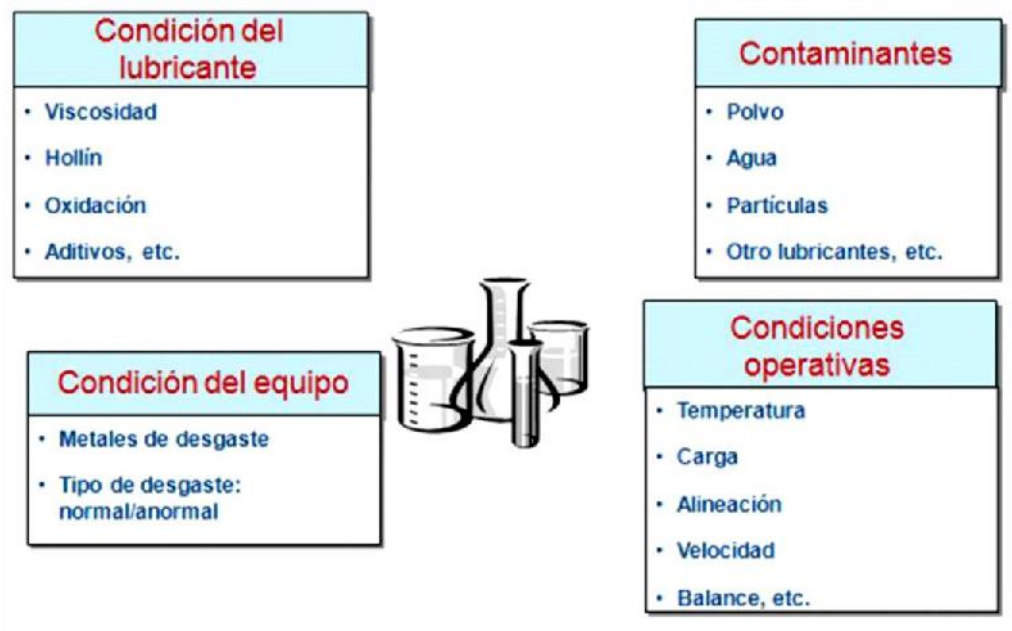
*Tabla 3: conceptos de análisis de aceite II*

|                                |                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ferrografía</b>             | Un método analítico de determinar el estado de la máquina cuantificando y examinando partículas ferrosas del desgaste suspendidas en el lubricante o el líquido hidráulico.                                 |
| <b>Fricción</b>                | Fuerza que resiste el movimiento entre dos cuerpos, bajo la acción de una fuerza externa en la cual un cuerpo tiende a moverse sobre la superficie del otro.                                                |
| <b>Grafito</b>                 | Forma cristalina de carbón que tiene una estructura laminar, que se utiliza como lubricante. De origen natural o sintético.                                                                                 |
| <b>Índice de la viscosidad</b> | Medida del cambio de la viscosidad de un líquido con temperatura. A mayor índice de la viscosidad, más pequeño es el cambio relativo de viscosidad con el cambio de temperatura.                            |
| <b>Inhibidor</b>               | Cualquier sustancia que retarde o prevenga las reacciones químicas tales como la corrosión o la oxidación.                                                                                                  |
| <b>Laca</b>                    | Depósito resultante de la oxidación y polimerización de combustibles y/o de lubricantes cuando están expuestos a altas temperaturas.                                                                        |
| <b>Lodo</b>                    | Material insoluble que se forma como resultado de reacciones que producen deterioro en el aceite o por contaminación.                                                                                       |
| <b>Molibdeno</b>               | Disulfuro de molibdeno, un lubricante sólido y reductor de la fricción, coloidalmente dispersado en algunos aceites y grasas. Moly.                                                                         |
| <b>Oxidación</b>               | Efecto del oxígeno al atacar a los líquidos del petróleo. El proceso es acelerado por el calor, la luz, los catalizadores del metal y la presencia del agua, de los ácidos, o de los contaminantes sólidos. |
| <b>Viscosidad</b>              | Medida de la resistencia de un líquido al flujo.                                                                                                                                                            |
| <b>ZDDP</b>                    | Un Aditivo anti-desgaste encontrado en muchos tipos de Lubricantes.                                                                                                                                         |

### 2.3.2. Categorías del análisis de aceite:

Para evitar fallas en los equipos, generalmente es necesario efectuar las pruebas del análisis de aceite de las tres categorías, sin embargo para ciertos casos algunas pruebas son válidas para dos o más categorías asegurando la evidencia de alguna condición anormal.

- a. Condición del lubricante
- b. Contaminante del lubricante
- c. Desgaste de la maquinaria



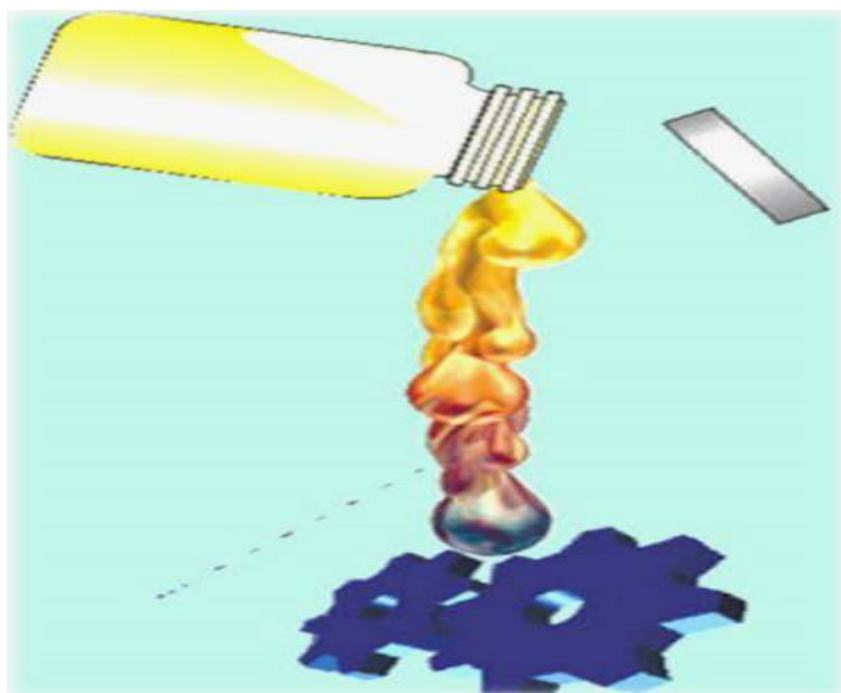
*Ilustración 2: categorías de análisis de aceite*

### 2.3.3. Condición del lubricante:

*Tabla 4: pruebas para categorías de aceite*

| Pruebas                          | Condición del Lubricante | Contaminación del Lubricante | Desgaste de la Maquinaria |
|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Análisis de humedad              | N                        | I                            | N                         |
| Conteo de partículas             | N                        | I                            | M                         |
| Análisis de Viscosidad           | I                        | M                            | N                         |
| Análisis Espectrométrico         | I                        | M                            | I                         |
| Ferrografía analítica            | N                        | M                            | I                         |
| Densidad ferrosa (PQ)            | N                        | M                            | I                         |
| FTIR (Espectroscopía Infrarroja) | I                        | M                            | N                         |
| Prueba de la mancha              | M                        | I                            | N                         |
| Punto de inflamación             | M                        | I                            | N                         |
| TAN / TBN                        | I                        | M                            | M                         |

La tabla muestra las diferentes pruebas realizadas para cada una de las tres categorías del Análisis de Aceite, indicando además que tipo de beneficio aporta en la determinación de las categorías mencionadas, ya sea un beneficio importante (I), mínimo (M) o ningún beneficio (N)



*Ilustración 3: prueba de aceite*

#### 2.3.4. Viscosidad medida a 40°C y 100°C:

Es la resistencia del aceite al fluir y al corte por gravedad.

- a. Alta: Producto incorrecto, oxidación del aceite, contaminación con hollín, contaminación con glicol, contaminación con agua.
- b. Baja: Producto incorrecto, dilución con combustible, corte de aditivos.

Las unidades de medición más comunes son: Centistokes (cSt), cuando la temperatura está dada en °C (Grados Celsius o Grados Centígrados).

Second Saybolt Universal (SSU), cuando la temperatura está dada (Grados Fahrenheit).

Ejemplo: Viscosidad del aceite CAT CI-4 SAE 15W40: A 40°C: 103 cSt - A 100°C: 14.2 cSt

*Tabla 5: viscosidades de aceites de diferentes compartimientos*

| <i>COMPARTIMIENTO</i>  | <i>ESPECIFICACION API</i> | <i>GRADO VISC. SAE</i> | <i>VISCOSIDAD (100°C)</i> |
|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| HIDRAULICO             | TO-4                      | 10W                    | 6.0 cSt                   |
| MOTOR                  | CI-4                      | 15W40                  | 14.1 cSt                  |
| TRANSMISION            | TO-4                      | 30                     | 11.6 cSt                  |
| M. FINALES / DIFERENC. | TO-4                      | 50                     | 18.5 cSt                  |
| ENGRANAJES             | GL-5                      | 80W90                  | 14.6 cSt                  |

#### 2.3.5. Análisis de la condición del aceite

- a. Se determina mediante un Espectrofotómetro Infrarrojo.
- b. Esta prueba también se conoce como FT-IR identifica y cuantifica componentes orgánicos al medir la absorción de luz infrarroja de cada componente orgánico.
- c. Se aplica generalmente al motor.
- d. Mide la cantidad de Hollín, Oxidación, Nitración y Azufre.

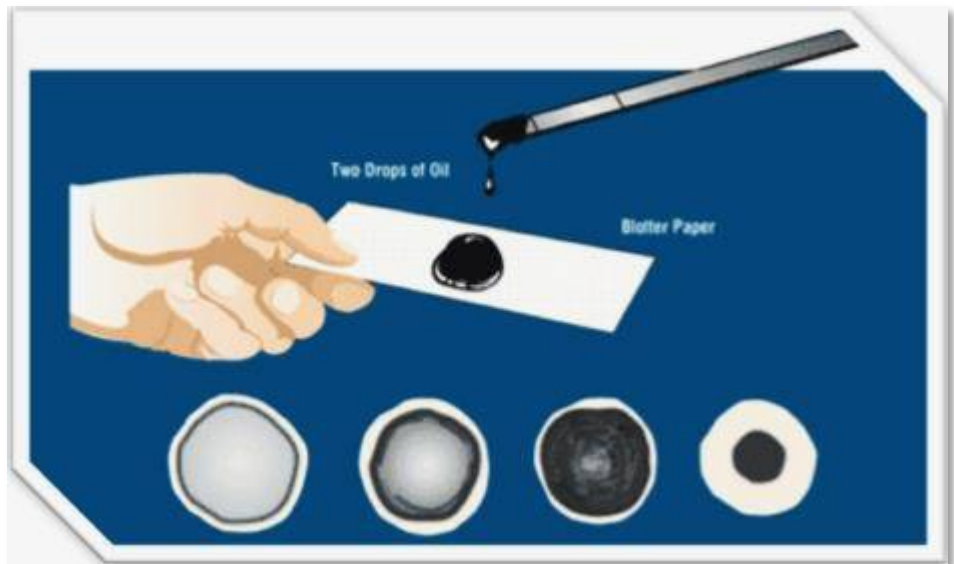
#### **2.3.5.1. HOLLIN (Soot)**

El Hollín solo se encuentra en el aceite del motor. Es residuo insoluble parcialmente quemado que puede obstruir los filtros y espesar el aceite así como adherirse a los anillos. Máximo permitido entre 70 y 150 ppm. Las condiciones que pueden acumular Hollín son las siguientes:

- a. Filtro de aire sucio o taponeado. Sistema de aire y escape tapado.
- b. Sobrecarga del motor.
- c. Marcha en vacío excesiva.
- d. Temperaturas frías del motor.
- e. Combustible de baja calidad
- f. Aceleración excesiva / rápida.
- g. Paso de gases de los pistones al carter.
- h. Operación deficiente del inyector de combustible.

Niveles de hollín (soot) son normales en el rango de 0 a 2%, sobre esto son anti-económicos por el alto consumo de combustible y poco aprovechamiento para la conversión del mismo a potencia. El Hollín es uno de los principales enemigos para el motor.





*Ilustración 4: Nivel de Hollin*

#### **2.3.5.2. Oxidación:**

La oxidación del aceite de lubricación es usualmente el factor que limita su vida útil.

Los metales de desgaste y los contaminantes pueden filtrarse y el agua puede removerse por varios métodos, pero la oxidación no puede ser removida del aceite ya que es un cambio químico que le sucede a la base.

Este proceso ocurre cuando las moléculas de oxígeno se unen químicamente con las moléculas de aceite (motor, transmisión hidráulico).

La oxidación hace que el aceite se espese, se formen ácidos orgánicos y obstruyan los filtros conduciendo al atascamiento de los anillos, formación de incrustaciones y barnizado. Esta reacción química se debe a:

- a. Los agente de oxidación de los gases de combustión en los motores diésel.



- b. Altas temperaturas.
- c. Presencia de cobre de los tubos del enfriador del aceite.
- d. Contaminación glicol debido al refrigerante del motor.
- e. Intervalos prolongados de aceite.

Cambios que suceden por la oxidación:

- a. Indicadores Analíticos: Disminución AN, Aumento en conteo de partículas, FTIR (disminución de antioxidantes, aumento de la oxidación, sulfatación y/o nitración).
- b. Indicadores Sensoriales: Oscurecimiento del aceite, olor acre, operación caliente.

Ha sido observado que mientras el nivel de oxidación de cualquier aceite diésel se acerca a 15 ABS/cm (50 % admisible) la tasa de desgaste que la generación de metal (particularmente el hierro) aumenta.

La oxidación no debería estar permitida para sobrepasar la temperatura 30 ABS/cm (100 % admisible).

La oxidación de aceite ocurre en todos los motores de diesel, así como también los motores naturales gas, las transmisiones y los sistemas hidráulicos.

#### **2.3.5.3. Sulfatación:**

El azufre está presente en todos los combustibles y es peligroso para todas las piezas y componentes del motor.

Durante la combustión, el azufre del combustible se combina con el agua proveniente de la humedad del sistema, formando sulfuros y ácidos sulfúricos, estos corroen todas las piezas del motor pero es más peligroso para las válvulas, guías, anillos y camisas.

El control de los ácidos pueden ser afectados por: Alto blowby: Combustibles con alto contenido de azufre, humedad, temperatura de ambiente, temperaturas de combustión.

Los aditivos del aceite contienen compuestos alcalinos formulados para neutralizar estos ácidos.

El TBN es una cantidad expresada en términos del número que se requiere para neutralizar todos los ácidos presentes en un gramo muestra.

Ha sido observado que mientras un aceite se acerca a un nivel de sulfatación de 24 ABS/cm, hay un incremento significativo correspondiente en metales de desgaste, especialmente hierro.

#### **2.3.5.4. Nitración**

Es un subproducto de combustión, ocurre cuando el nitrógeno y el oxígeno en el aire se combinan en las altas temperaturas y las presiones en la cámara de combustión de un motor, formando óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) formando ácidos salitales y nítricos. Como el aceite es tirado encima de las murallas cilíndricas y luego limpiado por los anillos, los compuestos  $\text{NO}_2$  son lavados en el cárter. Estos ácidos reaccionan con el TBN del aceite, oxidando el aceite y sus aditivos

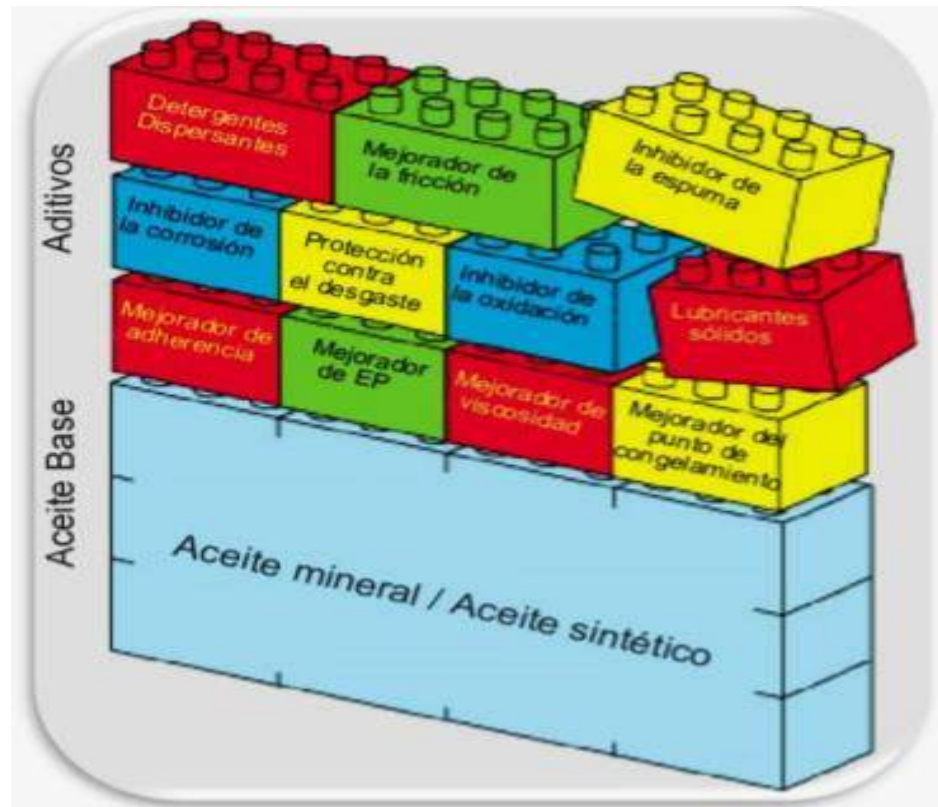
oxidando el aceite y sus aditivos. Si no se controla puede llevar a la obstrucción del filtro, que se formen depósitos pesados en los pistones, desgaste corrosivo y que se formen barnizados en las válvulas y pistones.

Es causada por la operación en temperatura baja causada por sistemas de enfriamiento defectuosos o las condiciones ligeras de sistemas de enfriamiento defectuosos o las condiciones ligeras de carga. Los valores no deben exceder los 20  $\mu\text{m}/\text{cm}$ .

#### **2.3.6. Aditivos**

La base de un lubricante por sí sola no ofrece toda la protección que necesita un motor o componente industrial, por lo que en la fabricación del lubricante se añade un compuesto determinado de aditivos atendiendo a las necesidades del fabricante del motor (Homologación o Nivel autorizado) o al uso al que va a ser destinado el lubricante en cuestión. Los aditivos usados en el lubricante son:

Antioxidantes, antidesgaste (AW), extrema presión (EP), antiespumantes, antiherrumbre, detergentes, dispersantes, espesantes.



*Ilustración 5: aditivos con aceite lubricante*

#### **2.3.6.1. Aditivos antidesgaste**

Sirven para proteger las superficies metálicas, usualmente producido por sales de zinc, fósforo y azufre, forman películas dúctiles a altas temperaturas. Los aditivos más comunes son: Dialquil ditiofosfato de zinc (ZDDP), tricresilfosfato (TCP).

#### **2.3.6.2. Aditivos Extrema Presión**

Aditivos químicamente agresivos a base de azufre y fósforo que forman una película adherente a altas cargas. Presenta suspensiones microscópicas de lubricantes sólidos en el aceite básico, estos forman películas protectoras resistentes al desgaste. Los aditivos más comunes son: Azufre fósforo y Boratos. Azufre fósforo y Boratos.

#### **2.3.6.3. Aditivos Dispersantes**

Maximizan el tiempo de suspensión de las partículas. Son usados para dispersar lodos y partículas de hollín, con el propósito de prevenir la aglomeración, sedimentación y depósitos. El aditivo envuelve las partículas y las mantiene finamente divididos. Los aditivos más comunes son: succinimidas y otros componentes orgánicos.

#### **2.3.6.4. Aditivos detergentes**

Actúan contra los depósitos y la corrosión, los detergentes trabajan en la zona de los cilindros, pistones y válvulas, especialmente en los anillos. Los detergentes son también compuestos básicos utilizados para neutralizar ácidos peligrosos generados por la combustión. Los aditivos más comunes son: Jabones organo-metálicos de bario, calcio y magnesio.

#### **2.3.6.5. Aditivos Antioxidantes**

Forman una película para prevenir que el agua haga contacto con las superficies de metal, ésta puede ser introducida a los lubricantes por la condensación o por ser introducida a los lubricantes por la condensación o por filtraciones pudiendo asentarse a superficies de metal y comenzar desarrollar óxido. Estos pueden ser esterres, éteres, derivados de ácidos difásicos. Si ocurre una entrada alta de agua, estos aditivos pueden ser usados rápidamente y puede ocurrir una disminución de aditivos.

Los aditivos de oxidación y corrosión trabajan juntos para proteger metales y mantener una buena calidad del aceite. Cuando el aceite se oxida, agota otros aditivos y contribuye a formar sedimentos y barnices. El óxido también oscurece el color del aceite. Por lo tanto, mientras ocurra la oxidación la viscosidad, oscurecimiento y la corrosión aumentan mientras el flujo disminuye.

#### **2.3.6.6. Aditivos Inhibidores de Corrosión**

Protegen los cojinetes a base de cobre, estaño y plomo, neutralizando los ácidos y sellando las superficies del contacto con el agua y ácidos corrosivos. Los inhibidores de corrosión más conocidos son: Calcio, magnesio y bario.

#### **2.3.6.7. Aditivos Inhibidores de Herrumbre**

Forman una película adherente a las superficies de acero y hierro, ésta película repele al agua, lo que inhibe la formación de herrumbres. Los inhibidores de herrumbre comunes son: En motores (Sulfonatos) y en sistemas hidráulicos (Derivados de ácido fosfórico).

Tabla 6: Familia de elementos por tipo de aditivos

|                                 | Zinc | Fósforo | Calcio | Magnesio | Bario | Boro | Azufre | Molibdeno | Silicio | Notas    |
|---------------------------------|------|---------|--------|----------|-------|------|--------|-----------|---------|----------|
| <b>Antioxidantes</b>            |      |         |        |          |       |      |        |           |         |          |
| ZDDP                            | •    | •       |        |          |       |      | •      |           |         |          |
| Fenol                           |      |         |        |          |       |      |        |           |         | Orgánico |
| Amina aromática                 |      |         |        |          |       |      |        |           |         | Orgánico |
| <b>Agentes antidesgaste</b>     |      |         |        |          |       |      |        |           |         |          |
| ZDDP                            | •    | •       |        |          |       |      | •      |           |         |          |
| Tricresil fosfato (TCP)         |      | •       |        |          |       |      | •      |           |         |          |
| <b>EP</b>                       |      |         |        |          |       |      |        |           |         |          |
| Azufre fósforo                  |      | •       |        |          |       |      | •      |           |         |          |
| Disulfuro de molibdeno          |      |         |        |          |       |      |        | •         |         |          |
| Borato                          |      |         |        |          |       | •    |        |           |         |          |
| <b>Inhibidores de corrosión</b> |      | •       |        |          |       |      | •      |           |         |          |
| <b>Detergentes</b>              |      |         | •      | •        | •     |      |        |           |         |          |
| <b>Dispersantes</b>             |      |         |        |          |       |      |        |           |         | Orgánico |
| <b>Inhibidores de espuma</b>    |      |         |        |          |       |      |        |           | •       |          |
| <b>Mejoradores de IV</b>        |      |         |        |          |       |      |        |           |         | Orgánico |

En la tabla anterior se muestra los elementos químicos que están presentes en los tipos de aditivos que se encuentran en la columna de la parte izquierda de la tabla.

### 2.3.7. Índice PQ

El PQ es un equipo para determinar cuantitativamente el nivel de partículas ferromagnéticas en muestras de aceites usados.

Estas partículas ferrosas pueden provenir del acero, hierro o alguna aleación ferrosa que son mayores que 10 micras.

Una medida del PQ es una herramienta en los programas de análisis de aceite usado ya que puede identificar partículas ferrosas grandes no detectadas por otras técnicas analíticas.

El resultado es mostrado como un "Índice PQ". Este índice es una medida adimensional que puede relacionarse con los valores ISO del CP y/o con las ppm obtenidas por el equipo ICP Plasma.

Cabe resaltar que este tipo de análisis apunta especialmente a determinar el nivel de desgaste interno de todos los componentes permitiéndonos mayor precisión en el diagnóstico predictivo.

### 2.3.8. Contaminación



*Ilustración 6: diversas formas de contaminación del aceite lubricante*

#### 2.3.8.1. Productos incorrectos

Todo producto inadecuado que puede ser perjudicial para la maquinaria.



*Ilustración 7: productos incorrectos*



Los productos no adecuados o incorrectos suelen producir cambios en:

- a. Indicadores analíticos  
Viscosidad, aditivos, patrones de desgaste, AN y BN.
- b. Indicadores sensoriales  
Nivel de aceite, temperatura, ruido.

#### **2.3.8.2. Contaminación con agua**

La presencia y cantidad aproximada de agua se detecta por la "Prueba de Chisporroteo".

Método Karl Fisher.

En un plato caliente (Hot Plate) a una temperatura entre 230 °F y 250°F. Se coloca una gota de aceite. La cantidad de chisporroteo indica la cantidad de agua presente (0.1%, 0.5%, 1.0 % y +1.0%).

Cualquier cantidad de agua mayor a 0.5% es excesiva.

El agua con el aceite crea una emulsión que obstruye el filtro.

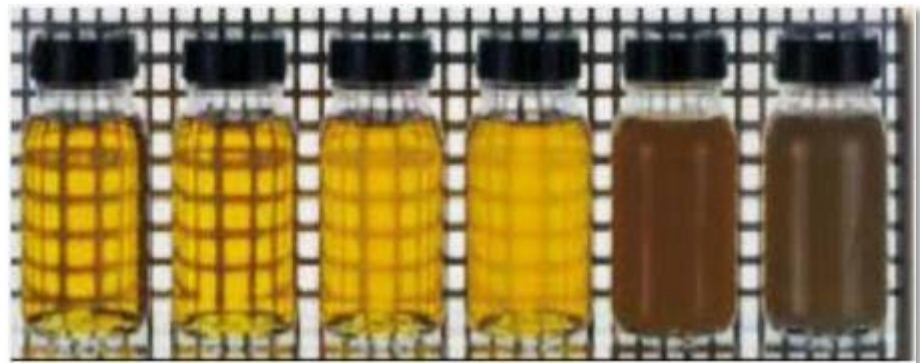
El agua y el aceite forman un ácido peligroso que corroe el metal.

La contaminación con agua puede deberse a los siguientes

factores: Condensación en el cárter, y fugas en el sistema de enfriamiento que permiten que el agua entre desde el exterior al sistema lubricante del motor.

El agua está presente siempre en el ambiente. Coexiste con el aceite de la misma manera que coexiste con el aire en la atmósfera. En pequeñas cantidades, está en fase disuelta, es decir intercalada molécula a molécula. El agua no se nota a

simple vista y el aceite puede lucir brillante y limpio. Cuando se sobrepasa el punto de saturación, entramos a la fase de emulsión, el agua se muestra como una niebla, tal como la humedad en el aire en un día frío. A mayores cantidades de agua, y dependiendo de las características demulsificantes del aceite, agua libre, o “separada” se deposita al fondo del reservorio, gracias a su mayor peso específico.



*Ilustración 8: contaminación con agua*

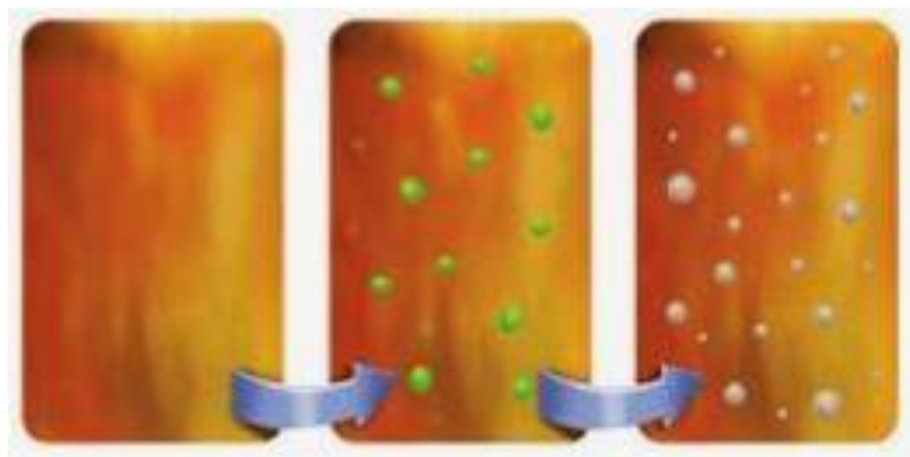
#### **2.3.8.3. Contaminación con glicol**

La presencia de anticongelante se determina mediante una prueba química (añadir un reactivo químico a la muestra de aceite), si hay presencia de glicol, se producirá un cambio de color.

El glicol causa oxidación rápida del aceite.

El aceite oxidado se pone pegajoso y forma sedimentos.

La presencia de glicol en el aceite indica una fuga en el sistema de enfriamiento.



*Ilustración 9: contaminación con partículas de glicol*

El glicol entra en el aceite del motor diésel a consecuencia de sellos defectuosos, daño en las juntas, grietas en el cilindro, daño por corrosión y cavitación. Algunos de los riesgos asociados con la contaminación con glicol son:

**a. Indicadores sensoriales**

Coagula el hollín y genera lodos, depósitos, restricción del flujo de aceite y obstrucción del filtro. El glicol reacciona con aditivos del aceite causando precipitación. Bolas de aceite (contaminantes esféricos abrasivos) se forman por la reacción de aditivos detergentes con sulfonato de calcio (encontrado en casi todos los aceites de motor) y glicol.

**b. Indicadores analíticos**

Aumento de viscosidad, cobre (Cu), metales de desgaste: Na, B, y/o K, FTIR: Glicol, prueba de crepitación, caída de BN, prueba de la mancha.

|              |               |               |
|--------------|---------------|---------------|
| Razón Típica | $\frac{5}{1}$ | Sodio<br>Boro |
|--------------|---------------|---------------|

*Ilustración 10: razón entre cantidad de sodio y boro*

El agua y glicol son causados como consecuencia baja temperatura de operación, daños en sellos, contaminación del aceite nuevo (mal almacenado), fuga del refrigerante, condensación, técnicas de lavado.

El agua y glicol traen como consecuencia la falla del motor, incremento de la viscosidad, corrosión (herrumbre), sobrecalentamiento, formación de ácidos, y reduce la capacidad del lubricante.

#### **2.3.8.4. Contaminación con combustible**

Se comprueba por la "Prueba de Destello".

Es el llamado Método Setaflash el cual consiste en poner en un setaflash calibrado a una temperatura de 325°F se inyecta 4 ml de aceite de motor en un recipiente cerrado del setaflash y se cocina 2 minutos.

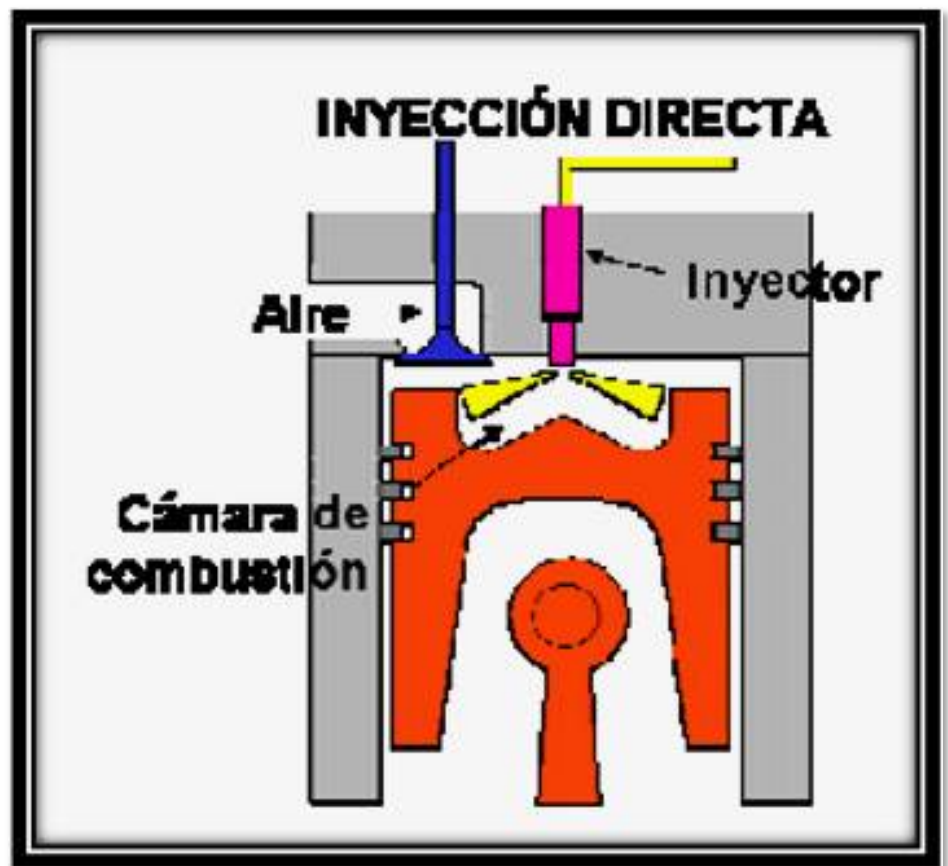
Los vapores de combustible producirán destellos, si la dilución es igual o mayor que el 4.0%.

La contaminación con combustible disminuye las propiedades lubricante del aceite. La película de aceite pierde la firmeza

necesaria para impedir el contacto de metal contra metal y puede llevar al deterioro de los cojinetes y agarrotamiento del pistón.

La dilución de combustible es producto de falla del sistema de combustible: inyectores, bombas o tuberías.

Combustible, se introduce al aceite mediante el soplado (blow by), debido a fallos en los inyectores, en la combustión o por el motor frío. Afectará a la viscosidad del lubricante, haciendo que disminuya su viscosidad y por tanto la capacidad de carga del mismo.



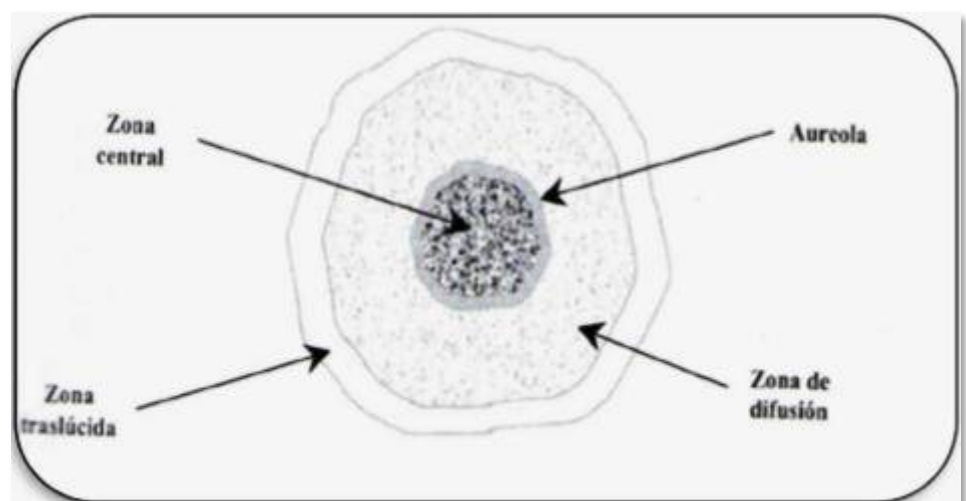
*Ilustración 11: inyección directa*

Normalmente, los programas de análisis de aceite usado proporcionan entre el 2% y el 5% de dilución con combustible diésel, dependiendo del tipo de aceite utilizado.

Se utilizan análisis de punto de inflamación, viscosidad, destilación y cromatografía de gases. Un análisis de campo que puede realizarse es el de la mancha.

#### **2.3.8.5. Prueba de la mancha**

La zona central (C): Que caracteriza, por su color más o menos oscuro (Valores a partir del 0.9 son alertas), pero uniforme, la cantidad de materia carbonosa contenida en el aceite. La aureola (A): Que indica con su mayor o menor grosor y coloración, el contenido de partículas gruesas carbonosas o de contaminantes. La zona intermedia o de difusión (D): Que es característica de la dispersión del carbón en el aceite y por tanto de su poder de detergencia. La zona exterior (T): Desprovista de materias carbonosas y que da idea del grado de oxidación del aceite, normalmente debe ser traslúcida y sin coloración alguna.



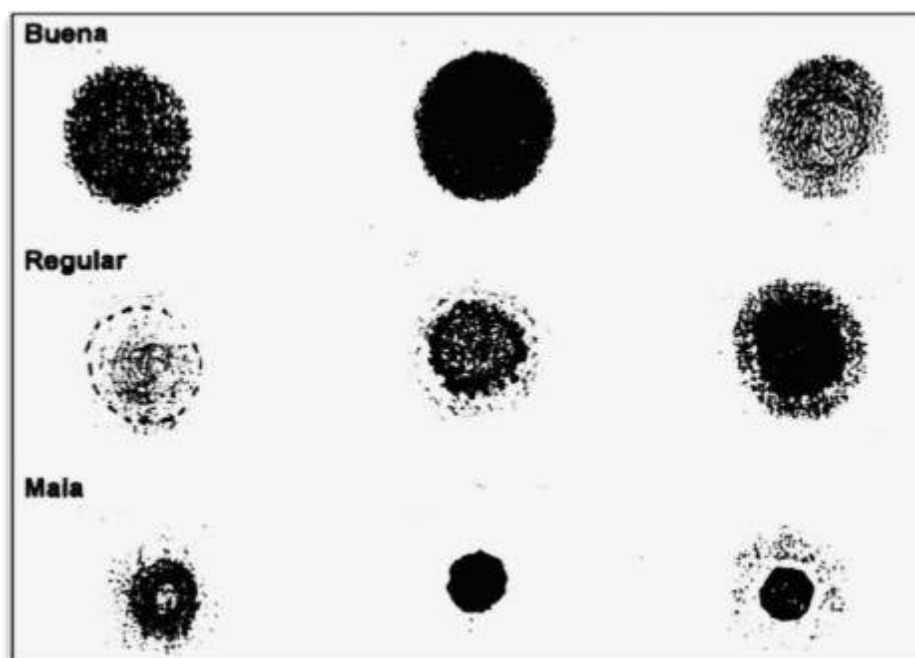
*Ilustración 12: mancha detectada*

En la imagen se muestra una mancha detectada con sus partes de menos coloración hasta la zona más oscura.

*Tabla 7: prueba de la mancha*

| Código | Hollín |                              | Combustible |                                 | Refrigerante |                                                      |
|--------|--------|------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------|------------------------------------------------------|
| 1      | C      | Ninguno                      | C           | Ninguno                         | C            | Ninguno                                              |
|        | A      | Ninguno                      | A           | Ninguno                         | A            | Ninguno                                              |
|        | D      | Grande, gris, translúcido    | D           | Grande, negro/gris, translúcido | D            | Grande, negro/gris, translúcido                      |
|        | T      | Pequeño                      | T           | Sin fluorescencia*              | T            | Pequeño                                              |
| 2      | C      | Mediano, negro, opaco        | C           | Mediano, negro, opaco           | C            | Mediano, negro, parduzco opaco                       |
|        | A      | Ninguno                      | A           | Círculo bien definido           | A            | Posibles círculos exteriores                         |
|        | D      | Pequeño, gris a negro, opaco | D           | Mediano, gris a negro, opaco    | D            | Ninguno                                              |
|        | T      | Mediano                      | T           | Pequeño, círculo fluorescente*  | T            | Mediano                                              |
| 3      | C      | Pequeño, negro, opaco        | C           | Grande, negro, opaco            | C            | Pequeño, negro, pastoso, pegajoso                    |
|        | A      | Ninguno                      | A           | Círculo bien definido           | A            | Círculos exteriores bien definidos (Bordes afilados) |
|        | D      | Ninguno                      | D           | Ninguno                         | D            | Ninguno                                              |
|        | T      | Grande                       | T           | Círculo grande fluorescente*    | T            | Grande                                               |

En la tabla se muestra el tipo de mancha que se presenta con la respectiva contaminación que se presenta.



*Ilustración 13: calidad de la mancha*

### **2.3.9. Partes por millón**

Es una unidad de concentración empleada para valorar la presencia de elementos en pequeñas cantidades en una mezcla.

Supongamos que tenemos un cubo homogéneo de un metro de arista, cuyo volumen es un metro cúbico ( $m^3$ ). Si lo dividimos en “cubitos” de un centímetro de lado, obtendríamos un millón de “cubitos” de un centímetro cúbico ( $cm^3$  o cc). Si tomamos uno de esos cubitos, del millón total de cubitos, tendríamos una parte por millón. Ejemplo: 1 mg/l, o una manzana de un millón.

### **2.3.10. Contaminación con partículas**

La contaminación del lubricante se mide por medio del Conteo de Partículas, el cual detecta y contabiliza partículas con un tamaño de hasta 100 micrones sin distinguir el elemento químico al que pertenecen; censa partículas por su tamaño y entrega el resultado de contarlas sin distinguir si son de elementos diferentes pudiendo ser de hierro, silicio, cobre o incluso cabello humano.

El código ISO abrevia con un solo número la cantidad de partículas en un mililitro de fluido, utiliza tres canales de medición: 4, 6 y 14 micrones los que contabiliza partículas desde esas dimensiones hasta 100 micrones, de este modo.

El canal de 4  $\mu m$  contabiliza partículas desde 4 a 100  $\mu m$ .

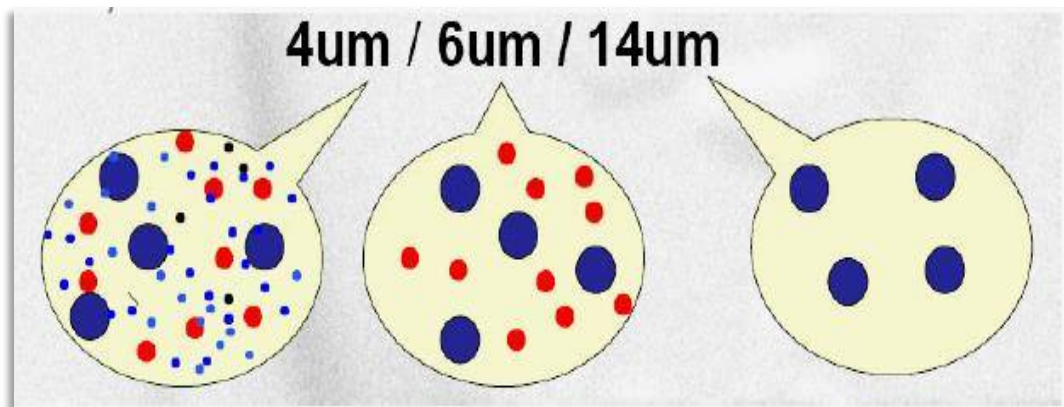
El canal de 6  $\mu m$  contabiliza partículas desde 6 a 100  $\mu m$ .

El canal de 14  $\mu m$  contabiliza partículas desde 14 hasta 100  $\mu m$ .



Los sistemas hidráulicos Caterpillar tienen dimensiones desde 5 hasta 30 micrones, es por ello que en la práctica sólo se utiliza los canales de 6 y 14 micrones.

Con los dos canales de medición se pueden obtener resultados como 16/13. El código 16 indica que en un mililitro del fluido analizado hay entre 320 y 640 partículas con un tamaño entre 6 y 100 micrones, mientras que el código 13 indica que en un mililitro del fluido analizado hay entre 40 y 80 partículas con un tamaño entre 14 y 100.



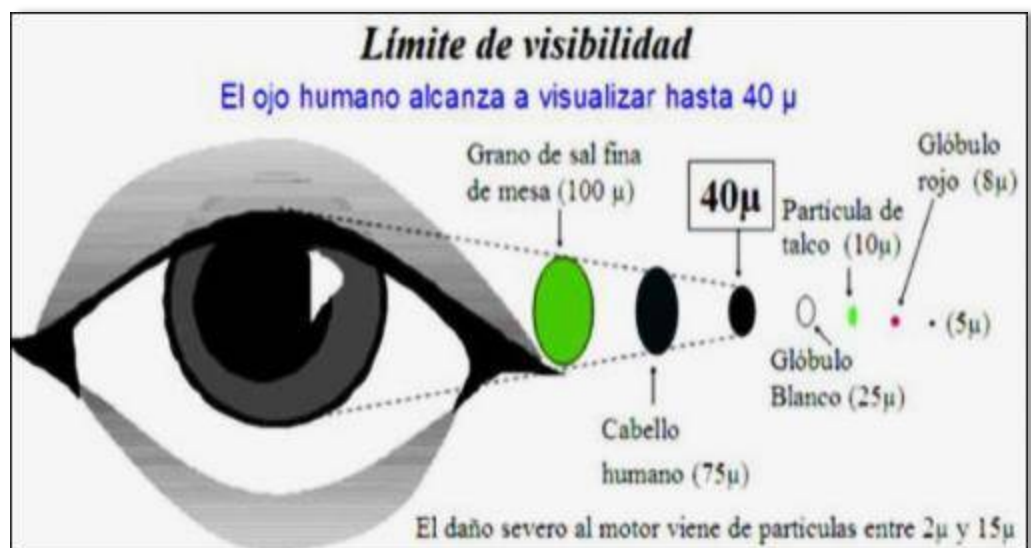
*Ilustración 14: canales de medición de partículas*

Entonces la clave del control de la contaminación es medir el nivel de limpieza de los lubricantes, es decir, si se puede medir se puede controlar.



*Ilustración 15: deterioro por medio de partículas*

El desgaste de la maquinaria es producido por la cantidad de partículas presentes en el lubricante de aceite, es decir, que a una mayor concentración de partículas, existe una mayor probabilidad de deterioro.



*Ilustración 16: límites de visibilidad*

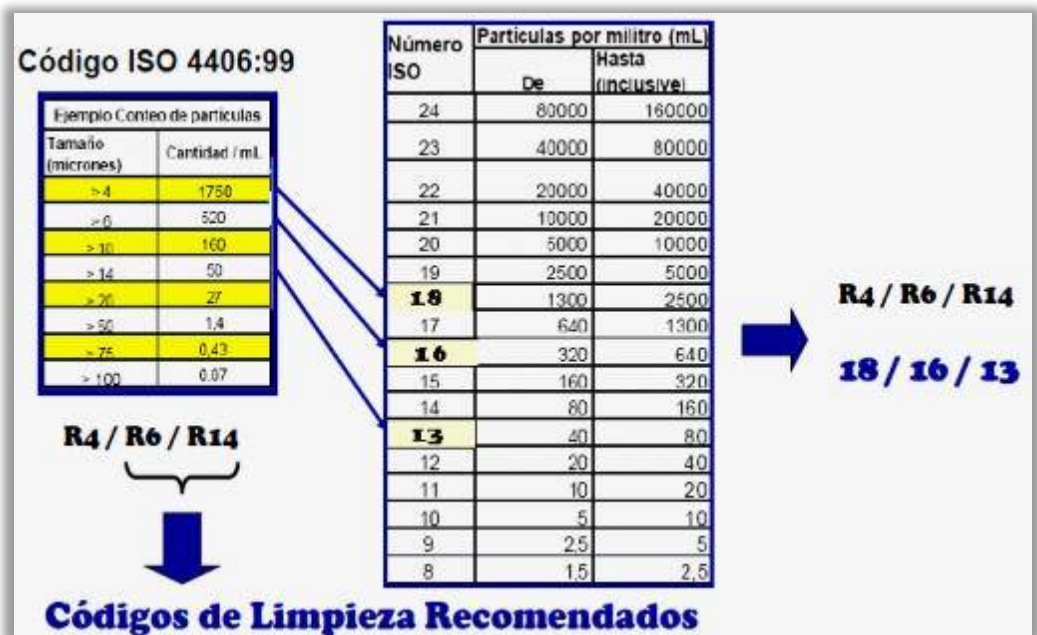


Ilustración 17: utilización de código de contaminación solida ISO

En las maquinas CATERPILLAR los códigos de limpieza que se toman en cuenta son los de 6 y 14, debido a los canales que son mayores a 5 um.

| Especificaciones de Limpieza Caterpillar       |       |
|------------------------------------------------|-------|
| Aceites Nuevos                                 | 16/13 |
| Systemas hidráulicos (Implementos & Dirección) | 18/15 |
| Transmisiones Electrónica                      | 18/15 |
| Diferenciales, Ruedas y Ejes                   | 18/15 |
| Transmisiones Mecánicas                        | 21/17 |

Ilustración 18: 75-85% de fallas en sistemas hidráulicos son causados por contaminación

En las especificaciones anteriores se muestras los códigos ISO de limpieza mínimos presentes en el aceite lubricante en los equipos CATERPILLAR.

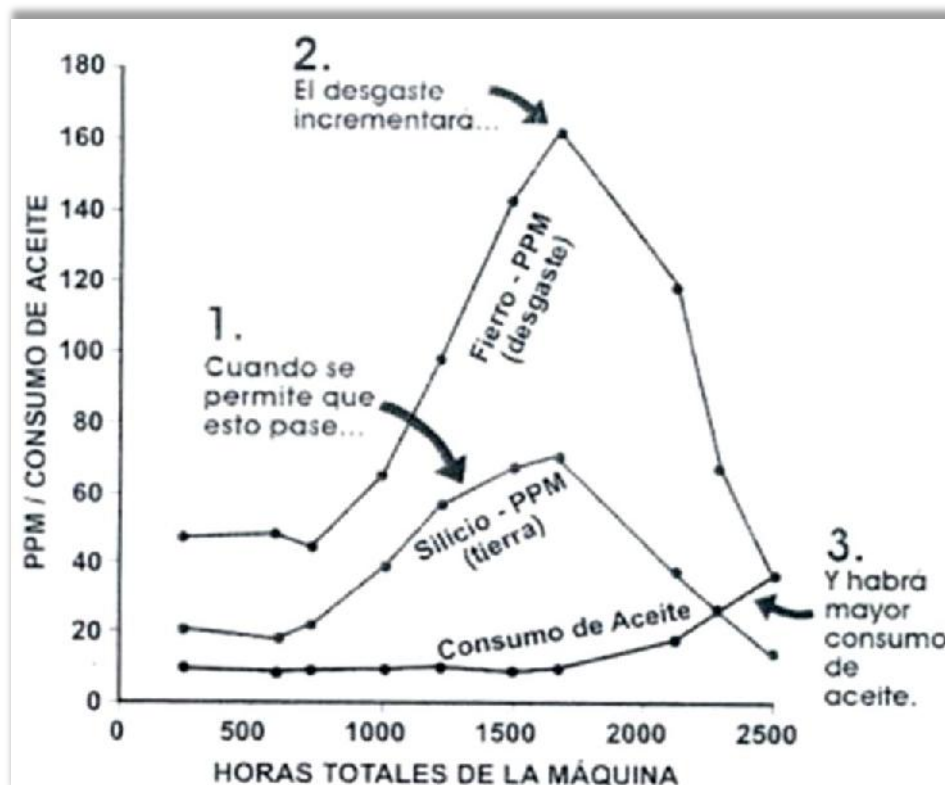
### 2.3.11. Desgaste metálico – detección de partículas

Mientras más datos e información estén disponibles mucho más completa será la interpretación. Por ejemplo: Se localizan bajos niveles de partículas de desgaste ferromagnéticas en el análisis de densidad ferrosa; sin embargo cuando el aceite es analizado utilizando espectrometría, se detectó una gran cantidad de hierro presente. Este resultado se puede interpretar a través del siguiente cuadro:

*Tabla 8: desgaste metálico por medio de detección de partículas*

| ICP (ppm) | PQI        | Interferencias                                       | Tendencia del desgaste                            |
|-----------|------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Bajo      | Bajo       | Pocas partículas de desgaste                         | Tendencia de desgaste normal                      |
| Alto      | Bajo-Medio | Muchas partículas pequeñas, pocas o ningunas grandes | Desgaste acelerado. Entrada de suciedad (anormal) |
| Bajo      | Alto       | Pocas partículas pequeñas y muchas grandes           | Fatiga                                            |
| Alto      | Alto       | Muchas partículas de todos los tamaños               | Desgaste muy serio, posible fallo catastrófico    |

En la tabla se muestra el nivel de partículas de desgaste de la metalurgia del equipo.



*Ilustración 19: relación Contaminación - Desgaste*

### 2.3.12. Detección de elementos de desgaste

Se realiza mediante un Equipo Plasma.

Se detectan 27 elementos metálicos, Desgastes, Contaminantes y Aditivos (Cu, Fe, Cr, Ni, Ti, V, Cd, Ag, Pb, Sn, Al, Si, Sb, Cl, Co, F, Li, Na, K, Mo, B, Ba, Ca, Mg, Mn, P y Zn), La combinación de estos elementos manifiesta un normal o anormal desgaste de componentes de la máquina.

Se aplica a los aceites de todos los compartimientos.

Esta prueba controla la proporción de desgaste de un componente identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste que se encuentran en el aceite.

Tabla 9: elementos reportados típicamente en el desgaste

| Elemento | Símbolo | Elemento  | Símbolo | Elemento  | Símbolo |
|----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| Aluminio | Al      | Cobre     | Cu      | Níquel    | Ni      |
| Plata    | Ag      | Fluor     | F       | Fósforo   | P       |
| Boro     | B       | Fierro    | Fe      | Plomo     | Pb      |
| Bario    | Ba      | Potasio   | K       | Antimonio | Sb      |
| Calcio   | Ca      | Litio     | Li      | Silicio   | Si      |
| Cadmio   | Cd      | Magnesio  | Mg      | Estaño    | Sn      |
| Cloro    | Cl      | Manganeso | Mn      | Titanio   | Ti      |
| Cobalto  | Co      | Molibdeno | Mo      | Vanadio   | V       |
| Cromo    | Cr      | Sodio     | Na      | Zinc      | Zn      |

En la tabla se muestra todos los elementos de la tabla periódica que están presentes en un análisis de aceite, suelen venir, de desgaste metálico de la máquina, aditivos, y contaminantes provenientes del exterior.

| <u>Hierro</u>          | <u>Cromo</u>                     | <u>Níquel</u>                | <u>Aluminio</u>         | <u>Plomo</u>                |
|------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Acero                  | Revestimiento de anillos         | Aleación de acero inoxidable | Polvo de camino         | Babbitt                     |
| Hierro fundido         | Pinturas                         | Cromado                      | Metal de rodamientos    | Revestimiento de chumaceras |
| Herrumbre              | Acero inoxidable                 | Estelita (cobalto - níquel)  | Pinturas                | Aditivo de gasolina         |
| Rebabas                |                                  | Aleaciones de aceros duros   | Abrasivos               | Pintura de soldadura        |
| Cascaritas de molienda | <u>Cobre</u>                     |                              | Contaminantes de carbón |                             |
| Polvo mineral          |                                  | <u>Estaño</u>                | Piezas de aluminio      |                             |
| Cenizas                | Aditivo AW                       |                              | Cenizas                 |                             |
| Pintura                | Bronce                           | Caja de baleros (bronce)     | Polvo de fundición      |                             |
| Polvo de papelera      | Latón                            | Soldadura                    | Alúmina activada        |                             |
| Asbestos               | Cajas de rodamientos Enfriadores | Babbitt                      | Bauxita                 |                             |
| Talco                  | Minas de cobre                   |                              | Granito                 |                             |
| Detergente limpiador   | Pinturas                         |                              | Catalizador             |                             |
|                        | Babbitt                          |                              |                         |                             |

Ilustración 20: fuentes de partículas de desgaste según elementos químicos I



| <b><u>Silicio</u></b>      | <b><u>Boro</u></b>                  | <b><u>Potasio</u></b>     |
|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Polvo de camino            | Inhibidor de refrigerante           | Inhibidor de refrigerante |
| Sellador                   | Aditivo EP                          | Cenizas                   |
| Aditivo antiespumante      | Ácido Bórico (tratamiento de aguas) | Polvo de papelera         |
| Aleación de aceros         | Agente de limpieza de barriles      | Polvo de camino           |
| Lubricante sintético       |                                     | Granito                   |
| Frenos húmedos             |                                     |                           |
| Fabricación de vidrio      |                                     |                           |
| Aditivo refrigerante       | <b><u>Sodio</u></b>                 |                           |
| Polvo de fundición         | Inhibidor de refrigerante           |                           |
| Fibras de filtros (vidrio) | Agua de mar                         |                           |
| Cenizas                    | Algunos aditivos                    |                           |
| Escoria                    | Grasa                               |                           |
| Mica                       | Aceite Básico (trazas)              |                           |
| Polvo de cemento           | Tierra                              |                           |
| Asbesto                    | Polvo de camino                     |                           |
| Granito                    | Sal (sal de camino)                 |                           |
| Caliza                     | Cenizas                             |                           |
| Talco                      | Alúmina activada                    |                           |
|                            | Polvo de papelera                   |                           |

*Ilustración 21: fuentes de partículas de desgaste según elementos químicos II*

| <b><u>Fósforo</u></b>                     | <b><u>Zinc</u></b>      |
|-------------------------------------------|-------------------------|
| Aditivo AW/EP                             | Aditivo AW              |
| Acabado de superficie en algunos engranes | Bronce                  |
| Detergente limpiador                      | Cromado                 |
|                                           | Galvanizado             |
| <b><u>Calcio</u></b>                      | <b><u>Magnesio</u></b>  |
| Agua dura                                 | Agua dura               |
| Agua salada                               | Aditivo de motor        |
| Aditivo de aceite de motor                | Metalurgia de turbinas  |
| Polvo de minas                            | Agua salada             |
| Grasa                                     | Tierras Fuller          |
| Caliza                                    | Polvo de camino         |
| Escoria                                   |                         |
| Hules                                     |                         |
| Tierras Fuller                            |                         |
| Lignita                                   |                         |
| Polvo de cemento                          |                         |
| Polvo del camino                          |                         |
| Inhibidor de herrumbre                    |                         |
| Detergente                                |                         |
|                                           | <b><u>Molibdeno</u></b> |
|                                           | Aditivos EP             |
|                                           | Aleaciones de metal     |
|                                           | Anillos                 |
|                                           | <b><u>Bario</u></b>     |
|                                           | Aditivos de motor       |
|                                           | Grasa                   |

*Ilustración 22: fuentes de partículas de desgaste según elementos químicos II*

*Tabla 10: familias de elementos por metalurgia de la maquinaria*

| Material                           | Si | Fe | Al | S | P | Zn | Cr | Cu | Sn | Pb | Mn | Mo | Ni | Sb | Co |
|------------------------------------|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Rodamiento de acero al alto carbón | •  |    |    |   |   |    | •  |    |    |    | •  |    |    |    |    |
| Rodamiento de acero carburizado    | •  |    |    |   |   |    | •  |    |    |    | •  | •  | •  |    |    |
| Cojinetes de aleaciones de cobre   |    |    |    |   |   |    |    | •  | •  | •  |    |    |    |    |    |
| Bronce                             |    |    |    |   |   | •  |    | •  | •  | •  |    |    |    |    |    |
| Bronce fosforoso                   |    |    |    |   |   |    |    | •  |    |    |    |    |    |    |    |
| Bronce aluminio                    |    | •  | •  |   |   |    |    | •  | •  | •  |    |    |    |    |    |
| Latón rojo emplomado               |    |    |    |   |   | •  |    | •  |    |    | •  |    | •  |    |    |
| Pistones de Aluminio               | •  | •  | •  |   |   | •  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Anillos de pistones                |    |    |    |   |   |    |    |    |    |    | •  | •  | •  |    |    |
| Fundición de hierro gris           | •  | •  |    | • | • |    | •  |    |    |    | •  |    |    |    |    |
| Carbídrico                         | •  | •  |    | • | • |    | •  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Babbitt grado ASTM                 |    |    |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1                                  |    |    |    |   |   |    |    | •  | •  |    |    |    |    | •  |    |
| 2                                  |    |    |    |   |   |    |    | •  | •  |    |    |    |    | •  |    |
| 3                                  |    |    |    |   |   |    |    | •  | •  |    |    |    |    | •  |    |
| 7                                  |    |    |    |   |   |    |    |    | •  | •  |    |    |    | •  |    |
| 8                                  |    |    |    |   |   |    |    |    | •  | •  |    |    |    | •  |    |
| 13                                 |    |    |    |   |   |    |    |    | •  | •  |    |    |    | •  |    |
| 15                                 |    |    |    |   |   |    |    |    | •  | •  |    |    |    | •  |    |
| Estelita                           |    |    |    |   |   |    | •  |    |    |    |    |    |    |    | •  |

La tabla muestra en la columna izquierda la metalurgia presente en la maquinaria, y en las columnas del aparte derecha los elementos presentes que están en la metalurgia del equipo.



*Tabla 11: familia de elementos por ambiente de operación en planta*

|                                   | Si | Mg | Fe | Al | Ca | S | Ba | P | Zn | K | Cl | Cr | Ti | Cu | Na | Sn | Pb |
|-----------------------------------|----|----|----|----|----|---|----|---|----|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Asbestos (cubierta de frenos)     | •  | •  | •  |    |    |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Bauxita                           | •  |    |    | •  |    |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Dolomita                          | •  | •  |    | •  | •  | • |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Tierras fuller                    | •  | •  | •  |    | •  |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Granito                           | •  |    | •  | •  |    |   |    |   |    | • |    |    |    |    |    |    |    |
| Gypsum                            |    |    | •  |    | •  | • |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Piedra caliza                     | •  |    |    |    | •  |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Magnetita                         | •  |    | •  | •  |    |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Cuarzo                            | •  |    | •  |    |    |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Vermiculita                       | •  | •  | •  | •  |    |   | •  |   |    | • |    |    |    |    |    |    |    |
| Piedra pomex                      | •  |    | •  | •  |    |   |    |   |    | • | •  |    |    |    |    |    |    |
| Arena de limpieza                 | •  |    | •  |    |    |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Catalizador de aluminio           | •  |    | •  | •  |    |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Ceolita                           | •  |    | •  | •  |    |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Cemento                           | •  |    |    | •  | •  | • |    |   |    | • |    |    |    |    |    |    |    |
| Roca fosfórico                    | •  |    |    | •  | •  |   |    | • |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Sulfato de potasio                |    |    |    | •  |    | • | •  |   |    |   | •  |    |    |    |    |    |    |
| Polvo de crisol eléctrico         | •  |    | •  |    |    |   | •  |   | •  |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Polvo de fundición                | •  |    | •  | •  |    |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Polvo mineral de hierro           | •  |    | •  | •  | •  | • |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Polvo de horno de cal             | •  |    | •  |    | •  |   |    | • |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Escoria                           | •  |    |    | •  | •  |   |    |   |    |   |    | •  |    |    |    |    |    |
| Polvo de caucho                   |    |    | •  |    | •  | • |    |   | •  |   |    |    | •  |    |    |    |    |
| Alúmina activada                  | •  |    | •  | •  |    |   |    |   |    | • |    |    |    |    |    |    |    |
| Sulfato de cobre                  |    |    | •  |    |    | • |    |   |    |   |    |    |    | •  |    |    |    |
| Polvo de vidrio                   | •  |    | •  |    | •  |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Mica                              | •  | •  | •  | •  |    |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Esquisito de aceite               | •  |    | •  | •  | •  |   |    |   |    | • |    |    |    |    |    |    |    |
| Papel molido                      |    |    | •  |    |    | • |    |   |    | • | •  |    |    |    | •  |    |    |
| Carbón, lignita                   |    |    | •  |    | •  | • |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Carbón, cenizas                   | •  |    | •  | •  | •  |   |    |   |    | • |    |    |    |    |    |    |    |
| Polvo de acería                   | •  |    | •  | •  |    |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Polvo de área industrial de acero | •  | •  | •  | •  |    | • |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Asfalto                           | •  |    | •  | •  | •  |   |    |   |    |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Polvo de camino                   | •  | •  | •  | •  | •  |   |    |   |    | • |    |    |    |    |    |    |    |
| Derecho de vía de ferrocarril     | •  |    | •  | •  | •  |   |    |   |    | • |    |    |    |    |    |    |    |
| Agua salada de mar                |    |    |    |    | •  |   |    |   |    | • |    |    |    |    | •  |    |    |
| Latón                             |    | •  |    |    |    |   |    |   | •  |   |    |    |    | •  |    |    |    |
| Bronce                            |    |    |    |    |    |   |    |   | •  |   |    |    |    | •  |    | •  |    |

La tabla anterior nos muestra los elementos que están presentes en el ambiente donde está operando la maquinaria, en ella podemos visualizar que el silicio está presente en la mayoría de sustancias de trabajo. Por ello es común encontrar un exceso de este elemento presente en lubricante de aceite.

### 2.3.13. Límites Referenciales de desgaste por componente

Las máquinas presentan tasas de producción de metales de desgaste muy variables. Esto puede ser debido a la edad de la maquinaria, lubricación, contaminación, tipo de servicio y condiciones de operación. Es por ello que es muy útil conservar información histórica de los metales de desgaste, como una guía para definir información normal y anormal para los elementos de desgaste.

*Tabla 12: Límite de desgaste por componente en Motor Diésel*

| Motor a Diesel (ppm/500 horas) |                                         |        |            |        |
|--------------------------------|-----------------------------------------|--------|------------|--------|
| Metal                          | Posible Fuente del metal                | Normal | Precaución | Alerta |
| Fe                             | Camisa, engrane, elevadores, anillos    | 0-70   | 71-100     | >100   |
| Cr                             | Anillos, levas, empujadores             | 0-10   | 11-15      | >15    |
| Pb                             | Rodamientos, arandelas                  | 0-25   | 26-40      | >40    |
| Cu                             | Cojinetes, bujes, arandelas             | 0-25   | 26-45      | >45    |
| Sn                             | Rodamientos                             | 0-15   | 16-20      | >20    |
| Al                             | Pistones, cojinetes, tierra             | 0-15   | 16-20      | >20    |
| Si                             | Tierra, antiespumante                   | 0-10   | 11-15      | >15    |
| Na                             | Refrigerante, sal, posiblemente aditivo | 0-15   | 16-30      | >30    |

*Tabla 13: Límite de desgaste por componente en Hidráulicos*

| Hidráulicos (ppm/500 horas) |                               |        |            |        |
|-----------------------------|-------------------------------|--------|------------|--------|
| Metal                       | Posible Fuente del metal      | Normal | Precaución | Alerta |
| Fe                          | Engranajes, válvulas          | 0-15   | 16-25      | >25    |
| Cr                          | Cilindros, flechas            | 0-8    | 9-15       | >15    |
| Pb                          | Rodamientos de bomba          | 0-10   | 11-15      | >15    |
| Cu                          | Rod. De bomba, plato de bomba | 0-15   | 16-25      | >25    |
| Sn                          | Usualmente no presenta        | -      | -          | -      |
| Al                          | Tierra, carcasa de bomba      | 0-8    | 9-15       | >15    |
| Si                          | Tierra, carcasa de bomba      | 0-10   | 11-20      | >20    |
| Na                          | Sal, posiblemente aditivos    | 0-50   | 51-80      | >80    |

*Tabla 14: Límite de desgaste por componente en Transmisiones*

| Transmisiones (ppm/500 horas) |                                       |        |            |        |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------|------------|--------|
| Metal                         | Posible Fuente del metal              | Normal | Precaución | Alerta |
| Fe                            | Engranajes, rodamientos, separadores  | 0-100  | 101-180    | >180   |
| Cr                            | Rodamientos                           | 0-6    | 7-10       | >10    |
| Pb                            | Arandelas, discos de fricción         | 0-15   | 16-20      | >20    |
| Cu                            | Arandelas, discos de fricción         | 0-120  | 121-200    | >200   |
| Sn                            | Arandelas de empuje                   | 0-12   | 13-18      | >18    |
| Al                            | Tierra, convertidor, estator impulsor | 0-10   | 11-15      | >15    |
| Si                            | Tierra, antiespumantes                | 0-30   | 31-40      | >40    |
| Na                            | Sal, posiblemente aditivos            | 0-50   | 51-80      | >80    |

*Tabla 15: Límite de desgaste por componente en engranajes, ejes, diferenciales, mandos finales, planetarios*

| Engranajes, ejes, diferenciales, mandos finales, planetarios (ppm/500 horas) |                                      |        |            |        |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------|------------|--------|
| Metal                                                                        | Posible Fuente del metal             | Normal | Precaución | Alerta |
| Fe                                                                           | Engranajes, rodamientos, separadores | 0-150  | 151-300    | >300   |
| Cr                                                                           | Rodamientos                          | 0-10   | 11-15      | >15    |
| Pb                                                                           | Arandelas de empuje                  | 0-50   | 51-80      | >80    |
| Cu                                                                           | Arandelas de empuje                  | 0-50   | 51-80      | >80    |
| Sn                                                                           | Usualmente no presenta               | -      | -          | -      |
| Al                                                                           | Tierra, carcasa                      | 0-20   | 21-30      | >30    |
| Si                                                                           | Tierra, balatas de freno y embrague  | 0-30   | 31-60      | >60    |
| Na                                                                           | Sal, posiblemente aditivos           | 0-50   | 51-80      | >80    |

Las tablas mostradas anteriormente muestran los límites de desgaste metálico que se muestra en un análisis, de acuerdo a ello, muestra el estado de dicho informe.

## 2.4. Programas de análisis de aceite

### 2.4.1. Análisis de fluidos de Servicios CAT SOS:

Utilizar la interpretación del reporte SOS como herramienta de diagnóstico y ayuda en la toma de decisiones.

Es un programa utilizado por los distribuidores de Caterpillar para monitorear el impacto del programa de mantenimiento, aplicación y factores operacionales en los equipos.

El SOS es una de los más útiles e importantes programas de soporte de mantenimiento disponibles porque:

Detecta problemas oportunamente para que puedan ser reparados antes que se conviertan en fallas.

Ayuda a programar el tiempo de inactividad.

Le permite monitorear el mantenimiento para verificar que la rutina se ha realizado.

Permite mejorar la gestión de los presupuestos por predicción de reparaciones, tiempo de inactividad y vida del equipo.

Le ayuda a desarrollar la historia de servicio completo de cada equipo.

Esto es inestimable para evaluar el rendimiento y/o reemplazo.

Lo realiza a través del muestreo y el análisis de los fluidos de los diversos equipos, en Yanacocha lo hacemos a través del laboratorio de Ferreyros SAA en el que diferenciamos: SOS Análisis de aceite y SOS Análisis de refrigerante.



*Ilustración 23: El ciclo de análisis de aceite SOS*

#### **2.4.2. Análisis de lubricante Movil Serv:**

Cuando va al doctor para hacerse una revisión, se le toma una muestra de vida para evaluar su salud y detectar las dolencias que necesitan un tratamiento, a veces incluso antes que se desarrollen. De manera similar, el análisis de aceite en uso es esencial para evaluar la salud de su operación. Una muestra de aceite proporciona información crucial que puede ayudar a:

- a. Aumentar la productividad
- b. Reducir el tiempo de inactividad no programado

- c. Prolongar la durabilidad del equipo
- d. Disminuir el consumo de lubricantes

Y con el análisis de lubricante Mobil Serv<sup>SM</sup>, usted puede confiar en un conocimiento profundo de sus productos marca Mobil<sup>TM</sup>. También han acumulado mucho conocimiento de las aplicaciones y equipos, al trabajar muy de cerca con los fabricantes de equipos originales.

Basándose en esta experiencia exhaustiva con el producto y el equipo, ofrecen un análisis preciso así como recomendaciones detalladas y prácticas que pueden ayudar a ahorrar costos, sólida productividad y tranquilidad mental.

En ExxonMobil ayuda a las compañías para que sean más seguras, productivas y conscientes de las prácticas de cuidado del medio ambiente. Mediante el uso de un enfoque predictivo y proactivo para el mantenimiento a través del análisis de lubricante Mobil Serv<sup>SM</sup>, usted puede mejorar:

**La seguridad:** a través de intervalos prolongados de cambio de aceite y una mejor protección de componentes, que pueden reducir la necesidad de una interacción entre el empleado y el equipo.

**Cuidado del medio ambiente:** a través de la reducción de desechos debido a una larga vida útil del lubricante y equipo.

**La productividad:** a través de la mejora en la planificación del mantenimiento, lo cual puede ayudar a evitar los tiempos de inactividad no planeados de los equipos.

## 2.5. Indicadores de gestión: KPI

Los KPIs (Key Performance Indicator) son métricas que nos ayudan a identificar el rendimiento de una determinada acción o estrategia. Estas unidades de medida nos indican nuestro nivel de desempeño en base a los objetivos que hemos fijado con anterioridad.

### 2.5.1. Características de los KPI

Podemos ver algunas de las características que destacan a un KPI, para su mejor entendimiento.

- a. Medible: Anteriormente he mencionado que los KPIs son métricas, por tanto su principal característica es que son medibles en unidades. Ejemplo: 1,2, 100, 1000, 1000.000.
- b. Cuantificable: Si se puede medir, se puede cuantificar. Por ejemplo si hablamos de unidades monetaria las cuantificaríamos en € o \$. También existen muchos indicadores de gestión que se miden en porcentaje.
- c. Específico: Se debe centrar en un único aspecto a medir, hemos de ser concretos.
- d. Temporal: Debe poder medirse en el tiempo. Por ejemplo podemos querer medir a diario, de forma semanal, mensual o anual.
- e. Relevante: El propio término hace referencia a esta característica “indicadores clave de gestión”. Únicamente sirven aquellos factores que sean relevantes para nuestra empresa.

Los KPIs tienen que informar, controlar, evaluar y por último ayudar a que se tomen decisiones. Cada empresa tiene sus propios indicadores de gestión, puesto que cada organización y cada modelo

de negocio tienen factores clave a medir diferentes. Una empresa de producción industrial hará foco en indicadores de producción y una empresa que únicamente venda a través de internet tendrá otros indicadores clave relacionado con métricas de marketing digital.

### **2.5.2. Ejemplos de indicadores de gestión**

Existen diferentes indicadores clave, y tal y como mencionábamos es necesario adaptarlos a cada modelo de negocio. Los indicadores clave que son relevantes para una empresa no necesariamente tienen que serlo para otra. Existen indicadores de gestión económicos, de producción, financieros, de calidad, de logística, de servicio. A continuación puedes ver unos ejemplos de KPI de marketing y gestión comercial:

- a. Ingresos y costes: Ventas totales, ventas por productos, ventas por delegaciones, coste de adquisición de cliente, inversión total en marketing.
- b. Fidelización de clientes: Rentabilidad de cliente, tasa de retención de clientes, NPS, índice de satisfacción del cliente.
- c. Marketing digital: El número de visitas a la web, tiempo de permanencia, clicks, coste por lead, tasa de conversión, nº de visitas de tráfico orgánico y de pago o tasas de apertura en campañas de emailing, son entre otros indicadores de gestión digitales.
- d. Competitividad y branding: Cuota de mercado, tasa de crecimiento del mercado, grado de penetración, valor de marca, notoriedad de marca, etc.



- e. Gestión comercial: Visitas comerciales, presupuestos entregados, contrataciones, eficiencia comercial, venta cruzada.

### **3. Terminología**

- a. Propuesta: Idea o proyecto sobre un asunto o negocio que se presenta ante una o varias personas que tienen autoridad para aprobarlo o rechazarlo.
- b. Mantenimiento: Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento
- c. Lubricante: Un lubricante es una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, no se degrada, y forma asimismo una capa que impide su contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.
- a. El informe del laboratorio: informe final es el eje sobre el que cualquier programa de análisis de aceite gira. Sin un sólido conocimiento de los principios básicos de la lectura y comprensión del informe de análisis, el lector es probable que crezca rápidamente frustrado por tratar de dar sentido a los datos de las pruebas aparentemente ininteligibles.
- b. Excavadora: Se denomina excavadora a una máquina autopropulsada, sobre neumáticos u orugas, con una estructura capaz de girar al menos 360° (en un sentido y en otro, y de forma ininterrumpida) que excava terrenos, o carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de la cuchara, fijada a

un conjunto formada por pluma y brazo o balancín, sin que la estructura portante o chasis se desplace.

## **CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO**

### **1. Tipo de investigación**

La presente investigación comprende al de tipo de estudio descriptivo, ya que se están describiendo los hechos como son observados, y el tipo de diseño de investigación es de Campo, puesto que, estamos recolectando datos e información directamente con el medio natural, también es de tipo documental, esto es debido a que nuestras fuentes primarias para realizar un mantenimiento adecuado a los equipos, hemos tenido que recurrir a los manuales y/o documentos que nos ayudan a interpretar y a dar un análisis mejor de estos.

También es del tipo experimental, pues se han realizado análisis en baso a un desarrollo en un laboratorio con el fin de indicar un resultado propio para el equipo a investigar.

### **2. Población y muestra**

#### **2.1. Población**

La población en la presente investigación está a constituida por el 100% de los equipos en el presente estudio. En este caso nosotros podemos referir a población como la cantidad de los equipos utilizados de forma específica en cada una de las actividades realizadas por GyM. En el “Proyecto Integración Vial Tacna – La paz” (tramo Tacna – La Collpa). Es decir, en resumen, la población a estudiar es la excavadora CAT 336 con código 14001.

#### **2.2. Muestra**

Está representada por todo en conjunto de la población por ser un número limitado, manejable por la cantidad de equipos, en este caso pro la excavadora, de la cual se extrajo su aceite para el análisis respectivo.

### **3. Hipótesis**

#### **3.1. Hipótesis general**

Con la ejecución del mantenimiento utilizado, mediante el análisis que nos arroja el resultado del aceite analizado, logramos tener un mayor aumento de la disponibilidad del equipo, además de eso evitamos las paradas mecánicas inesperadas, evitando futuras fallas.

#### **3.2. Hipótesis específicas**

- a. Un aumento en la disponibilidad de los equipos, nos predice futuras fallas a suceder en el equipo.
- b. Con capacitaciones, aumentamos la capacidad de los operarios logramos una mejor gestión de mantenimiento.

### **4. Variables – operacionalizacion**

#### **4.1. Variable independiente**

El nivel de la influencia del mantenimiento, con respecto al análisis del aceite de la máquina.

#### **4.2. Variable Dependiente**

Incremento de la disponibilidad mecánica de los equipos en el proyecto.

#### **4.3. Indicadores**

Los indicadores encontrados son disponibilidad, rendimiento, calidad, eficiencia global, costo de mantenimiento unitario, ejecución del mantenimiento preventivo, número de órdenes de trabajo atendidas, entrenamiento y capacitaciones del personal de mantenimiento.

## **Métodos y técnicas de investigación**

### **4.4. Método de investigación:**

El método usado el método descriptivo. Hemos descrito las características del estudio, nos han proporcionan información para el planteamiento de nuevas investigaciones y para desarrollar formas más adecuadas de enfrentarse a ellas, y estas están referidas o dirigidas al mejoramiento del plan de mantenimiento, y por consecuencia a la disponibilidad de los equipos.

### **4.5. Técnicas de investigación**

#### **4.5.1. Observación**

Hubo una observación directa con encuestas al personal que está relacionado de forma directa con el mantenimiento, y con todos los que tienen vinculación con el tema de investigación. Por ello encuestamos al área de mantenimiento y logística. (ANEXO N° 21)

- a. Los jefes de equipos.
- b. Jefes de taller.
- c. Mecánicos.
- d. Operadores de equipos pesados

#### **4.5.2. Entrevista**

La técnica para el desarrollo de la investigación, consistió en obtener testimonios, opiniones, experiencia y documentos acerca del estado actual del mantenimiento y condiciones de los equipos en la empresa. Se solicitó la autorización del jefe de equipos, talleres, la participación del personal de mantenimiento fue primordial en el presente estudio, por estar involucrados y conocer la problemática del mantenimiento en la empresa.

Las preguntas más frecuentes en las entrevistas al personal como los jefes de mantenimiento como:

- ¿Qué fallas comúnmente se suelen percibir en los equipos de maquinaria pesada?
  - La mayoría coincide que la falla frecuente ocurre en el sistema de tren de fuerza, que es el empuje para brindarle fuerza a la maquinaria.
- ¿Qué tipo plan de mantenimiento ejecutan?
  - Se aplica mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo y mantenimiento detectivo (cabe recalcar que el análisis de aceite está relacionado con el predictivo y detectivo).
- ¿Cada que tiempo se aplica una bitácora de mantenimiento?
  - En el caso de Graña y montero era semanal.

## **5. Descripción de instrumentos utilizados**

Los instrumentos utilizados son en su parte documentada para tendencias de los componentes perjudiciales así como el historial de fallas de los equipos así como los costos de las valorizaciones de los equipos en proyecto.

### **5.1. Instrumentos de medición**

Graña y Montero utiliza formatos únicos propios de la empresa para tener en óptimas condiciones los instrumentos de medición utilizados:

Por ello es necesarios establecer mecanismos para asegurar que los equipos de medición utilizados en GRAÑA y MONTERO. cumplan ciertas condiciones:

- a. Estén identificados en todo momento para determinar su estado de calibración o verificación.

- b. Que al momento de ser utilizados estén en condiciones de operar de acuerdo con su fin específico.
- c. Estén calibrados o verificados antes de ser utilizados.
- d. Sean manipulados y almacenados de forma tal que se preserven sus características necesarias para asegurar que cumplan con la función para la cual se los destina
- e. Estar protegidos para evitar ajustes que puedan invalidar el resultado de la medición.

El alcance de estas condiciones es para todos los equipos de medición propiedad de Graña y Montero, desde su alta como activo fijo de la empresa hasta su baja.

En lo que resta de este procedimiento a los equipos incluidos en el mencionado listado se los aludirá con las palabras EQUIPOS o EQUIPOS DE MEDICIÓN. Estos son utilizados en los procesos de Mantenimiento Periódico, Mantenimiento Rutinario, Control de Calidad, Gestión Vial y en la planta de emulsión asfáltica.

Para el caso de los equipos de medición que no se utilicen en los procesos arriba mencionados se utilizarán métodos de verificación, para así asegurar el resultado de la medición. Adherimos documentos específicos con formatos específicos propios de la empresa

- a. Formato de cartillas de uso de equipos de medición. (ANEXO 06 al 13)
- b. Formato de ficha de identificación de equipos de medición. (ANEXO 14)
- c. Formato de registro movilización de equipos de medición. (ANEXO 15)
- d. Formato de registro verificación de equipos de medición. (ANEXO 16)

- e. Formato de Mantenimiento y calibración de equipos de medición. (ANEXO 17)

## **5.2. Documentos del mantenimiento**

Estos documentos nos sirven de herramientas para establecer lineamientos que permitan asegurar la operatividad y disponibilidad de equipos para la ejecución de las actividades de Graña y Montero.

Esto es aplicable a todos los equipos activos fijos, propios o de terceros que Graña y Montero utiliza en sus operaciones. El presente procedimiento excluye a los equipos de medición, equipos de laboratorio, equipos informáticos y los que son propiedad del cliente.

- a. Reportes diarios de equipos mayores. (ANEXO 05)
- b. Estándares básicos de seguridad. (ANEXO 18)
- c. Mantenimientos de equipos. (ANEXO 02)
- d. Equipos fuera de servicio. (ANEXO 03)
- e. Equipos de protección usados durante la manipulación de los equipos. (ANEXO 04)



## **CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACION**

### **1. Mantenimiento**

#### **1.1. Equipos críticos**

Los equipos críticos en una empresa, son aquellos que son imprescindibles en un proyecto, trabajo u obra, puesto que la falta de alguno de estos para en su totalidad a la producción.

Los equipos críticos de la empresa Graña y Montero están conformada por la maquinaria pesada de esta misma. Es decir, en este caso la maquina critica del proyecto es la Excavadora CAT 336, la cual ha sido estudiada de manera individual debido a su gran aporte y el arduo trabajo que lleva consigo en las diferentes tareas impuestas en el proyecto.

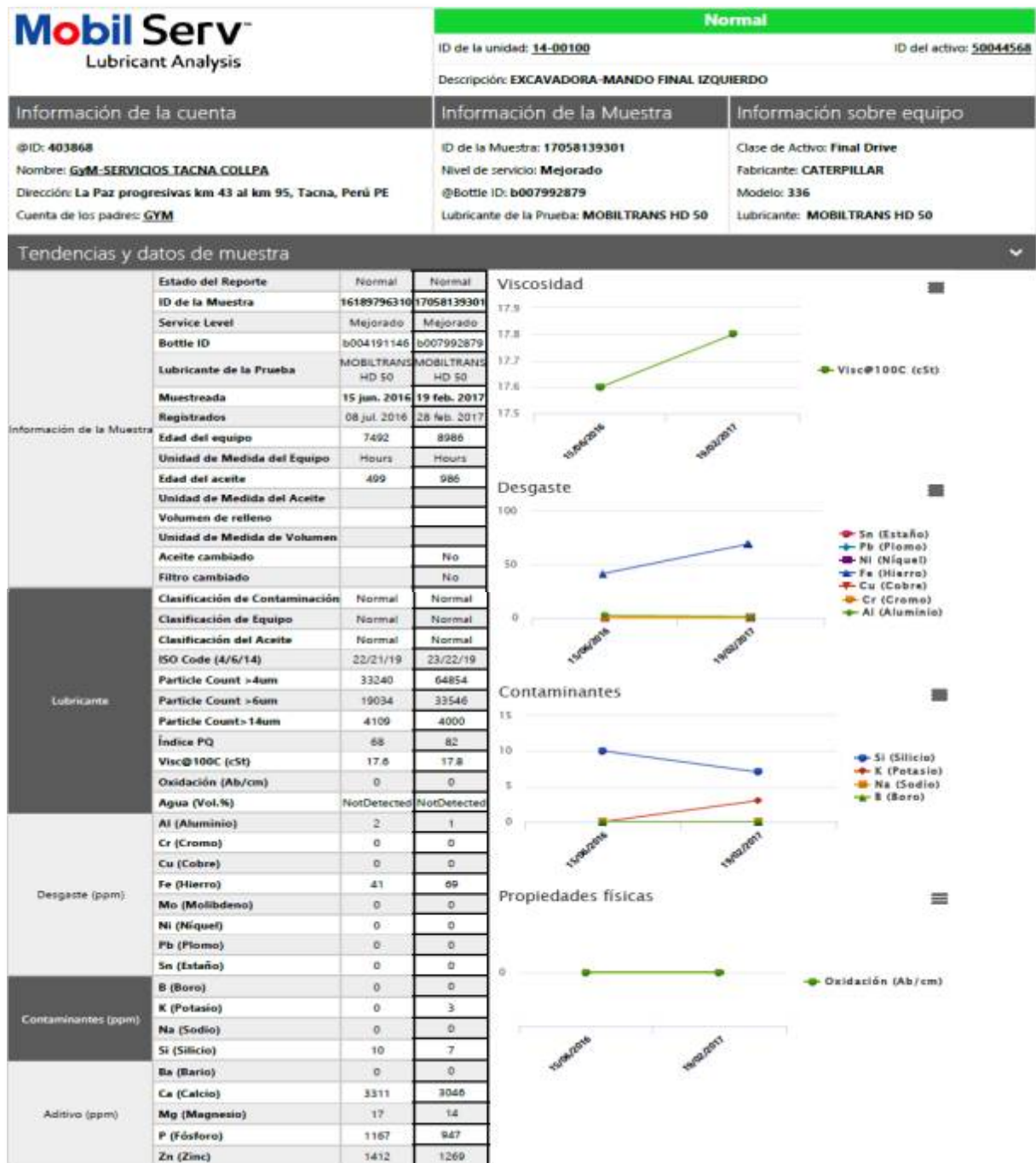
#### **1.2. Análisis de aceite de la excavadora CAT 336 codificada como 14001:**

El análisis de la excavadora CAT fue realizada en Tacna por lo tanto es lógico pensar que el análisis sea llevado a cabo en un laboratorio del lugar, habiendo visto anteriormente, hemos visto que existe programas de la misma Caterpillar, y otro como el Movil Serv Oil Analysis – Exxon Mobil. A pesar de ser un equipo CAT se decidió hacer en un laboratorio de Mobil Serv, y la razón principal es que en el equipo o maquinaria, el lubricante usado era lubricante MOBIL SERV, un lubricante de la compañía el cual por el conocimiento de la composición de dicho aceite, se decidió, proponer el análisis en dichos laboratorios.

Dichos análisis están correctamente realizados con sus indicadores correspondientes así como sus respectivos gráficos.

### 1.2.1. Análisis de Mando Final Izquierdo:

Tabla 16: Análisis de aceite excavadora – Mando Final Izquierdo



Los resultados del informe de análisis de aceite de EXCAVADORA –  
MANDO FINAL IZQUIERDO:

- Fecha de muestreada: 19 febrero 2017
- El Lubricante usado es MOBILTRANS HD 50
- Estado de lubricante de aceite: Normal (Verde)
- Edad del aceite lubricante: 986 horas
- Edad del equipo: 8986 horas
- Código ISO: 23/22/19, para ser exactos 64854, 33546 y 4000 ppm por cada canal respectivamente.
- No existe contaminación de lubricante.
  - Nivel de agua: no detectada.
  - Oxidación: 0 ABS/cm (máximo permitido es 30 ABS/cm)
- Discusión de índices de metales en el lubricante:
  - Cromo (Cr): El análisis arroja 0 ppm.
  - Cobre (Cu): El análisis arroja 0 ppm.
  - Molibdeno (Mo): El análisis arroja 0 ppm.
  - Niquel (Ni): El análisis arroja 0 ppm.
  - Plomo (Pb): El análisis arroja 0 ppm.
  - Estaño (Sn): El análisis arroja 0 ppm.
  - Aluminio (Al): en el análisis arroja 1 ppm, y en los límites de desgaste de mando finales (TABLA 15 – pag. 66) el rango es 0-20, quiere decir que está en el rango normal.
  - Hierro (Fe): en el análisis arroja 69 ppm, y en los límites de desgaste de mando finales (TABLA 15 – pag. 66) el rango es 0-150, quiere decir que está en el rango normal.

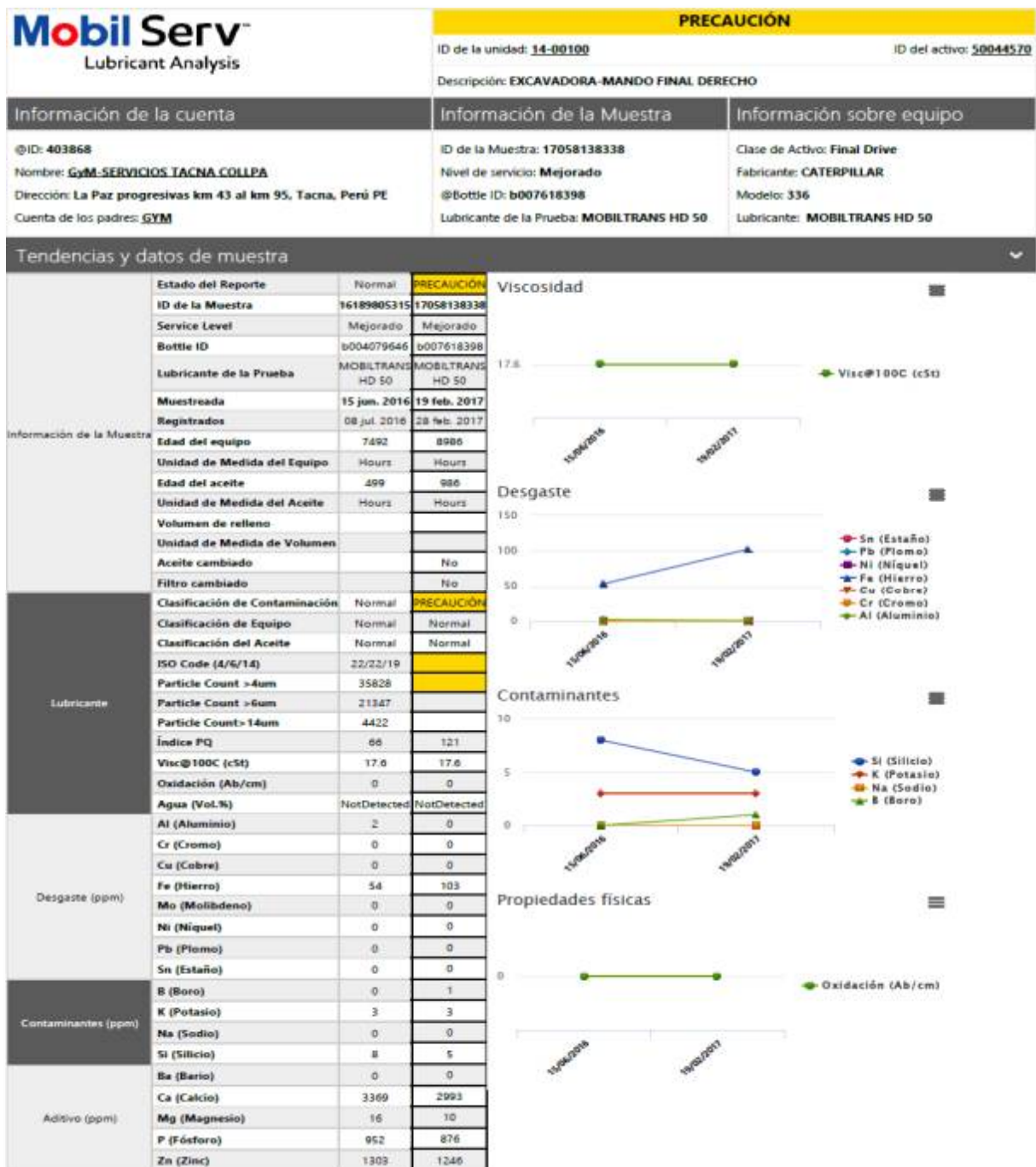
- Silicio (Si): en el análisis nos arroja 7 ppm, y en los límites de desgaste de mando finales (TABLA 15 – pag. 66) el rango es 0-30, quiere decir que está en el rango normal.

En este análisis los rangos de las sustancias están dentro del rango normal por lo tanto no hay necesidad de ningún cambio, en el equipo o lubricante.

No se requieren acciones en el aceite o equipo. Los resultados indican que todos los niveles se encuentran dentro de rangos aceptables.

## 1.2.2. Análisis de Mando Final Derecho

Tabla 17: Análisis de aceite de excavadora – Mando Final Derecho



Los resultados del informe de análisis de aceite de EXCAVADORA –  
MANDO FINAL DERECHO:

- Fecha de muestreada: 19 febrero 2017
- El Lubricante usado es MOBILTRANS HD 50
- Estado de lubricante de aceite: Precaución (amarillo), No se llevó cabo contabilidad de sedimentos.
- Edad del aceite lubricante: 986 horas
- Edad del equipo: 8986 horas
- Código ISO: No completado. Puesto que se encontraron sedimentos visibles de tamaño considerable que podrían afectar a los efectos de medición de laboratorio, es decir, mayor a 100 um.
- No existe contaminación de lubricante.
  - Nivel de agua: no detectada.
  - Oxidación: 0 ABS/cm, el máximo permitido es 30 ABS/cm (pag. 39).
- Discusión de índices de metales en el lubricante:
  - Cromo (Cr): El análisis arroja 0 ppm.
  - Cobre (Cu): El análisis arroja 0 ppm.
  - Molibdeno (Mo): El análisis arroja 0 ppm.
  - Niquel (Ni): El análisis arroja 0 ppm.
  - Plomo (Pb): El análisis arroja 0 ppm.
  - Estaño (Sn): El análisis arroja 0 ppm.
  - Aluminio (Al): El análisis arroja 0 ppm

- Hierro (Fe): en el análisis arroja 103 ppm, y en los límites de desgaste de mando finales (TABLA 15 – pag. 66) el rango es 0-150, quiere decir que está en el rango normal.
- Silicio (Si): en el análisis arroja 5 ppm, y en los límites de desgaste de mando finales (TABLA 15 – pag. 66) el rango es 0-30, quiere decir que está en el rango normal.

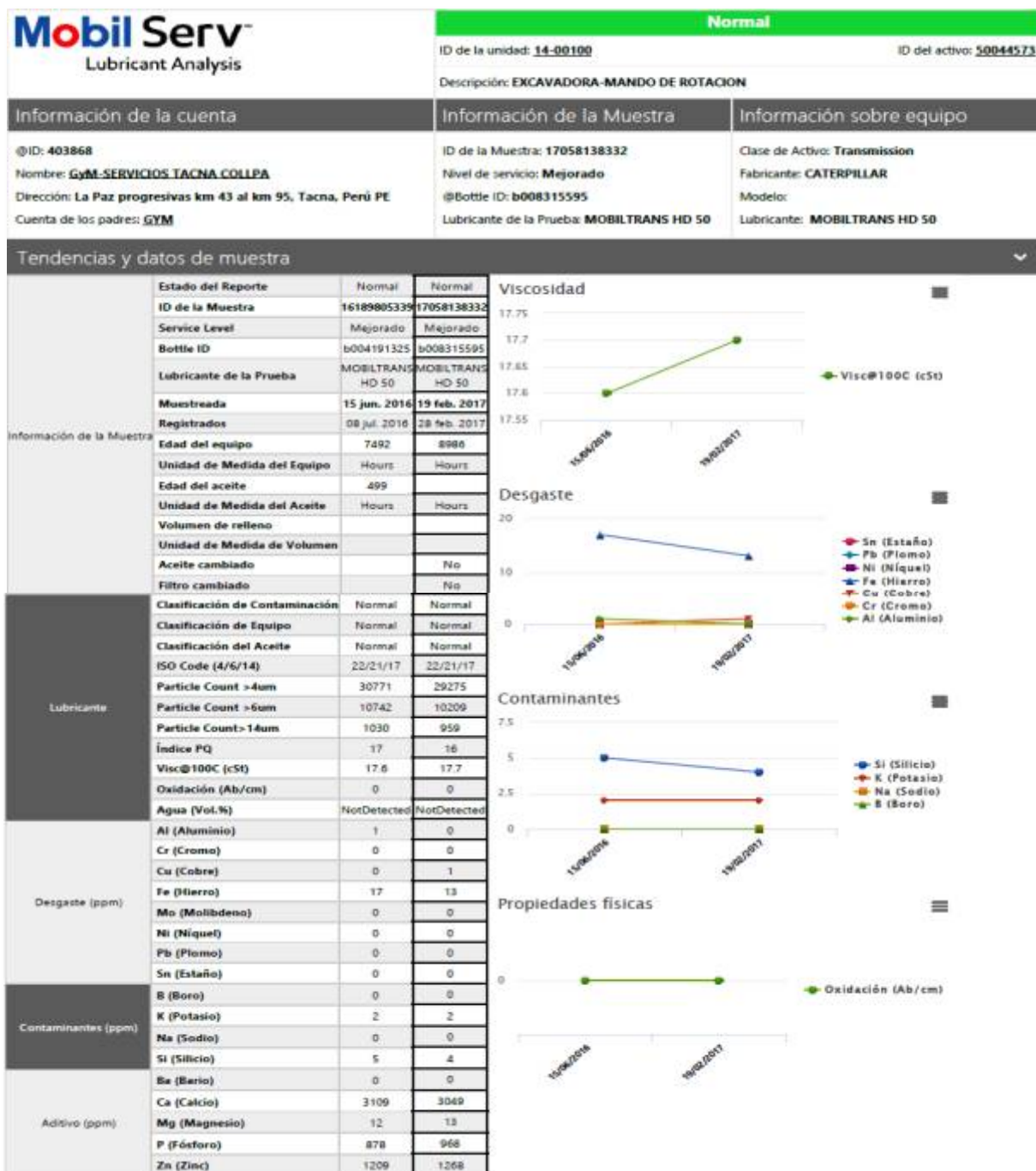
La razón del estado de precaución de la muestra, es debido a que está altamente contaminada con sedimentos visibles. Considere lo siguiente:

- a. La muestra puede no ser representativa del sistema si esta fue tomada en un área no turbulenta (p.e. fondo del depósito).
- b. La instalación de puertos de muestreo ayuda a asegurar que la muestra del mismo lugar cada vez.
- c. Asegúrese que todas las tapas y respiraderos del tanque estén correctamente colocados.

Si es aplicable, verifique que los filtros y/o centrifugas estén funcionando adecuadamente. Si la muestra es considerada como representativa del sistema, entonces drene el sistema para prevenir daño del equipo.

### 1.2.3. Análisis de Mando Rotación:

Tabla 18: Análisis de aceite excavadora – Mando de rotación





Los resultados del informe de análisis de aceite de EXCAVADORA –  
MANDO DE ROTACION:

- Fecha de muestreada: 19 febrero 2017
- El Lubricante usado es MOBILTRANS HD 50
- Estado de lubricante de aceite: Normal (Verde)
- Edad del aceite lubricante: 986 horas
- Edad del equipo: 8986 horas
- Código ISO: 22/21/17, para ser exactos 29275, 10209 y 959 ppm por cada canal respectivamente.
- No existe contaminación de lubricante.
  - Nivel de agua: no detectada.
  - Oxidación: 0 ABS/cm, el máximo permitido es 30 ABS/cm (pag. 39)
- Discusión de índices de metales en el lubricante:
  - Cromo (Cr): El análisis arroja 0 ppm.
  - Aluminio (Al): El análisis arroja 0 ppm.
  - Molibdeno (Mo): El análisis arroja 0 ppm.
  - Niquel (Ni): El análisis arroja 0 ppm.
  - Plomo (Pb): El análisis arroja 0 ppm.
  - Estaño (Sn): El análisis arroja 0 ppm.
  - Cobre (Cu): en el análisis arroja 1 ppm, y en los límites de desgaste de mandos de rotación (TABLA 14 – pag. 66) el rango es 0-120, quiere decir que está en el rango normal.

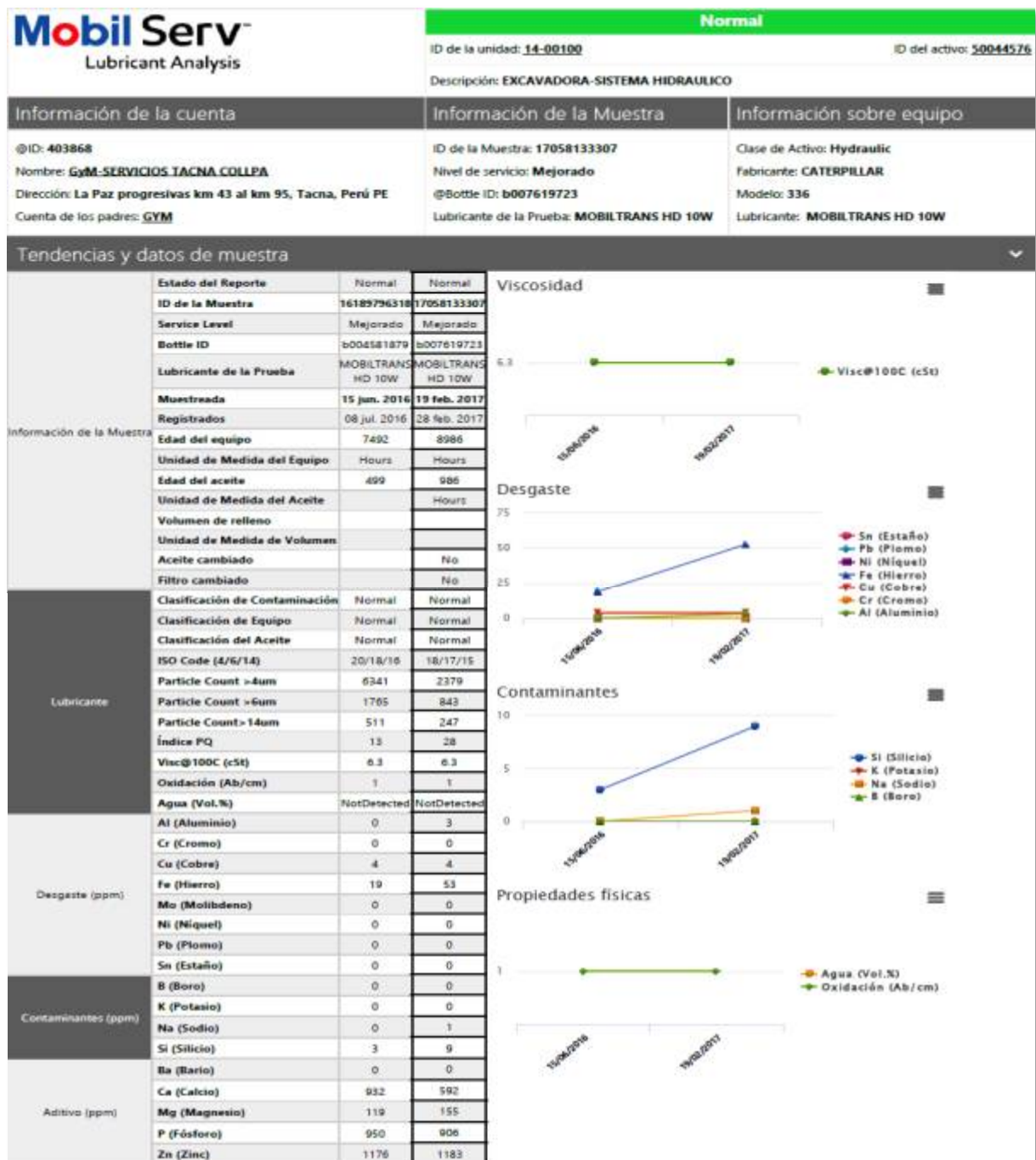
- Hierro (Fe): en el análisis arroja 13 ppm, y en los límites de desgaste de mando de rotación (TABLA 14 – pag. 66) el rango es 0-100, quiere decir que está en el rango normal.
- Silicio (Si): en el análisis arroja 4 ppm, y en los límites de desgaste de mando de rotación (TABLA 15 – pag. 66) el rango es 0-30, quiere decir que está en el rango normal.

En este análisis los rangos de las sustancias están dentro del rango normal por lo tanto no hay necesidad de ningún cambio, en el equipo o lubricante.

No se requieren acciones en el aceite o equipo. Los resultados indican que todos los niveles se encuentran dentro de rangos aceptables.

## 1.2.4. Análisis de Sistema Hidráulico:

Tabla 19: Análisis de aceite excavadora – Sistema hidráulico



Los resultados del informe de análisis de aceite de EXCAVADORA –  
SISTEMA HIDRAULICO:

- Fecha de muestreada: 19 febrero 2017
- El Lubricante usado es MOBILTRANS HD 10W
- Estado de lubricante de aceite: Normal (Verde)
- Edad del aceite lubricante: 986 horas
- Edad del equipo: 8986 horas
- Código ISO: 22/21/17, para ser exactos 29275, 10209 y 959 ppm por cada canal respectivamente.
- No existe contaminación de lubricante.
  - Nivel de agua: no detectada.
  - Oxidación: 1 ABS/cm, el máximo permitido es 30 ABS/cm (pag. 39)
- Discusión de índices de metales en el lubricante:
  - Cromo (Cr): El análisis arroja 0 ppm.
  - Molibdeno (Mo): El análisis arroja 0 ppm.
  - Niquel (Ni): El análisis arroja 0 ppm.
  - Plomo (Pb): El análisis arroja 0 ppm.
  - Estaño (Sn): El análisis arroja 0 ppm.
  - Aluminio (Al): en el análisis arroja 3 ppm, y en los límites de desgaste de sistema hidráulico (TABLA 13 – pag. 65) el rango es 0-8, quiere decir que está en el rango normal.
  - Cobre (Cu): en el análisis arroja 4 ppm, y en los límites de desgaste de sistema hidráulico (TABLA 13 – pag. 65) el rango es 0-15, quiere decir que está en el rango normal.

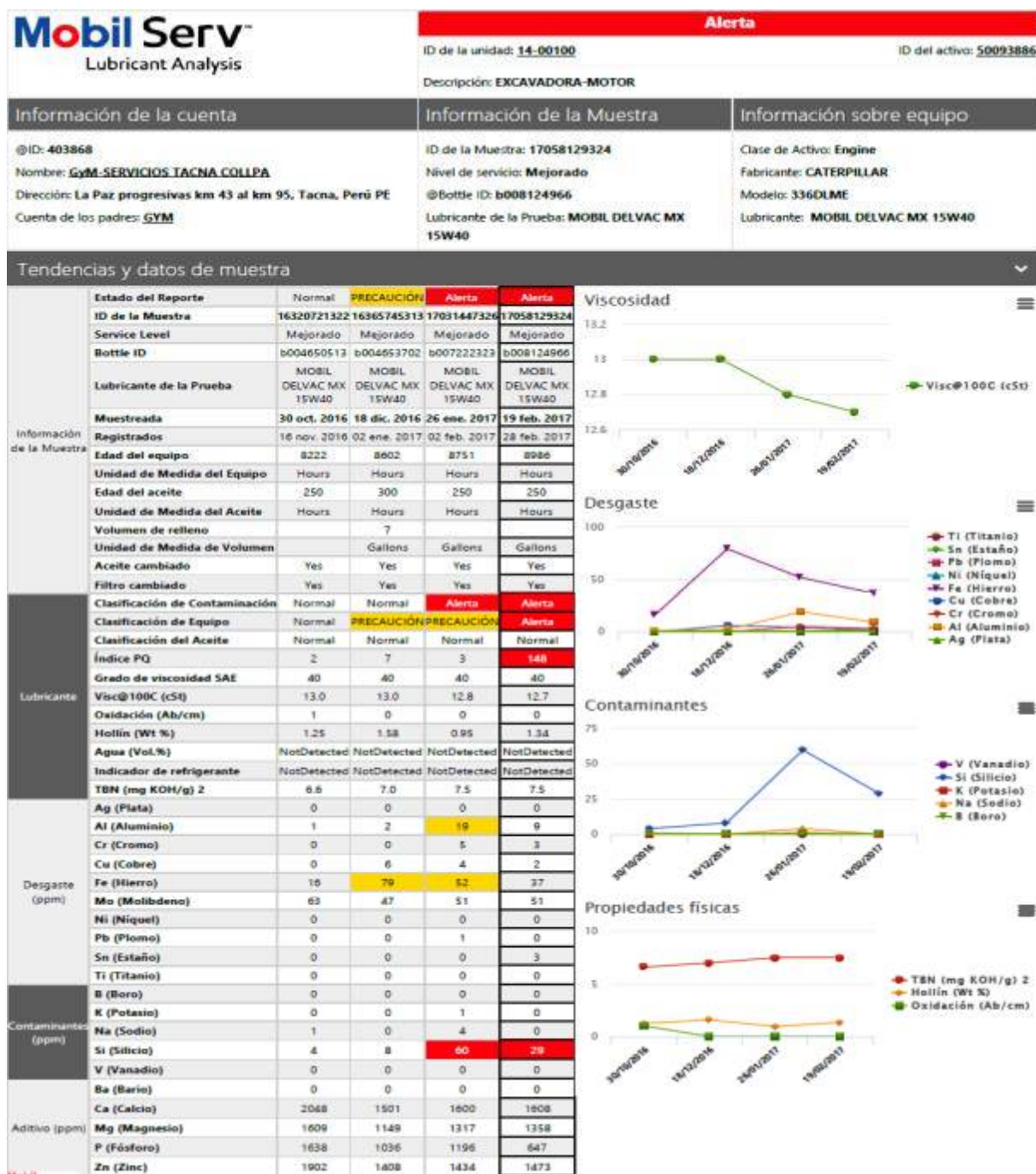
- Hierro (Fe): en el análisis arroja 53 ppm, y en los límites de desgaste de sistema hidráulico (TABLA 14 – pag. 66) el rango es 0-100, quiere decir que está en el rango normal.
- Silicio (Si): en el análisis arroja 9 ppm, y en los límites de desgaste de sistema hidráulico (TABLA 13 – pag. 66) el rango es 0-10, quiere decir que está en el rango normal.

En este análisis los rangos de las sustancias están dentro del rango normal por lo tanto no hay necesidad de ningún cambio, en el equipo o lubricante.

No se requieren acciones en el aceite o equipo. Los resultados indican que todos los niveles se encuentran dentro de rangos aceptables.

## 1.2.5. Análisis de Motor: 19 febrero 2017

Tabla 20: Análisis de aceite excavadora – Motor I



Los resultados del informe de análisis de aceite de MOTOR: 19 febrero 2017.

- Fecha de muestreada: 19 febrero 2017
- El Lubricante usado es MOVIL DELVAC MX 15W40
- Estado de lubricante de aceite: Alerta (rojo)
- Edad del aceite lubricante: 250 horas
- Edad del equipo: 8986 horas
- No existe contaminación de lubricante.
  - Nivel de agua: no detectada.
  - Oxidación: 1 ABS/cm, el máximo permitido es 30 ABS/cm (pag. 39)
  - Hollín: Nivel bajo en el motor y es de 1.34 Wt %
- Discusión de índices de metales en el lubricante:
  - Cromo (Cr): en el análisis arroja 3 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 12 – pag. 65) el rango es 0-10, quiere decir que está en el rango normal.
  - Molibdeno (Mo): en el análisis arroja 51 ppm, es un índice debido a los aditivos que contienen, al Mo, el cual lo arrojan en una cantidad apropiada para protección de lubricante. Por lo tanto no hay índice de alarma.
  - Niquel (Ni): El análisis arroja 0 ppm.
  - Plomo (Pb): El análisis arroja 0 ppm.
  - Estaño (Sn): en el análisis arroja 3 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 12 – pag. 65) el rango es 0-15, quiere decir que está en el rango normal.

- Aluminio (Al): en el análisis arroja 9 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 12 – pag. 65) el rango es 0-15, quiere decir que está en el rango normal.
- Cobre (Cu): en el análisis arroja 2 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 12 – pag. 65) el rango es 0-25, quiere decir que está en el rango normal.
- Hierro (Fe): en el análisis arroja 37 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 12 – pag. 65) el rango es 0-70, quiere decir que está en el rango normal.
- Silicio (Si): en el análisis arroja 29 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 13 – pag. 66) el rango es 0-10, 10-15 (precaución), y más de 15 (alerta), quiere decir que, los índices presente en el lubricante son excesivos, por eso sale la señal de alerta. Las fuentes de silicio que afectan al motor son producidos por agentes no propios de la metalurgia de la maquina como, la tierra y antiespumantes.

Fuentes posibles de silicio no abrasivo incluyen:

- a. Antiespumantes, compuestos de juntas o sellantes.
- b. Procedimientos inapropiados de toma de muestra/manipulación (por ej. envase de muestra contaminado con suciedad, muestra tomada bajo condiciones de mucho viento en una situación donde hay presencia de polvo, tapas de envases que permanecieron fuera de los envases por un largo periodo de tiempo).



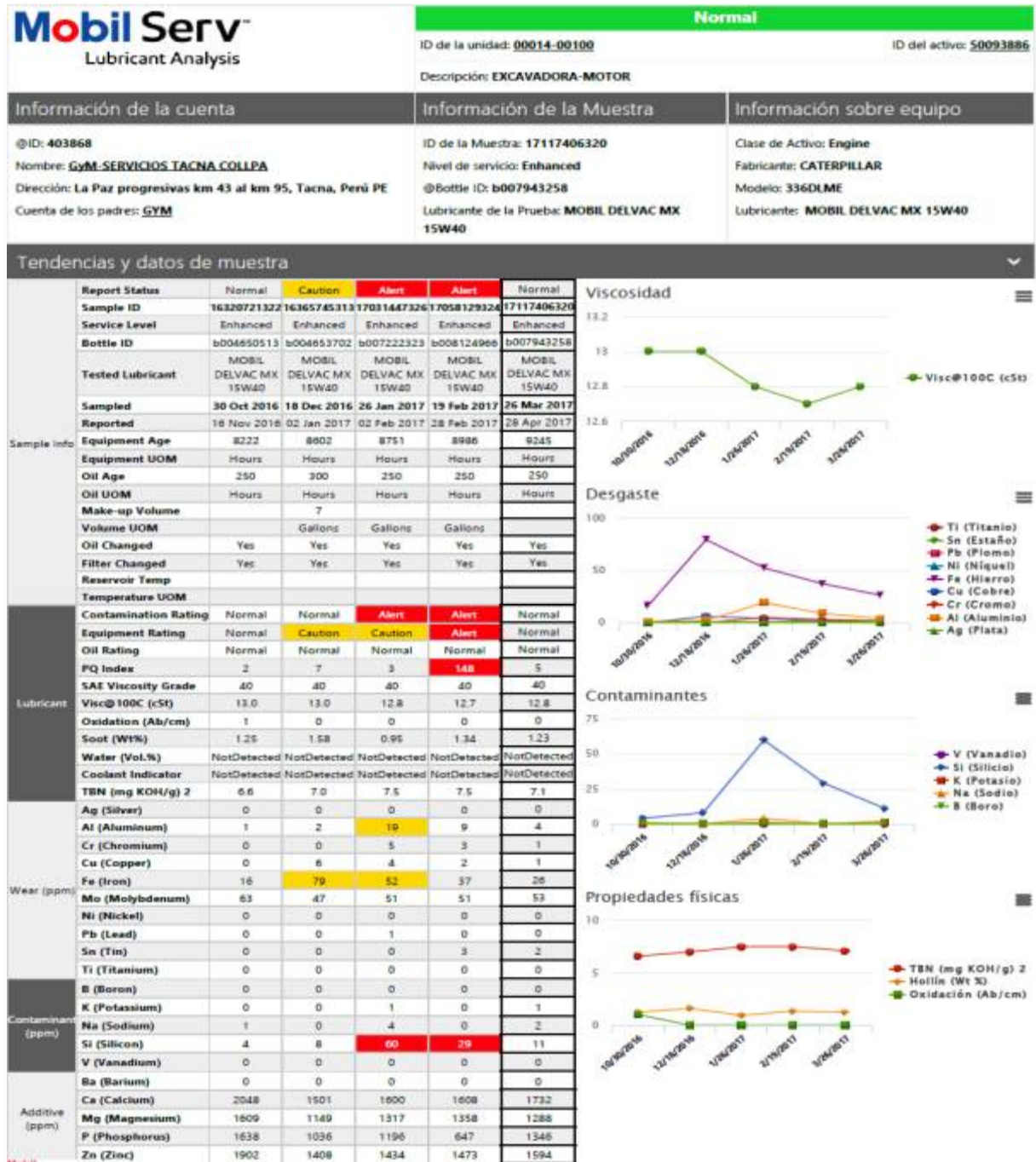
- c. Motores operando con gas combustible que contiene siloxanos no abrasivos.

En este análisis los rangos de las sustancias están dentro del rango normal, excepto el nivel de silicio, pues nos arroja un nivel excesivo de más del rango normal, entonces las acciones requeridas son las siguientes:

- Ejecutar el cambio del motor pues está en el rango de uso de lubricante (250 horas).
- Evitar las fuentes excesivas de silicio en el ambiente laboral y antiespumantes.

## 1.2.6. Análisis de Motor: 26 marzo 2017

Tabla 21: Análisis de aceite excavadora – Motor II



Los resultados del informe de análisis de aceite de MOTOR: 19 febrero 2017.

- Fecha de muestreada: 26 Marzo 2017
- El Lubricante usado es MOVIL DELVAC MX 15W40
- Estado de lubricante de aceite: Normal (verde)
- Edad del aceite lubricante: 250 horas
- Edad del equipo: 9245 horas
- No existe contaminación de lubricante.
  - Nivel de agua: no detectada.
  - Oxidación: 0 ABS/cm, el máximo permitido es 30 ABS/cm (pag. 39)
  - Hollín: Nivel bajo en el motor y es de 1.23 Wt % (menos incluso que es mes anterior).
- Discusión de índices de metales en el lubricante:
  - Cromo (Cr): en el análisis arroja 1 ppm, y en los límites de desgaste de mando finales (TABLA 12 – pag. 65) el rango es 0-10, quiere decir que está en el rango normal.
  - Molibdeno (Mo): en el análisis arroja 53 ppm, es un índice debido a los aditivos que contienen, al Mo, el cual lo arrojan en una cantidad apropiada para protección de lubricante. Por lo tanto no hay índice de alarma.
  - Niquel (Ni): El análisis arroja 0 ppm.
  - Plomo (Pb): El análisis arroja 0 ppm.

- Estaño (Sn): en el análisis arroja 2 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 12 – pag. 65) el rango es 0-15, quiere decir que está en el rango normal.
- Aluminio (Al): en el análisis arroja 4 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 12 – pag. 65) el rango es 0-15, quiere decir que está en el rango normal.
- Cobre (Cu): en el análisis arroja 1 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 12 – pag. 65) el rango es 0-25, quiere decir que está en el rango normal.
- Hierro (Fe): en el análisis arroja 26 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 12 – pag. 65) el rango es 0-70, quiere decir que está en el rango normal.
- Silicio (Si): en el análisis arroja 11 ppm, y en los límites de desgaste de motor (TABLA 13 – pag. 66) el rango es 0-10, quiere decir que está en el rango normal.

En este análisis los rangos de las sustancias están dentro del rango normal por lo tanto no hay necesidad de ningún cambio, en el equipo o lubricante.

No se requieren acciones en el aceite o equipo. Los resultados indican que todos los niveles se encuentran dentro de rangos aceptables.

### **1.3. Mantenimiento de la excavadora CAT 336 – código 14001**

El plan ejecutado del equipo, se ha basado principalmente en el análisis de aceite lubricante realizado en él, en el trabajo que realiza por horas, y de acuerdo a revisiones impuestas en un determinado momento por el fabricante de la excavadora, por ello a continuación, presentaremos un plan basado en un mantenimiento, predictivo (basado en el análisis de aceite), preventivo (teniendo como prioridad las horas de trabajo), y correctivo (reemplazando piezas o haciendo las revisiones de lo que podría estar en mal funcionamiento).

*Tabla 22: Mantenimiento de excavadora a 7500 horas*

| SERVICIO A EJECUTAR                                                            |                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                              | Limpieza del equipo                                                                   |
| 2                                                                              | Revisar nivel de refrigerante en radiador                                             |
| 3                                                                              | Cambiar aceite de motor. Usar 10 galones de aceite Mobil 15W40                        |
| 4                                                                              | Cambiar filtro de aceite de motor.                                                    |
| 5                                                                              | Cambiar filtro de petróleo.                                                           |
| 6                                                                              | Cambiar filtro de aceite hidráulico                                                   |
| 7                                                                              | Tomar muestra de aceite hidráulico                                                    |
| 8                                                                              | Cambiar filtro de aire primario                                                       |
| 9                                                                              | Cambiar filtro de aire secundario                                                     |
| 10                                                                             | Inspeccionar sistema de admisión de aire, empalmes y mangueras.                       |
| 11                                                                             | Chequear ajuste de pernos de motor, tapa de balancines y carter.                      |
| 12                                                                             | Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible                                    |
| 13                                                                             | Verificar que no haya fugas de aceite o combustible y gases en el motor.              |
| 14                                                                             | Inspeccionar desgastes en poleas y estado de fajas del ventilador y alternador.       |
| 15                                                                             | Revisar funcionamiento de bomba de agua                                               |
| 16                                                                             | Revisar bomba de inyección y cañerías, eliminar posibles fugas. Drenar agua de tanque |
| 17                                                                             | Limpiar respiradero de motor.                                                         |
| 18                                                                             | Lubricar cojinete de polea del ventilador.                                            |
| 19                                                                             | Inspeccionar el estado del boom                                                       |
| 20                                                                             | Cambiar filtro de aceite de transmisión                                               |
| 21                                                                             | Cambiar aceite de transmisión                                                         |
| 22                                                                             | Comprobar la operación de los pedales de frenos                                       |
| 23                                                                             | Chequear funcionamiento de motor de giro                                              |
| 24                                                                             | Cambiar aceite del mando de rotación                                                  |
| 25                                                                             | Cambiar de aceite de mandos finales                                                   |
| 26                                                                             | Lubricar cojinetes de cilindros hidráulicos                                           |
| 27                                                                             | Inspeccionar cadenas, zapatas                                                         |
| 28                                                                             | Lubricar cojinetes del bastidor de rodillos inferiores                                |
| 29                                                                             | Inspeccionar pasadores de cadena                                                      |
| 30                                                                             | Inspeccionar cojinetes de la maza de la rueda motriz                                  |
| 31                                                                             | Verificar templado de cadenas de orugas                                               |
| 32                                                                             | Revisar estado de templador de cadenas                                                |
| 33                                                                             | Revisar instrumentos de tablero y fusibles.                                           |
| 34                                                                             | Revisar funcionamiento de luces y alarma de retroceso.                                |
| 35                                                                             | Chequear alarma de retroceso                                                          |
| 36                                                                             | Chequear baterías y niveles de electrolitos                                           |
| 37                                                                             | Llenar depósito del lavaparabrisas                                                    |
| 38                                                                             | Chequear y eliminar fugas en cilindros hidráulicos                                    |
| 39                                                                             | Inspeccionar si existen rajaduras en el lampón                                        |
| 40                                                                             | Verificar estado de uñas.                                                             |
| 41                                                                             | Engrase general                                                                       |
| <b>NOTA: Sacar muestras de aceite hidráulico, transmisión y mandos finales</b> |                                                                                       |

*Tabla 23: Mantenimiento de excavadora a 8000 horas*

| SERVICIO A EJECUTAR                            |                                                                                       |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                              | Limpieza del equipo                                                                   |
| 2                                              | Revisar nivel de refrigerante en radiador                                             |
| 3                                              | Cambiar aceite de motor. Usar 10 galones de aceite Mobil 15W40                        |
| 4                                              | Cambiar filtro de aceite de motor.                                                    |
| 5                                              | Cambiar filtro de petróleo.                                                           |
| 6                                              | Cambiar filtro separador de agua si el sistema lo tiene                               |
| 7                                              | Limpiar filtros de aire                                                               |
| 8                                              | Inspeccionar sistema de admisión de aire, empalmes y mangueras.                       |
| 9                                              | Chequear ajuste de pernos de motor, tapa de balancines y carter.                      |
| 10                                             | Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible                                    |
| 11                                             | Verificar que no haya fugas de aceite o combustible y gases en el motor.              |
| 12                                             | Inspeccionar desgastes en poleas y estado de fajas del ventilador y alternador.       |
| 13                                             | Revisar funcionamiento de bomba de agua                                               |
| 14                                             | Revisar bomba de inyección y cañerías, eliminar posibles fugas. Drenar agua de tanque |
| 15                                             | Limpiar respiradero de motor.                                                         |
| 16                                             | Lubricar cojinete de polea del ventilador.                                            |
| 17                                             | Inspeccionar el estado del boom                                                       |
| 18                                             | Revisar nivel de aceite de transmisión                                                |
| 19                                             | Revisar nivel de aceite del sistema hidráulico.                                       |
| 20                                             | Comprobar la operación de los pedales de frenos                                       |
| 21                                             | Chequear funcionamiento de motor de giro                                              |
| 22                                             | Revisar nivel de aceite del mando de rotación                                         |
| 23                                             | Revisar nivel de aceite de mandos finales                                             |
| 24                                             | Lubricar cojinetes de cilindros hidráulicos                                           |
| 25                                             | Inspeccionar cadenas, zapatas                                                         |
| 26                                             | Lubricar cojinetes del bastidor de rodillos inferiores                                |
| 27                                             | Inspeccionar pasadores de cadena                                                      |
| 28                                             | Inspeccionar cojinetes de la maza de la rueda motriz                                  |
| 29                                             | Verificar templado de cadenas de orugas                                               |
| 30                                             | Revisar estado de templador de cadenas                                                |
| 31                                             | Revisar instrumentos de tablero y fusibles.                                           |
| 32                                             | Revisar funcionamiento de luces y alarma de retroceso.                                |
| 33                                             | Chequear alarma de retroceso                                                          |
| 34                                             | Chequear baterías y niveles de electrolitos                                           |
| 35                                             | Llenar depósito del lavaparabrisas                                                    |
| 36                                             | Chequear y eliminar fugas en cilindros hidráulicos                                    |
| 37                                             | Inspeccionar si existen rajaduras en el lampón                                        |
| 38                                             | Verificar estado de uñas.                                                             |
| 39                                             | Engrase general                                                                       |
| <b>NOTA: Sacar muestras de aceite de motor</b> |                                                                                       |

*Tabla 24: Mantenimiento de excavadora a 8500 horas*

| SERVICIO A EJECUTAR                            |                                                                                       |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                              | Limpieza del equipo                                                                   |
| 2                                              | Revisar nivel de refrigerante en radiador                                             |
| 3                                              | Cambiar aceite de motor. Usar 10 galones de aceite Mobil 15W40                        |
| 4                                              | Cambiar filtro de aceite de motor.                                                    |
| 5                                              | Cambiar filtro de petróleo.                                                           |
| 7                                              | Tomar muestra de aceite de motor                                                      |
| 8                                              | Cambiar filtro de aire primario                                                       |
| 9                                              | Inspeccionar sistema de admisión de aire, empalmes y mangueras.                       |
| 10                                             | Chequear ajuste de pernos de motor, tapa de balancines y carter.                      |
| 11                                             | Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible                                    |
| 12                                             | Verificar que no haya fugas de aceite o combustible y gases en el motor.              |
| 13                                             | Inspeccionar desgastes en poleas y estado de fajas del ventilador y alternador.       |
| 14                                             | Revisar funcionamiento de bomba de agua                                               |
| 15                                             | Revisar bomba de inyección y cañerías, eliminar posibles fugas. Drenar agua de tanque |
| 16                                             | Limpiar respiradero de motor.                                                         |
| 17                                             | Lubricar cojinete de polea del ventilador.                                            |
| 18                                             | Inspeccionar el estado del boom                                                       |
| 19                                             | Cambiar filtro de aceite de transmisión                                               |
| 20                                             | Revisar nivel de aceite de transmisión                                                |
| 21                                             | Comprobar la operación de los pedales de frenos                                       |
| 22                                             | Chequear funcionamiento de motor de giro                                              |
| 23                                             | Revisar nivel de aceite del mando de rotación                                         |
| 24                                             | Revisar nivel de aceite de mandos finales                                             |
| 25                                             | Lubricar cojinetes de cilindros hidráulicos                                           |
| 26                                             | Inspeccionar cadenas, zapatas                                                         |
| 27                                             | Lubricar cojinetes del bastidor de rodillos inferiores                                |
| 28                                             | Inspeccionar pasadores de cadena                                                      |
| 29                                             | Inspeccionar cojinetes de la maza de la rueda motriz                                  |
| 30                                             | Verificar templado de cadenas de orugas                                               |
| 31                                             | Revisar estado de templador de cadenas                                                |
| 32                                             | Revisar instrumentos de tablero y fusibles.                                           |
| 33                                             | Revisar funcionamiento de luces y alarma de retroceso.                                |
| 34                                             | Chequear alarma de retroceso                                                          |
| 35                                             | Chequear baterías y niveles de electrolitos                                           |
| 36                                             | Llenar depósito del lavaparabrisas                                                    |
| 37                                             | Chequear y eliminar fugas en cilindros hidráulicos                                    |
| 38                                             | Inspeccionar si existen rajaduras en el lampón                                        |
| 39                                             | Verificar estado de uñas.                                                             |
| 40                                             | Engrase general                                                                       |
| <b>NOTA: Sacar muestras de aceite de motor</b> |                                                                                       |



*Tabla 25: Mantenimiento de excavadora a 9000 horas*

| SERVICIO A EJECUTAR                                                                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                         | Limpieza del equipo                                                                   |
| 2                                                                                         | Revisar nivel de refrigerante en radiador                                             |
| 3                                                                                         | Cambiar aceite de motor. Usar 10 galones de aceite Mobil 15W40                        |
| 4                                                                                         | Cambiar filtro de aceite de motor.                                                    |
| 5                                                                                         | Cambiar filtro de petróleo.                                                           |
| 6                                                                                         | Cambiar filtro de aceite hidráulico                                                   |
| 7                                                                                         | Tomar muestra de aceite hidráulico                                                    |
| 8                                                                                         | Cambiar filtro de aire primario                                                       |
| 9                                                                                         | Cambiar filtro de aire secundario                                                     |
| 10                                                                                        | Inspeccionar sistema de admisión de aire, empalmes y mangueras.                       |
| 11                                                                                        | Chequear ajuste de pernos de motor, tapa de balancines y carter.                      |
| 12                                                                                        | Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible                                    |
| 13                                                                                        | Verificar que no haya fugas de aceite o combustible y gases en el motor.              |
| 14                                                                                        | Inspeccionar desgastes en poleas y estado de fajas del ventilador y alternador.       |
| 15                                                                                        | Revisar funcionamiento de bomba de agua                                               |
| 16                                                                                        | Revisar bomba de inyección y cañerías, eliminar posibles fugas. Drenar agua de tanque |
| 17                                                                                        | Limpiar respiradero de motor.                                                         |
| 18                                                                                        | Lubricar cojinete de polea del ventilador.                                            |
| 19                                                                                        | Inspeccionar el estado del boom                                                       |
| 20                                                                                        | Cambiar filtro de aceite de transmisión                                               |
| 21                                                                                        | Revisar nivel de aceite de transmisión                                                |
| 22                                                                                        | Comprobar la operación de los pedales de frenos                                       |
| 23                                                                                        | Chequear funcionamiento de motor de giro                                              |
| 24                                                                                        | Revisar nivel de aceite del mando de rotación                                         |
| 25                                                                                        | Revisar nivel de aceite de mandos finales                                             |
| 26                                                                                        | Lubricar cojinetes de cilindros hidráulicos                                           |
| 27                                                                                        | Inspeccionar cadenas, zapatas                                                         |
| 28                                                                                        | Lubricar cojinetes del bastidor de rodillos inferiores                                |
| 29                                                                                        | Inspeccionar pasadores de cadena                                                      |
| 30                                                                                        | Inspeccionar cojinetes de la maza de la rueda motriz                                  |
| 31                                                                                        | Verificar templado de cadenas de orugas                                               |
| 32                                                                                        | Revisar estado de templador de cadenas                                                |
| 33                                                                                        | Revisar instrumentos de tablero y fusibles.                                           |
| 34                                                                                        | Revisar funcionamiento de luces y alarma de retroceso.                                |
| 35                                                                                        | Chequear alarma de retroceso                                                          |
| 36                                                                                        | Chequear baterías y niveles de electrolitos                                           |
| 37                                                                                        | Llenar deposito del lavaparabrisas                                                    |
| 38                                                                                        | Chequear y eliminar fugas en cilindros hidráulicos                                    |
| 39                                                                                        | Inspeccionar si existen rajaduras en el lampón                                        |
| 40                                                                                        | Verificar estado de uñas.                                                             |
| 41                                                                                        | Engrase general                                                                       |
| <b>NOTA: Sacar muestras de aceite de motor, hidráulico, transmisión, y mandos finales</b> |                                                                                       |

#### 1.4. Disponibilidad de excavadora CAT 336 – Código 14001

Tabla 26: Disponibilidad de Excavadora 336 CAT – Código 14001

| DISPONIBILIDAD MENSUAL EXCAVADORA CAT 336 - CODIGO 14001 |        |        |        |         |           |          |        |     |       |       |
|----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|---------|-----------|----------|--------|-----|-------|-------|
| N°                                                       | FECHA  | HRS. P | HRS. T | HRS. MP | HRS. MCNP | HRS. MMO | DISPON | OP. | INCR. | UTIL. |
| 0                                                        | -      | -      | -      | -       | -         | -        | 86%    | -   | -     | -     |
| 1                                                        | jun-16 | 180    | 148    | 14      | 4         | 2        | 89%    | 86% | 3%    | 88%   |
| 2                                                        | jul-16 | 180    | 145    | 0       | 0         | 2        | 99%    | 99% | 13%   | 99%   |
| 3                                                        | ago-16 | 180    | 143    | 0       | 6         | 3        | 95%    | 94% | 9%    | 94%   |
| 4                                                        | sep-16 | 180    | 167    | 14      | 5         | 2        | 88%    | 87% | 2%    | 89%   |
| 5                                                        | oct-16 | 180    | 141    | 0       | 0         | 3        | 98%    | 98% | 12%   | 98%   |
| 6                                                        | nov-16 | 180    | 156    | 0       | 8         | 2        | 94%    | 94% | 8%    | 94%   |
| 7                                                        | dic-16 | 180    | 169    | 14      | 5         | 2        | 88%    | 88% | 2%    | 89%   |
| 8                                                        | ene-17 | 180    | 148    | 0       | 0         | 3        | 98%    | 98% | 12%   | 98%   |
| 9                                                        | feb-17 | 180    | 155    | 0       | 9         | 2        | 94%    | 93% | 8%    | 93%   |
| 10                                                       | mar-17 | 180    | 162    | 14      | 5         | 2        | 88%    | 87% | 2%    | 89%   |
| TOTAL                                                    |        | 1800   | 1534   | 56      | 42        | 23       | 93%    | 92% | 7%    | 93%   |

Fuente: elaboración propia

En la tabla la franja de amarillo da los resultados iniciales de la excavadora antes del proyecto la cual tenía una disponibilidad del 86%, y la azul muestra el total de los parámetros que ayudaron a encontrar la disponibilidad de la EXCAVADORA CAT 336 – CODIGO 14-001.

Se muestra una tabla de disponibilidad con los resultados dados de forma mensual y el promedio total de los 10 meses. A continuación se muestra una explicación detalle a detalle sobre significados y valores de la tabla de disponibilidad:

- N°: significa el mes desde que empezó a trabajar la excavadora CAT 336, con un total de 10 meses.

- Fecha: se especifica los meses donde ha operado la excavadora CAT 336 con código 14-001. La cual empezó desde junio 2016 hasta marzo 2017.
- Hrs. P. (Horas de programación): son las horas las cuales se le ha programado en tiempo calendario, para que opere la excavadora.
- Hrs. T. (Horas de Trabajo): es el total de horas que ha laborado la excavadora en tiempo real.
- Hrs. MP (Horas Mantenimiento Programado): son las horas que se le dedica al mantenimiento de la excavadora, aquí se tiene un conocimiento de cuánto tiempo estará fuera de servicio la excavadora CAT 336. El Mantenimiento programado se tiene una estimación de 14 horas, por lo tanto, durante los 10 meses se tuvieron cuatro programaciones, teniendo un total de 56 horas totales.
- Hrs. MCNP (Horas Mantenimiento Correctivo No Programado): son las horas fuera de programación que se le dedica al cuidado de la excavadora, es decir, es el tiempo en el cual se ve forzado a dedicarle para reparar las fallas que causaron el trabajo extremo a la excavadora. Teniendo un total de 42 horas de mantenimiento correctivo.
- Hrs. MMO (Horas por Mantenimiento por Mala Operación): Horas por malas maniobras por parte del operador, quien es la persona responsable de operar la máquina, es decir, la mala operatividad del operador, las cuales son 23 horas totales.

- Dispon.: La disponibilidad, aquí se muestra el porcentaje de las horas trabajadas con respecto al total de horas dedicadas a la excavadora (horas de trabajo más horas dedicadas al mantenimiento). La disponibilidad promedio es de 93%, y el incremento fue de 7% respecto a la disponibilidad inicial, la cual fue de 86% (Fila amarilla – tabla 26). A continuación se presenta, una discusión detallada de las disponibilidades de julio 2016 hasta marzo 2017.
  - Disponibilidad más baja: 88% (setiembre 2016, diciembre 2016 y marzo 2017).
  - Disponibilidad más alta: 99% (Julio 2016).
  - Disponibilidad promedio: 92% (disponibilidad promedio de los 10 meses de operación). Total de horas de mantenimiento: es la suma de horas de todos los mantenimientos dados a excavadora CAT 336, con un total de 121 horas las cuales se dedicó al mantenimiento del equipo.
- Op. (Operatividad): Porcentaje del tiempo de trabajo realizado por la máquina, teniendo en cuenta las horas del mantenimiento realizado. Es decir:
 
$$Op = \frac{\text{Horas de trabajo} - \text{Horas total de mantenimiento}}{\text{Horas de trabajo}}$$
- Incremento: Son los índices donde se ve reflejado el incremento de las disponibilidades mensuales respecto a la inicial (fila de color amarillo).
  - Incremento más bajo: 1% (setiembre 2016, diciembre 2016 y marzo 2017).
  - Incremento alto: 13% (julio 2016).

- Incremento con respecto al promedio de los 10 meses (filas verdes) posteriores al primero (fila amarilla): 7%
- Util. (Utilidad): es el porcentaje de las horas de trabajo respecto al total de horas que se le han dedicado al equipo (Horas de trabajo más horas de mantenimiento). Es decir:

$$Utilidad = \frac{\text{Horas de trabajo}}{\text{Horas de trabajo} + \text{Horas de mantenimiento}}$$

#### 1.4.1. Inoperatividad mensual en horas de la Excavadora Cat 336

Tabla 27: Cuadro de inoperatividad de la excavadora CAT 336

| CUADRO DE INOPERATIVIDAD MENSUAL DE LA EXCAVADORA CAT 336 |             |             |             |        |          |       |                |              |           |           |               |            |
|-----------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------|----------|-------|----------------|--------------|-----------|-----------|---------------|------------|
| ITEM                                                      | CODIGO GYM  | Descripción | Marca       | Modelo | Fecha    | Turno | Horom. Inicial | Horom. Final | Hrs Trab. | Hrs Prog. | Hrs. Stand by | Hrs. Inop. |
| 1                                                         | 00014-00100 | EXCAVADORA  | CATERPILLAR | 336    | jun-2016 | DIA   | 7492           | 7640         | 148       | 180       | 12            | 20         |
| 2                                                         | 00014-00100 | EXCAVADORA  | CATERPILLAR | 336    | jul-2016 | DIA   | 7640           | 7785         | 145       | 180       | 33            | 2          |
| 3                                                         | 00014-00100 | EXCAVADORA  | CATERPILLAR | 336    | ago-2016 | DIA   | 7785           | 7928         | 143       | 180       | 28            | 9          |
| 4                                                         | 00014-00100 | EXCAVADORA  | CATERPILLAR | 336    | sep-2016 | DIA   | 7928           | 8095         | 167       | 180       | -8            | 21         |
| 5                                                         | 00014-00100 | EXCAVADORA  | CATERPILLAR | 336    | oct-2016 | DIA   | 8095           | 8236         | 141       | 180       | 36            | 3          |
| 6                                                         | 00014-00100 | EXCAVADORA  | CATERPILLAR | 336    | nov-2016 | DIA   | 8236           | 8392         | 156       | 180       | 14            | 10         |
| 7                                                         | 00014-00100 | EXCAVADORA  | CATERPILLAR | 336    | dic-2016 | DIA   | 8392           | 8561         | 169       | 180       | -10           | 21         |
| 8                                                         | 00014-00100 | EXCAVADORA  | CATERPILLAR | 336    | ene-2017 | DIA   | 8561           | 8709         | 148       | 180       | 32            | 3          |
| 9                                                         | 00014-00100 | EXCAVADORA  | CATERPILLAR | 336    | feb-2017 | DIA   | 8709           | 8864         | 155       | 180       | 25            | 11         |
| 10                                                        | 00014-00100 | EXCAVADORA  | CATERPILLAR | 336    | mar-2017 | DIA   | 8864           | 9026         | 162       | 180       | 18            | 21         |
| TOTAL                                                     |             |             |             |        |          |       |                |              | 1534      | 1800      | 180           | 121        |

En el cuadro se ve reflejado las horas de Inoperatividad, las cuales son las horas que la maquina a estado fuera de servicio, es decir, en mantenimiento, a continuación se explica los detalles más relevantes del cuadro de inoperatividad:

- ITEM: mes a analizar (10 meses totales).
- CODIGO GYM: código nombrado por la empresa Graña y Montero a la excavadora CAT 336.

- Horom. Inicial: Horometro inicial, es la cantidad de horas con la que ha empezado a operar la excavadora. La cual ha estado en 7492 horas (Junio 2016).
- Horom. Final: Horometro final, es la cantidad de horas con la que finaliza la excavadora al término de cada mes, teniendo como finalización 9026 horas (marzo 2017).
- Horas stand By: horas que faltan para llegar al límite de horas programadas. Teniendo como total 180 horas.
  - Resultado positivo: faltan horas para llegar al límite programado.
  - Resultado negativo: se han pasado las horas el límite de programación. (Setiembre y diciembre 2016).
- Hrs. Inop. (Horas inoperatividad): son horas donde el equipo ha estado en para, es decir, el equipo se le ha dado mantenimiento. Teniendo un total de 121 horas de para.

La operatividad de la maquina está basada por el tipo de trabajo que realiza la excavadora, la cual tenía como tarea el remover la tierra del camino, para hacer la carretera. Ver ANEXO

### 1.5. Valorización de servicios excavadora CAT 336 – código 14001

Tabla 28: Valorización de servicios excavadora CAT 336 - código 14001

| Item | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Und      | Cantidad | P.U.<br>(S./.) | Costo<br>(S./.) |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------------|-----------------|
| 1    | Manguera de 3/8 r2 Alta Presión                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Metros   | 12.00    | 24.00          | 288.00          |
| 2    | Terminales de presión con Reducción de Alta                                                                                                                                                                                                                                                                              | Unidades | 4.00     | 19.50          | 78.00           |
| 3    | Cascos de 3/8 con sellos Hidráulicos.                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Unidades | 6.00     | 10.00          | 60.00           |
| 4    | Filtro de aceite s/n: 1000001011                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Und      | 4.00     | 17.31          | 69.24           |
| 5    | Filtro de combustible s/n: 1000180500                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Und      | 4.00     | 31.37          | 125.48          |
| 6    | Elemento separador de agua                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Und      | 4.00     | 21.02          | 84.08           |
| 7    | Filtro Hidráulico                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Und      | 4.00     | 130.48         | 521.92          |
| 8    | Cartucho de Filtro                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Und      | 4.00     | 51.33          | 205.32          |
| 9    | Elemento de filtro de aire                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Und      | 4.00     | 40.80          | 163.20          |
| 10   | MANTENIMIENTO CORRECTIVO UNIDAD 14001 EXCAVADORA CATERPILLAR 336//FABRICACION DE SOPORTE DE EXTINTOR, REVISIÓN DE SISTEMA ELECTRICO, CAMBIO DE TERMINALES DE PRESION SEGUN COTIZ. Nº 319 - 2014 / CSE SAC                                                                                                                | Servicio | 1.00     | 280.00         | 280.00          |
| 11   | MANTENIMIENTO CORRECTICO SISTEMA ELECTRICO EXCAVADORA CAT (01 Servicio de revisión del sistema eléctrico: (tablero no marcaba sensores de batería, aceite, bujía); 01 Reparación de Revoluciones por minuto RPM; 02 Revisión de luces posteriores y cambio de focos posteriores; 01 Porta fusible; 02 Fusible de 15 AMP) | Servicio | 1.00     | 362.00         | 362.00          |
| 1    | Mantenimiento Correctivo para EXCAVADORA CAT 336 s/n:PRA01456/14C009.                                                                                                                                                                                                                                                    | Servicio | 1.00     | 4,962.39       | 4,962.39        |
| 12   | Mantenimiento Correctivo para el EXCAVADORA CAT 336 SEGÚN N°088-2014                                                                                                                                                                                                                                                     | Und      | 1.00     | 386.96         | 386.96          |
| 13   | Cambio de aceite de motor                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Lts      | 7.00     | 18.00          | 126.00          |
| 14   | Arandela de estanqueidad aluminio                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Und      | 1.00     | 5.93           | 5.93            |
| 15   | Filtro de aceite – L200                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Und      | 1.00     | 116.95         | 116.95          |
| 16   | Limpiador de frenos                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Lts      | 1.00     | 60.17          | 60.17           |
| 17   | Filtro de Aire L-200 (Original)                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Und      | 1.00     | 272.29         | 272.29          |
| 18   | Filtro de combustible Diesel (Original)                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Und      | 1.00     | 224.24         | 224.24          |
| 19   | Pastillas de freno L-200                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Jgo      | 1.00     | 448.47         | 448.47          |
| 20   | Aceite MOBILTRANS HD 50                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Lts      | 16.00    | 44.85          | 717.60          |

|       |                                                                                                                             |          |       |          |           |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|----------|-----------|
| 21    | aceite MOBILTRANS HD 10W                                                                                                    | Lts      | 8.00  | 25.90    | 207.20    |
| 22    | Refrigerante Action Collant 50/50 ©                                                                                         | Lts      | 4.00  | 26.60    | 106.40    |
| 23    | Líquido de frenos DOT4                                                                                                      | Lts      | 1.00  | 35.59    | 35.59     |
| 24    | Arandela de Aluminio M-14                                                                                                   | Und      | 1.00  | 6.36     | 6.36      |
| 25    | Super limpiador de parabrisas                                                                                               | Und      | 1.00  | 27.12    | 27.12     |
| 26    | Spirax S3 ATF MD3 (12x1) Hidrolina                                                                                          | Und      | 1.00  | 31.70    | 31.70     |
| 27    | Aditivo limpiador de A/C                                                                                                    | Und      | 1.00  | 67.03    | 67.03     |
| 30    | Aceite 15W40                                                                                                                | Gln      | 10.00 | 9.00     | 90.00     |
| 31    | Siliconas de ventilador                                                                                                     | Und      | 5.00  | 57.63    | 288.14    |
| 32    | Servicio de Revisión de ramal eléctrico y computadora de EXCAVADORA CAT 336                                                 | Servicio | 1.00  | 340.00   | 340.00    |
| 33    | Mantenimiento al sistema eléctrico de EXCAVADORA CAT 336                                                                    | Servicio | 1.00  | 200.00   | 200.00    |
| 34    | Colocación de sensor de encendido, calibración de inyectores en computadora del sistema de eléctrico en EXCAVADORA CAT 336. | Servicio | 1.00  | 650.00   | 650.00    |
| 35    | Juego de conectores del sistema p/s hidráulico.                                                                             | Und      | 4.00  | 435.00   | 1,740.00  |
| 36    | Revisar Sistema Eléctrico/Cambiar Pastillas/Cambiar filamentos y cambiar un Flash.                                          | Servicio | 1.00  | 241.53   | 241.53    |
| 37    | Colocación de cable de acelerador para EXCAVADORA CAT 336                                                                   | Und      | 1.00  | 186.44   | 186.44    |
| 1     | Colocación de 01 FILTER AS-FU 299-8229.                                                                                     | Servicio | 1.00  | 105.48   | 105.48    |
| 38    | EVALUACION DE EXCAVADORA CAT 336 - SERVICIO POR PERDIDA DE POTENCIA                                                         | SERVICIO | 1.00  | 2,864.50 | 2,864.50  |
| 39    | Evaluación general de la máquina/Emisión de informe Sobre correctivos en EXCAVADORA CAT 336.                                | SERVICIO | 1.00  | 1,685.00 | 1,685.00  |
| TOTAL |                                                                                                                             |          |       |          | 18,430.73 |



## CAPITULO V: DISCUSION DE LOS RESULTADOS

### 1. Contrastación con hipótesis

#### 1.1. Contrastación con hipótesis general

*“Con la ejecución del mantenimiento utilizado, mediante el análisis que nos arroja el resultado del aceite analizado, logramos tener un mayor aumento de la disponibilidad del equipo, además de eso evitamos las paradas mecánicas inesperadas, evitando futuras fallas”.* Con la hipótesis dicha anteriormente, y viendo nuestro cuadro de disponibilidad de equipos (TABLA 26), vemos que nos arroja una disponibilidad 93%, lo que es correcto decir que logramos conseguir un alto índice, con el mantenimiento dado, y efectivamente viendo esos índices, tenemos una baja de paradas mecánicas en su totalidad, también nos damos cuenta que cumplimos con el tipo de mantenimiento de alta disponibilidad el que nos indica que debemos de tener una disponibilidad mayor al 90%.

#### 1.2. Contrastación con hipótesis específicas o secundarias

- a. “Un aumento en la disponibilidad de los equipos, nos predice futuras fallas a suceder en el equipo”. En el cuadro de disponibilidad (TABLA 26-pag. 106), nos damos cuenta que las horas de mantenimiento por mala operación, son casi diminutas, eso nos conlleva, a que el mantenimiento por ser el correcto, tiene como consecuencia en la maquinaria un funcionamiento apto para las tareas que se le imponen, por lo tanto, no hay malas operaciones, es decir, al ser casi extintas, no hay costo mayor alguno por estas.
- b. *“Con capacitaciones, aumentamos la capacidad de los operarios logramos una mejor gestión de mantenimiento”.* Como los resultados mostrados en

la tabla anteriores son óptimos y excelentes, eso nos lleva a que nuestra hipótesis de las capacitaciones han dado resultado, por tener operarios capaces de responder a las asignaciones impuestas a la excavadora, lograr las tareas correspondientes teniendo equipos óptimos y en buen estado.

## **2. Contrastación con los objetivos**

### **2.1. Contrastación con objetivo general**

- e. *“Implementar un mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 33, codificada con 14-100 de GyM – Tacna basado en el análisis de aceite”*. El mantenimiento tuvo una disponibilidad inicial, para después, determinar la disponibilidad final, por medio de actividades o mantenimiento que fueron impuestas por medio del análisis que arroja el lubricante de aceite.

### **2.2. Contrastación con objetivos secundarios**

- a. *“Evaluar la disponibilidad antes de la ejecución de mantenimiento”*. Como primer dato y principal se debe saber la disponibilidad inicial, 86%, la cual es un valor vital, pues de allí parte el análisis del mantenimiento.
- b. *“Realizar las actividades basadas en el análisis del aceite, para el mantenimiento”*. Las actividades, nos ayudaran a encontrar la disponibilidad final, dando como resultado una visión de nuestro mantenimiento, empleando los diversos servicios aplicados, que le dimos por uso, tiempo y por el análisis realizado en la excavadora.
- c. *“Determinar la disponibilidad después de la ejecución del mantenimiento basado en el análisis de aceite”*. En la tabla 26 – pag. 102, aquí muestra detalle a detalle, el crecimiento de la disponibilidad respecto a la inicial. Es

importante, porque aquí se encuentran los avances de la ejecución de mantenimiento, reflejados en los números y análisis, llegando a un máximo de 99% en julio de 2016.

- d. *“Evaluar los costos basados en el análisis de aceite”*. Los costos evaluados son los servicios que se le brindaron a lo largo del mantenimiento, específicamente, sobre mantenimiento correctivo. El costo de valorización de los servicios es de 18,430.73 soles.

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **1. Conclusiones**

El “Proyecto Integración Vial Tacna – La paz” (tramo Tacna – Collpa), se está llevando a cabo con efectividad, y el presente plan de mantenimiento, ocupó un papel muy importante, teniendo como evidencia la tabla disponibilidad (TABLA 26) dando como resultados las siguientes conclusiones:

- a. Se concluye la ejecución del mantenimiento, reduciendo el número de paradas mecánicas, teniendo en cuenta el análisis del aceite, también para evitar el deterioro futuro del equipo, esto se vio reflejado en la tabla disponibilidad (tabla 26 - pag.105), la cual tuvo un incremento de 7%, llegando al 93% de disponibilidad. Con una valorización de 18,430.73 nuevos soles.
- b. Las actividades realizadas son:
  - Encuestas y entrevistas al personal técnico y jefe de mantenimiento para ver un panorama inicial de equipo. (ANEXO 21 – pag. 145)
  - Extracción del lubricante de las partes del equipo, para poder llevar a laboratorio, allí se procede a dar un análisis detallado del estado de dicha zona. (tablas de análisis del aceite: 16-21).
  - Poner en marcha los servicios para optimizar a la excavadora CAT 336, dichos servicios se ven en la tabla de valorización (tabla 28 – pág. 107).
  - Recaudar datos mensuales para dar seguimiento a las disponibilidades mensuales y llegar a disponibilidad final. (tabla 26 – pag. 105).
- c. La disponibilidad inicial fue de 86% (tabla 26 – pág. 105), dato por el cual se parte principalmente para analizar las disponibilidades posteriores. La cual mensualmente tuvo un incremento desde 2% (setiembre, diciembre 2016, y marzo 2017), hasta un rango de 13% (Julio 2016), teniendo un incremento

promedio del 7%, se concluye con una disponibilidad de 93% en los diez meses.

- d. La valorización de los servicios brindados al equipo como mantenimientos correctivos, compras de lubricantes entre otros. resultó con un monto total de 18 430,43 nuevos soles. (tabla 28 – pag. 105).

## **2. Recomendaciones**

### **2.1.Recomendaciones generales del mantenimiento**

Una ayuda importante, sería que los programas utilizados para un crecimiento en el mantenimiento de los equipos, sea también parte de las demás áreas, de esta manera se lograría, un cultura general de toda la empresa y no solo de la parte de mantenimiento. Como por ejemplo, el TPM, el cual es un programa que ayudaría bastante, pues su iniciativa esta fundamentalmente basada en la creación de una cultura de mantenimiento, no solo en esta área sino, que además en toda la empresa en general, pues logra un compromiso por parte de todos.

A pesar que el mantenimiento basado en el análisis de lubricante es predictivo, hay tareas que se han realizado de forma preventiva o correctiva, pero resulta mejor hacerlas de forma predictiva, pues son más sencillas, menos caras y e invasivas, solo en algunos casos.

Habiendo mostrado en este proyecto, el cual se lleva a cabo con grandes expectativas y con un rendimiento óptimo del equipo, es recomendable que se lleve o se haga programas de mantenimiento basados en este, puesto que, nos ha dado como resultado excelentes calificación en nuestra labor, como empresa.

A pesar de que nuestro plan ha sido efectivo, se sabe que no hay un mantenimiento efectivo que sea al 100%, por ello es recomendable efectuar un mantenimiento correctivo, ya que, siempre es necesario uno.

Realizar una revisión anual de los costos establecidos en los planes de mantenimientos de manera que el rango de diferencia con los reales sea mínimo, esto teniendo en cuenta la variación de los precios del mercado y los ajustes salariales anuales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Boucly, Francis.1999. Gestión de mantenimiento. Madrid: Editorial AENOR.
2. Buelvas Diaz, Camilo Ernesto, Kevin Jair Martinez Figeroa. Elaboracion de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. Barranquilla, 2014.
3. CATERPILLAR. Manual de rendimiento. Edición 31. SEBD0337. Peoria, Illinois: Publication By Caterpillar, 2000
4. CATERPILLAR. Operación y mantenimiento. Victoria, Australia
5. CONCAR S.A. Portal corporativo. Disponible en: [www.concar.com.pe](http://www.concar.com.pe)
6. Gamarra Villacorta Fernando. Mejora del sistema de mantenimiento de maquinaria en una empresa constructora. Lima: Universidad Nacional de ingeniería, 2009.
7. García Garrido, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2003.
8. Nichols, H. L. Manual de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada. Madrid: McGraww-Hill, 1993.
9. Oliva, A. P.-J. Mantenimiento mecanico preventivo del vehiculo. Madrid: Aran, 2010.
- 10.Quinde Rangel, Ronald Leonardo. “Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa constructora que se dedica a la elaboración de vías lastradas en la provincia del Guayas”. Guayaquil, 2010.
- 11.Siguenza, H. M.-L. Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining del canton Portovelo. Universidad Politecnica Salasiana, 2012.
- 12.Silva, Pedro. El mantenimiento en la práctica. Barranquilla, 2009.


13. Tuesta Yliquin, Jehysson Miguel. Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa. Lima, Callao. 2014.

14. [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)



## ANEXOS

### ANEXO 01: MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

|                                                                                   |                                                                                                    |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|  | <b>Anexo 1:</b><br><b>Mantenimiento de Equipos</b><br>(Anexo al Procedimiento LYE-EQ-MTEQ-PRO-001) | Revisión 02<br>02/04/2013<br>Página 1 de 1 |
| Código interno:                                                                   | _____                                                                                              | 10 cm                                      |
| Fecha de Manto.:                                                                  | _____                                                                                              |                                            |
| Frecuencia:                                                                       | _____                                                                                              |                                            |
| Próx. Manto. (Km, Hrs):                                                           | _____                                                                                              |                                            |
| Observaciones:                                                                    | _____                                                                                              |                                            |

7 cm

### ANEXO 02: EQUIPO EN MANTENIMIENTO

|                                                                                     |                                                                                                  |                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|  | <b>Anexo 2</b><br><b>Equipo en Mantenimiento</b><br>(Anexo al Procedimiento LYE-EQ-MTEQ-PRO-001) | Revisión 02<br>02/04/2013<br>Página 1 de 1 |
| <b>PROHIBIDO SU USO</b><br><b>(NO OPERAR, NO ENCENDER)</b>                          |                                                                                                  |                                            |
| Código interno:                                                                     | _____                                                                                            |                                            |
| Responsable del equipo:                                                             | _____                                                                                            |                                            |
| Fecha de recepción del equipo:                                                      | _____                                                                                            |                                            |
| Falla o avería reportada:                                                           | _____                                                                                            |                                            |
| Resp. que recibe el equipo:                                                         | _____                                                                                            |                                            |
| Firma:                                                                              | _____                                                                                            |                                            |



### ANEXO 03: EQUIPO FUERA DE SERVICIO



**Anexo 3**

**Equipo Fuera de Servicio**

(Anexo al Procedimiento LYE-EQ-MTEQ-PRO-001)

Revisión 02  
02/04/2013  
Página 1 de 1

# PROHIBIDO SU USO

## (NO OPERAR, NO ENCENDER)

**Código interno:** \_\_\_\_\_

**Motivo del retiro:** \_\_\_\_\_

**Fecha de retiro:** \_\_\_\_\_

**Resp. que retira el equipo:** \_\_\_\_\_

**Firma:** \_\_\_\_\_



### ANEXO 04: EQUIPOS DE PROTECCION PARA MANTENIMIENTO DE SERVICIO

|  | <b>Anexo 4: Epp's para Manto. de Equipos</b>                   |                                                                                     |                                                                                     | Revisión 02                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     |                                                                |                                                                                     |                                                                                     | 02/04/2013                                                                          |
|                                                                                     | (Anexo al Procedimiento LYE-EQ-MTEQ-PRO-001)                   |                                                                                     |                                                                                     | Página 1 de 1                                                                       |
| Tipo de Epp/ Tipo de Actividad                                                      | Manipulación de piezas                                         | Trabajos en caliente                                                                | Trabajos con pintura                                                                | Trabajos con lubricantes, aceites, combustibles                                     |
| Casco                                                                               | Casco tipo jockey 4 puntas con suspensión de nylon c/ratchet   | Casco tipo jockey 4 puntas con suspensión de nylon c/ratchet                        | Casco tipo jockey 4 puntas con suspensión de nylon c/ratchet                        | Casco tipo jockey 4 puntas con suspensión de nylon c/ratchet                        |
| Protección Facial                                                                   | Lentes estándar                                                | Careta de esmerilar o careta de soldar, Anteojos de soldador                        | Lentes estándar / Lentes goggles                                                    | Lentes estándar / Lentes goggles                                                    |
| Protección Respiratoria                                                             | NA                                                             | Respirador de media cara de dos vías + filtro para vapores orgánicos y gases ácidos | Respirador de media cara de dos vías + filtro para vapores orgánicos y gases ácidos | Respirador de media cara de dos vías + filtro para vapores orgánicos y gases ácidos |
| Guantes                                                                             | Guante de hilo antideslizante / Guantes desechables de nitrilo | Guantes de cuero cromo                                                              | Guantes de PVC o nitrilo                                                            | Guantes Hycron                                                                      |
| Zapatos                                                                             | Punta de acero                                                 | Punta de acero                                                                      | Punta de acero                                                                      | Punta de acero                                                                      |
| Uniforme                                                                            | Homologado para mecánicos                                      | Homologado para mecánicos                                                           | Homologado para mecánicos                                                           | Homologado para mecánicos                                                           |
| Otros                                                                               | NA                                                             | Mandil, mangas y escaupines cuero cromo                                             | NA                                                                                  | Traje overol en polipropileno descartable con capucha sin botas                     |

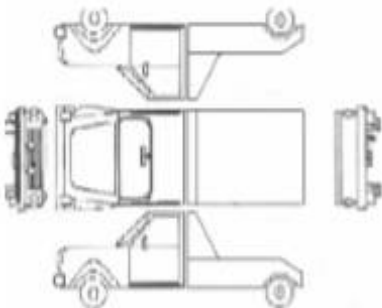
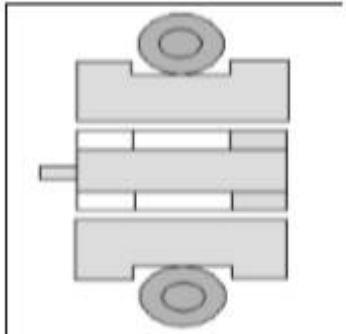
## ANEXO 05: LISTA DE VERIFICACION DE EQUIPOS/VEHICULOS I

| REPORTE DIARIO DE OPERACIÓN Y CHECKLIST DE INSPECCIÓN DE EQUIPOS/VEHÍCULOS                   |                                         |                                                     |                        |                                                                    |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------|
| Dibujado por:<br>[Firma]                                                                     |                                         | Revisado por:<br>[Firma]                            |                        |                                                                    | Aprobado por:<br>[Firma]               |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| REPORTE DIARIO DE OPERACIÓN DE EQUIPOS Y VEHÍCULOS                                           |                                         |                                                     |                        |                                                                    |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| PLACA o MODELO                                                                               | PK3 727                                 | TIPO DE EQUIPO PESADO (marcas)                      |                        | TIPO DE VEHÍCULO (marcas)                                          |                                        |                                        | PROYECTO                                                                                      | 0400 - SURVIVAL                        |                                                    |               |
| CÓDIGO DE EQUIPO<br>(asignado por el proyecto)                                               | 00110034                                | GRABADOR FRONTAL                                    | RETROCAVADORA          | COMB                                                               | CAMIÓN BARANDA                         | CAMIÓN VOLQUETE < 10T3                 | FECHA                                                                                         | 25/09/2017                             |                                                    |               |
|                                                                                              |                                         | VOLQUETE > 10T3                                     | RODILLO                | <del>CAMIONETA</del>                                               | MOTOCICLETA                            | ALTÓMÓVIL                              | HOROM / KILOMETRAJE INICIO DÍA                                                                | 252,300.00                             |                                                    |               |
| OPERADOR                                                                                     | JAMES HUANUCO                           | CISTERNA DE AGUA                                    | MOTONIVELADORA         | GRÚA                                                               | CANABAJA                               | CISTERNA DE COMBUSTIBLE                | HOROM / KILOMETRAJE FINAL DÍA                                                                 | 252,600.00                             |                                                    |               |
| CENTRO COSTO / CUADRILLA                                                                     | C-3                                     | EQUIPO / EQUIPOS PESADOS                            |                        |                                                                    |                                        |                                        | TODO EL DÍA EN STAND BY (marcar)                                                              |                                        |                                                    |               |
| REPARACIÓN                                                                                   | HORA INICIO (indicar hora)              | 08:20                                               | HRS LABORALES EN SITIO | Todo el día en reparación (marcar)                                 | HOROM / KILOMETRAJE INICIO             | HOROM / KILOMETRAJE FIN                | OBSERVACIONES ADICIONALES DE SITIO                                                            |                                        |                                                    |               |
|                                                                                              | HORA FIN (indicar hora)                 | 11:00                                               | 1.8                    |                                                                    | 252,300.00                             | 252,300.00                             |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| MANTENIMIENTO PREVENTIVO                                                                     | HORA INICIO (indicar hora)              | 11:00                                               | HRS LABORALES EN SITIO | Todo el día en mantenimiento (prevención) (marcar)                 | HOROM / KILOMETRAJE INICIO             | HOROM / KILOMETRAJE FIN                |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
|                                                                                              | HORA FIN (indicar hora)                 | 11:30                                               | 0.5                    |                                                                    | 252,300.00                             | 252,300.00                             |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| SÓLO CAMIÓN BARANDA O CAMIÓN VOLQUETE (Menor a 10t3)                                         |                                         |                                                     |                        | SÓLO COMBIS                                                        |                                        |                                        | RECORRIDOS ADICIONALES AL TRABAJO NORMAL                                                      |                                        |                                                    |               |
| ELEMENTOS TRANSPORTADOS EN EL DÍA (marcar)                                                   |                                         | USO DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN EL DÍA (marcar)     |                        | RESTAURANTE DONDE RECARGÓ ALMUEZO (Programa y Nombre)              |                                        |                                        | Solo para PATRULLEROS, COMBIS y CAMIONES                                                      |                                        |                                                    |               |
| MATERIALES (Pegante, Agua Emulsion, Combustible, Cementos, etc.)                             |                                         | MENOR A 30% (Carga ligera)                          |                        | SI COMBINO RECARGÓ ALMUEZO Y OTRO VEHÍCULO HAZO EL RECOJO INDICAR: |                                        |                                        | Indicar los recorridos adicionales, punto de partida, punto destino, hora, recorridos y modo. |                                        |                                                    |               |
| DOCUMENTOS (Plan, foto, croquis, croquis, etc. y Elementos legales)                          |                                         | ENTRE 30% Y 70% (Carga media)                       |                        |                                                                    |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| EQUIPOS (Excavadora, Compactor, Motoniveladora, Grúa, etc.)                                  |                                         | MAYOR A 70% (Carga alta)                            |                        | VEHÍCULO QUE RECARGÓ ALMUEZO (TIPO Y PLACA)                        |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| MATERIAL EXISTENTE A DE CANTERA (Material de demolición, materiales, etc.)                   |                                         | DETALLE ADICIONAL DE LO QUE SE TRANSPORTA EN EL DÍA |                        | INDICAR PORQUE COMBINO RECARGÓ                                     |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| BAJURA / DESMONTE                                                                            |                                         |                                                     |                        | SI RESTAURANTE ENVÍO ALMUEZO A CUADRILLA (marcar)                  |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| PERSONAL DE CUADRILLA                                                                        |                                         |                                                     |                        |                                                                    |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| PROGRESIVA DE RECOJO DE ELEMENTOS A TRANSPORTAR                                              |                                         |                                                     |                        |                                                                    |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL DÍA: EQUIPOS PESADOS, VOLQUETES > 10T3 y CAMIÓN VOLQUETE < 10T3 |                                         |                                                     |                        |                                                                    |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| N° CUADRILLA o CENTRO DE COSTO                                                               | TIPO DE ACTIVIDAD (Ver código en tabla) | CÓDIGO ACTIVIDAD (Ver código en tabla)              | DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD  | ¿ACTIVIDAD CON CARGA EN VOLQUETE? (marcar)                         | TIPO DE MATERIAL (Ver código en tabla) | FRONTE TRABAJO PROGRESIVA INICIO - FIN | VOLQUETES PROGRESIVA BOTADERO a PTO. DE CARGA                                                 | HORÓMETRO KILOMETRAJE INICIO ACTIVIDAD | METROADO ACTIVIDAD a VIAJES DE VOLQUETE UNO - CANT | OBSERVACIONES |
|                                                                                              |                                         |                                                     |                        | CON CARGA DE MATERIAL EN VOLQUETES<br>SI NO                        |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
|                                                                                              |                                         |                                                     |                        | CON CARGA DE MATERIAL EN VOLQUETES<br>SI NO                        |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
|                                                                                              |                                         |                                                     |                        | CON CARGA DE MATERIAL EN VOLQUETES<br>SI NO                        |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
|                                                                                              |                                         |                                                     |                        | CON CARGA DE MATERIAL EN VOLQUETES<br>SI NO                        |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
|                                                                                              |                                         |                                                     |                        | CON CARGA DE MATERIAL EN VOLQUETES<br>SI NO                        |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
|                                                                                              |                                         |                                                     |                        | CON CARGA DE MATERIAL EN VOLQUETES<br>SI NO                        |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE                                                                |                                         |                                                     |                        |                                                                    |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| TIPO DE COMBUSTIBLE / MATERIAL RECARGADO (marcar)                                            | CANTIDAD (VOLU A)                       | HOROM / KILOMETRAJE DE RECARGA ACTUAL: B            | 252300                 | FORMA o DÍA ENTRE RECARGAS D > B < C                               | MÉTODOS ABASTECIMIENTO (marcar)        | NOMBRE DEL GRUPO                       | NÚMERO DE VALE                                                                                |                                        |                                                    |               |
| DIESEL                                                                                       | 8                                       | HOROM / KILOMETRAJE RECARGA ANTERIOR: C             | 252300                 | 300                                                                | DE OLIVERO O DE SALONERA               | OBSERVACIONES ADICIONALES              |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| GASOLINA 90                                                                                  |                                         |                                                     |                        |                                                                    | DE CAMIÓN CISTERNA                     |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| AGUITE                                                                                       |                                         | RENDIMIENTO (GAL/HR) A (GAL/HR) B                   | CÓDIGO DE RECARGA      |                                                                    | DE CAMIÓN CISTERNA                     |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| OTRO                                                                                         |                                         |                                                     |                        |                                                                    |                                        |                                        |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| OPERADOR                                                                                     |                                         | JEFE DE CUADRILLA                                   |                        | SUPERVISOR DE CAMPO                                                |                                        | SUPERVISOR GENERAL DE EQUIPOS          |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| [Firma]                                                                                      |                                         | [Firma]                                             |                        | [Firma]                                                            |                                        | [Firma]                                |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| FIRMA DEL OPERADOR                                                                           |                                         | FIRMA DEL JEFE DE CUADRILLA                         |                        | FIRMA DEL SUPERVISOR CAMPO                                         |                                        | FIRMA DEL SUPERVISOR GENERAL           |                                                                                               |                                        |                                                    |               |
| [Firma]                                                                                      |                                         | [Firma]                                             |                        | [Firma]                                                            |                                        | [Firma]                                |                                                                                               |                                        |                                                    |               |

## ANEXO 05: LISTA DE VERIFICACION DE EQUIPOS/VEHICULOS II


|                                                                                                  |   |                                             |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------|---|
|                                                                                                  |   | LYE-EQ-MTEQ-FOR-003                         |   |
|                                                                                                  |   | Revisión 02                                 |   |
| Fecha:                                                                                           |   | Página                                      |   |
| 08/08/2012                                                                                       |   | 1 de 2                                      |   |
| <b>CHECKLIST DE INSPECCIÓN DE EQUIPOS Y VEHICULOS</b>                                            |   |                                             |   |
| MARQUE LO QUE CORRESPONDA: "Buen estado = ✓, Mal estado = X, Falta instalar = F, No Aplica = NA" |   |                                             |   |
| <b>PARA TODO VEHICULO Y EQUIPO</b>                                                               |   | <b>EXTERIOR</b>                             |   |
| <b>MOTOR</b>                                                                                     |   | Plumillas                                   | ✓ |
| Nivel de Aceite                                                                                  | ✓ | Logos fabricante                            | ✓ |
| Nivel de agua/refrigerante                                                                       | ✓ | Vasos de aros                               | ✓ |
| Nivel de combustible                                                                             | ✓ | <b>OTROS</b>                                |   |
| Ajuste de Fajas de Motor                                                                         | ✓ | Tarjeta de propiedad                        | ✓ |
| Ruidos Inusuales                                                                                 | ✓ | Tarjeta SOAT                                | ✓ |
| Estado de panel de radiador                                                                      | ✓ | Placas                                      | ✓ |
| Soportes                                                                                         | ✓ | Asientos                                    | ✓ |
| Fugas                                                                                            | ✓ | Estructura Contra Vuelcos Interior/exterior | ✓ |
| <b>TRANSMISION</b>                                                                               |   | Tacos o cuñas                               | ✓ |
| Fugas de aceite                                                                                  | ✓ | <b>AMBULANCIA</b>                           |   |
| Ruidos Inusuales                                                                                 | ✓ | Sistemas de Sujeción de Camillas            |   |
| <b>FRENOS</b>                                                                                    |   | Sistemas de Rodamiento de Camillas          |   |
| Ruidos al aplicar los frenos                                                                     | ✓ | Sistemas de Ensamblaje de Camillas          |   |
| Probar bomba freno (c/pedal)                                                                     | ✓ | Depósito de Residuos Biocontaminados        |   |
| Frenos de Parqueo                                                                                | ✓ | Sirena y altavoz                            |   |
| <b>NEUMÁTICOS</b>                                                                                |   | <b>MOTOS</b>                                |   |
| Presión de Aire                                                                                  | ✓ | Casco de operador                           |   |
| Llanta de repuesto                                                                               | ✓ | Cámaras de repuesto                         |   |
| Ajuste de tuercas                                                                                | ✓ | Parches al frío                             |   |
| <b>EQUIPO DE SEGURIDAD</b>                                                                       |   | Saca válvulas                               |   |
| Extintor estado y fecha de vencimiento                                                           | ✓ | Inflador de mano                            |   |
| Cinturones de seguridad                                                                          | ✓ | Estado de las cadenas                       |   |
| Cintas reflectivas                                                                               | ✓ | Amortiguadores posteriores                  |   |
| Conos y triángulo                                                                                | ✓ | Estado del Tubo de Escape                   |   |
| Linterna                                                                                         | ✓ | Soporte para parqueo                        |   |
|                                                                                                  |   | Barras telescópicas                         |   |
|                                                                                                  |   | <b>GRUA / VOLQUETE / CISTERNA / TRACTOR</b> |   |
|                                                                                                  |   | Frenos de emergencia                        |   |
|                                                                                                  |   | Presión de aire de frenos                   |   |
|                                                                                                  |   | Estado de acople de frenos                  |   |
|                                                                                                  |   | Estado de acople del sistema eléctrico      |   |
|                                                                                                  |   | Estado de tomames                           |   |
|                                                                                                  |   | Conexión a tierra                           |   |
|                                                                                                  |   | Estado de válvulas                          |   |
|                                                                                                  |   | Gancho de levante                           |   |
|                                                                                                  |   | Fugas de aceite hidráulico                  |   |
|                                                                                                  |   | Verificar funcionamiento plumas o brazos    |   |
|                                                                                                  |   | Verificar funcionamiento estabilizadores    |   |
|                                                                                                  |   | Gancho de levante                           |   |
|                                                                                                  |   | Fugas de aceite hidráulico                  |   |
|                                                                                                  |   | Diagrama de carga                           |   |
|                                                                                                  |   | Diagrama de señales                         |   |
|                                                                                                  |   | Pin - seguro de tolva                       |   |
|                                                                                                  |   | Pin - pistón de levante                     |   |
|                                                                                                  |   | Seguro de compuerta                         |   |
|                                                                                                  |   | Estado de escaleras y barandas              |   |
|                                                                                                  |   | Trincas, cadenas y seguros                  |   |
|                                                                                                  |   | <b>CARRETA</b>                              |   |
|                                                                                                  |   | Estado de tiro y seguro                     |   |
|                                                                                                  |   | Estado de llantas y tuercas de fijación     |   |
|                                                                                                  |   | Estado de muelles abrazaderas, resortes     |   |
|                                                                                                  |   | Estado de compuerta / rampas y seguros      |   |
|                                                                                                  |   | Estado y funcionamiento de luces            |   |
|                                                                                                  |   | Estado de cadenas de seguridad              |   |

## ANEXO 05: LISTA DE VERIFICACION DE EQUIPOS/VEHICULOS III

|                                                |   |                                                                                          |  |                                                                                          |  |
|------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Gata hidráulica                                | ✓ | <b>MINICARG / RETROEXC / CARGFRONT / EXCAVAD /<br/>MOTONIV / TRACTOR</b>                 |  | <b>DIAGRAMA ABOLLADURAS</b>                                                              |  |
| Botiquín de Primeros auxilios                  | ✓ |                                                                                          |  | <b>VEHICULO</b>                                                                          |  |
| Kit de herramientas                            | ✓ |                                                                                          |  |       |  |
| <b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>                       |   | <b>CARRETA</b>                                                                           |  |                                                                                          |  |
| Luces altas / bajas                            | ✓ | Estado de botellas hidráulicas                                                           |  |      |  |
| Luces Emergencia                               | ✓ | Fugas de aceite hidráulico                                                               |  |                                                                                          |  |
| Luces Direccionales                            | ✓ | Estado de pines y bocinas                                                                |  |                                                                                          |  |
| Luces de tablero                               | ✓ | Estado de cucharón u hoja                                                                |  |                                                                                          |  |
| Luces Internas                                 | ✓ | Estado de fugas de transmisión                                                           |  |                                                                                          |  |
| Claxon                                         | ✓ | Sistema hidráulico de tornamaza y dirección                                              |  |                                                                                          |  |
| Limpia Parabrisas                              | ✓ | Estado de elementos de desgaste                                                          |  |                                                                                          |  |
| Indicadores de tablero                         | ✓ | Estado de rodillos y rueda guía                                                          |  |                                                                                          |  |
| Faros piratas                                  | ✓ | Estado de mandos finales y sprocket                                                      |  |                                                                                          |  |
| Alarma de retroceso                            | ✓ | Estado de cadenas y zapatas                                                              |  |                                                                                          |  |
| Circulina                                      | ✓ | <b>RODILLO COMPACTADOR / NEUMATICO</b>                                                   |  |                                                                                          |  |
| <b>EXTERIOR</b>                                |   | Estado de botellas hidráulicas de dirección                                              |  |                                                                                          |  |
| Parabrisas                                     | ✓ | Fugas de aceite hidráulico                                                               |  |                                                                                          |  |
| Cerraduras                                     | ✓ | Estado de gomas                                                                          |  |                                                                                          |  |
| Espejos                                        | ✓ | Estado de rola / pata de cabra / neumáticos                                              |  |                                                                                          |  |
|                                                |   | Limpiadores rola / pata cabra / neumáticos                                               |  |                                                                                          |  |
| <b>OBSERVACIONES ADICIONALES DEL CHECKLIST</b> |   |                                                                                          |  |                                                                                          |  |
|                                                |   |                                                                                          |  |                                                                                          |  |
|                                                |   | CHECKLIST REVISADO POR:                                                                  |  | CHECKLIST VERIFICADO POR:                                                                |  |
|                                                |   | <b>JEFE DE CUADRILLA</b>                                                                 |  | <b>JEFE DE EQUIPOS</b>                                                                   |  |
|                                                |   | <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div> |  | <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div> |  |
|                                                |   | FIRMA DEL JEFE CUADRILLA                                                                 |  | FIRMA DEL RESPONSABLE EQUIPOS                                                            |  |
| Al inicio de la jornada                        |   |                                                                                          |  |                                                                                          |  |


## ANEXO 06: CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN

### HORNILLA ELECTRICA PARA AGUA POR DESTILACIÓN


|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                |               |               |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
|  | <b>CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN</b><br><b>HORNILLA ELECTRICA PARA AGUA POR DESTILACIÓN</b>                                                                                                            |               |               | LYE-EQ-AEM-CRT-001 |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                |               |               | Revisión 01        |
|                                                                                   | Elaborado por:                                                                                                                                                                                                 | Revisado por: | Aprobado por: | Página 1 de 1      |
|                                                                                   | JEP                                                                                                                                                                                                            | SGEQ          | JLE           | 02/04/2013         |
| <b>PROYECTO PLANTA DE EMULSION</b>                                                |                                                                                                                                                                                                                |               |               |                    |
| <b>CONSIDERACIONES ANTES DEL USO</b>                                              |                                                                                                                                                                                                                |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Asegurarse que la fuente de alimentación de corriente sea de 220V                                                                                                                                              |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Verificar el estado de la resistencia                                                                                                                                                                          |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Ubicar el equipo en un área libre de contacto con el agua y solventes orgánicos                                                                                                                                |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Verificar que el buen estado del cableado eléctrico y toma de corriente                                                                                                                                        |               |               |                    |
| 5                                                                                 | Contar siempre con la base refractario para el instrumento Alambique de cristal                                                                                                                                |               |               |                    |
| 6                                                                                 | Contar con los implementos de seguridad adecuados para el ensayo a realizar (lentes, guante, zapatos de aislamiento eléctrico)                                                                                 |               |               |                    |
| 7                                                                                 | Emplear sólo los instrumentos apropiados para los ensayos determinados.                                                                                                                                        |               |               |                    |
| <b>PROCEDIMIENTO DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                                                                                |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Montar la base refractario a la parte superior de la hornilla.                                                                                                                                                 |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Conectar a la fuente de alimentación de correcto voltaje (220V)                                                                                                                                                |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Abrir contacto presionando el switch de encendido ON/OFF                                                                                                                                                       |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Seleccionar el grado de temperatura deseada utilizando el regulador de temperatura (0-100° C)                                                                                                                  |               |               |                    |
| 5                                                                                 | Antes de apagar el equipo, bajar la temperatura a 0 °C utilizando el regulador y seguidamente corte el paso de corriente presionando el switch de ON/OFF.                                                      |               |               |                    |
| <b>CONSIDERACIONES PARA EL MANTENIMIENTO</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Si detecta alguna falla o problema de operatividad comunicar inmediatamente al encargado de mantenimiento.                                                                                                     |               |               |                    |
| 2                                                                                 | De encontrarse el refractario rajado o desgastado solicitar su cambio inmediato.                                                                                                                               |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Procure que los mantenimientos considerados del equipo sean cumplidos en las fechas indicadas.                                                                                                                 |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Corroborar si el mantenimiento fue realizado correctamente, realizando la verificación de sus componentes de acuerdo a los parámetros detallados para el equipo. Rango de temperatura de acuerdo al regulador. |               |               |                    |
| <b>RESTRICCIONES Y RECOMENDACIONES DE USO</b>                                     |                                                                                                                                                                                                                |               |               |                    |
| 1                                                                                 | No utilizar el equipo en ambientes cercanos donde se utilicen o almacenen sustancias orgánicas volátiles, el empleo de este equipo es considerado como fuente de ignición.                                     |               |               |                    |
| 2                                                                                 | No utilizar el equipo si se encuentra con elementos en mal estado, llámese refractario, cable eléctrico, toma de corriente, resistencia fuera de posición o inadecuada para el equipo.                         |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Ubicar el equipo en un área libre de contacto con el agua y/o humedad considerable. Cuando se almacene.                                                                                                        |               |               |                    |



## ANEXO 07: CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICION CARGA PARTICULA

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |               |               |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
|  | <b>CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN<br/>CARGA PARTÍCULA</b>                                                                                                                                                                         |               |               | LYE-EQ-AEM-CRT-002 |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |               |               | Revisión 01        |
|                                                                                   | Elaborado por:                                                                                                                                                                                                                           | Revisado por: | Aprobado por: | Página 1 de 1      |
|                                                                                   | JEP                                                                                                                                                                                                                                      | SGEQ          | JLE           | 02/04/2013         |
| <b>PROYECTO PLANTA DE EMULSION</b>                                                |                                                                                                                                                                                                                                          |               |               |                    |
| <b>CONSIDERACIONES ANTES DEL USO</b>                                              |                                                                                                                                                                                                                                          |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Asegurarse que la fuente de alimentación de corriente sea de 220V                                                                                                                                                                        |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Verificar que el estado del cableado eléctrico y toma de corriente se encuentren en buen estado.                                                                                                                                         |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Verificar el buen estado de los conectores tipo lagarto.                                                                                                                                                                                 |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Contar con los implementos de seguridad adecuados para el ensayo a realizar (lentes, guante, zapatos de aislamiento eléctrico)                                                                                                           |               |               |                    |
| 5                                                                                 | Verificar el estado de los electrodos sumergibles.                                                                                                                                                                                       |               |               |                    |
| 6                                                                                 | Emplear sólo los instrumentos apropiados para los ensayos determinados.                                                                                                                                                                  |               |               |                    |
| <b>PROCEDIMIENTO DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                                                                                                          |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Colocar los conectores tipo cocodrilo (positivo/negativo) en cada uno de los electrodos.                                                                                                                                                 |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Conectar a la fuente de alimentación de correcto voltaje ( 220 V)                                                                                                                                                                        |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Pase de la posición OFF a LOW y regule el voltaje a 8 mA usando la perilla ADJUST.                                                                                                                                                       |               |               |                    |
| 4                                                                                 | En caso el indicador se pegue totalmente a la lectura máxima (10 mA) pasar de la posición LOW a HIGH y proceder a regular nuevamente a 8 mA.                                                                                             |               |               |                    |
| 5                                                                                 | Proceda a apagar el equipo regresando la perilla a la posición OFF.                                                                                                                                                                      |               |               |                    |
| 6                                                                                 | Terminado el ensayo proceda a retirar los conectores tipo cocodrilo de los electrodos.                                                                                                                                                   |               |               |                    |
| <b>CONSIDERACIONES PARA EL MANTENIMIENTO</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                                          |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Si detecta alguna falla o problema de operatividad comunicar inmediatamente al encargado de mantenimiento.                                                                                                                               |               |               |                    |
| 2                                                                                 | De encontrarse los electrodos, conectores deteriorados, solicitar su cambio inmediato.                                                                                                                                                   |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Procure que los mantenimientos considerados del equipo sean cumplidos en las fechas indicadas.                                                                                                                                           |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Corroborar si el mantenimiento fue realizado correctamente, realizando la verificación de sus componentes de acuerdo a los parámetros detallados para el equipo. Rango de voltaje empleando equipo adicional de medición. (Multi-tester) |               |               |                    |
| 5                                                                                 | El mantenimiento sólo debe ser realizado por un especialista en electrónica.                                                                                                                                                             |               |               |                    |
| <b>RESTRICCIONES DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                                                                                                          |               |               |                    |
| 1                                                                                 | No utilizar el equipo si se encuentra con elementos en mal estado, llámese cable eléctrico, toma de corriente, conectores, electrodos, transformadores.                                                                                  |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Ubicar el equipo en un área libre de contacto con el agua y/o humedad considerable. Cuando se almacene.                                                                                                                                  |               |               |                    |

## ANEXO 08: CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN COHESIMETRO


|                                                                                   |                                                                                                                                                                  |               |               |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|
|  | <b>CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN<br/>COHESIMETRO</b>                                                                                                     |               |               | LYE-EQ-AEM-CRT-003          |
|                                                                                   | Elaborado por:                                                                                                                                                   | Revisado por: | Aprobado por: | Revisión 01                 |
|                                                                                   | JEP                                                                                                                                                              | SGEQ          | JLE           | Página 1 de 1<br>02/04/2013 |
| <b>PROYECTO PLANTA DE EMULSION</b>                                                |                                                                                                                                                                  |               |               |                             |
| <b>CONSIDERACIONES ANTES DEL USO</b>                                              |                                                                                                                                                                  |               |               |                             |
| 1                                                                                 | Verificar que el pistón neumático se encuentre limpio y en buen estado.                                                                                          |               |               |                             |
| 2                                                                                 | Verificar el ajuste de las puntas de sujeción de la bandeja.                                                                                                     |               |               |                             |
| 3                                                                                 | Ajustar la base soporte de la manguera de goma reforzada para evitar desprendimiento del elemento.                                                               |               |               |                             |
| 4                                                                                 | Retire todo elemento extraño al equipo que se encuentre sobre la bandeja o junto al eje orbital del equipo.                                                      |               |               |                             |
| <b>PROCEDIMIENTO DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                                  |               |               |                             |
| 1                                                                                 | Asegure la bandeja de muestras haciendo girar las prensas laterales. Corroborar la fijación de la bandeja.                                                       |               |               |                             |
| 2                                                                                 | Insertar las muestras a ser atacadas.                                                                                                                            |               |               |                             |
| 3                                                                                 | Centrar la muestra debajo del pistón neumático.                                                                                                                  |               |               |                             |
| 4                                                                                 | Regular la presión de aire comprimido para el ensayo.                                                                                                            |               |               |                             |
| 5                                                                                 | Virar la perilla de apertura de aire comprimido a 2 Bar.                                                                                                         |               |               |                             |
| 6                                                                                 | Con el uso del Torquimetro, realice el giro con ángulo comprendido entre 90° hasta 120° de arco en 0.7 y 1.0 segundos                                            |               |               |                             |
| 7                                                                                 | Proceder a la toma de lectura del Torquimetro.                                                                                                                   |               |               |                             |
| 8                                                                                 | Antes de apagar corte el flujo de aire comprimido virando la perilla en sentido contrario a la apertura y reduzca la presión.                                    |               |               |                             |
| 8                                                                                 | Proceda a retirar las muestra.                                                                                                                                   |               |               |                             |
| 9                                                                                 | Proceda a apagar el compresor de aire.                                                                                                                           |               |               |                             |
| <b>CONSIDERACIONES PARA EL MANTENIMIENTO</b>                                      |                                                                                                                                                                  |               |               |                             |
| 1                                                                                 | Si detecta alguna falla o problema de operatividad comunicar inmediatamente al encargado de mantenimiento.                                                       |               |               |                             |
| 2                                                                                 | De encontrarse algún elemento deteriorado, solicitar su cambio inmediato.                                                                                        |               |               |                             |
| 3                                                                                 | Corroborar si el mantenimiento fue realizado correctamente, realizando la verificación de sus componentes de acuerdo a los parámetros detallados para el equipo. |               |               |                             |
| <b>RESTRICCIONES DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                                  |               |               |                             |
| 1                                                                                 | No utilizar el equipo con presión de aire comprimido mayores a 7 Bar                                                                                             |               |               |                             |
| 2                                                                                 | Efectuar la limpieza del pistón de goma cada vez que se realice el ensayo (Glicerina).                                                                           |               |               |                             |




## ANEXO 09: CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN ABRASION HÚMEDA

|                                                                                   |                                                                                                                                                                  |               |               |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
|  | <b>CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN<br/>ABRASION HÚMEDA</b>                                                                                                 |               |               | LYE-EQ-AEM-CRT-004 |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                  |               |               | Revisión 01        |
|                                                                                   | Elaborado por:                                                                                                                                                   | Revisado por: | Aprobado por: | Página 1 de 1      |
| JEP                                                                               | SGEQ                                                                                                                                                             | JLE           | 02/04/2013    |                    |
| <b>PROYECTO PLANTA DE EMULSION</b>                                                |                                                                                                                                                                  |               |               |                    |
| <b>CONSIDERACIONES ANTES DEL USO</b>                                              |                                                                                                                                                                  |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Asegurarse que la fuente de alimentación de corriente sea de 220V                                                                                                |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Verificar que el estado del cableado eléctrico y toma de corriente se encuentren en buen estado.                                                                 |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Verificar que el equipo se encuentre sin piezas sueltas.                                                                                                         |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Contar con los implementos de seguridad adecuados para el ensayo a realizar (lentes, guantes, zapatos de seguridad)                                              |               |               |                    |
| <b>PROCEDIMIENTO DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                                  |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Conectar a la fuente de alimentación de correcto voltaje ( 220v)                                                                                                 |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Ubique la muestra dentro de la bandeja y añadir agua hasta por lo menos 6 mm.                                                                                    |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Estabilizar con las prensas la muestra en la bandeja.                                                                                                            |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Nivelar la bandeja hasta el contacto con el rodillo de goma.                                                                                                     |               |               |                    |
| 5                                                                                 | Seleccionar las revoluciones que se requiera para la muestra y pasar el interruptor de posición OFF a ON para el encendido.                                      |               |               |                    |
| 6                                                                                 | Proceda a apagar el equipo regresando el interruptor a la posición OFF despues del tiempo requerido.                                                             |               |               |                    |
| 7                                                                                 | Baje la la bandeja, desajuste las prensas y retire la muestra.                                                                                                   |               |               |                    |
| <b>CONSIDERACIONES PARA EL MANTENIMIENTO</b>                                      |                                                                                                                                                                  |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Si detecta alguna falla o problema de operatividad comunicar inmediatamente al encargado de mantenimiento.                                                       |               |               |                    |
| 2                                                                                 | De encontrarse los elementos de sujeción deteriorados, solicitar su cambio inmediato.                                                                            |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Procure que los mantenimientos considerados del equipo sean cumplidos en las fechas indicadas.                                                                   |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Corroborar si el mantenimiento fue realizado correctamente, realizando la verificación de sus componentes de acuerdo a los parámetros detallados para el equipo. |               |               |                    |
| 5                                                                                 | El mantenimiento sólo debe ser realizado por un especialista.                                                                                                    |               |               |                    |
| <b>RESTRICCIONES DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                                  |               |               |                    |
| 1                                                                                 | No utilizar el equipo si se encuentra con elementos en mal estado, llámese cable eléctrico, toma de corriente, prensas.                                          |               |               |                    |
| 2                                                                                 | No intente manipular la muestra cuando el equipo esta en movimiento.                                                                                             |               |               |                    |


## ANEXO 10: CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN RUEDA CARGADA

|                                                                                   |                                                                                                                                                           |               |               |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
|  | <b>CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN<br/>RUEDA CARGADA</b>                                                                                            |               |               | LYE-EQ-AEM-CRT-005 |
|                                                                                   |                                                                                                                                                           |               |               | Revisión 01        |
|                                                                                   | Elaborado por:                                                                                                                                            | Revisado por: | Aprobado por: | Página 1 de 1      |
|                                                                                   | JEP                                                                                                                                                       | SGEQ          | JLE           | 02/04/2013         |
| <b>PROYECTO PLANTA DE EMULSION</b>                                                |                                                                                                                                                           |               |               |                    |
| <b>CONSIDERACIONES ANTES DEL USO</b>                                              |                                                                                                                                                           |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Asegurarse que la fuente de alimentación de corriente sea de 220V                                                                                         |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Verificar que el estado del cableado eléctrico y toma de corriente se encuentren en aptos.                                                                |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Verificar el interruptor de encendido se encuentre en la posición OFF                                                                                     |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Verificar los puntos de movimientos mecánicos se encuentren lubricados, lubricar de ser necesario.                                                        |               |               |                    |
| 5                                                                                 | Verificar que el buen ajuste de pernos y tuercas del equipo.                                                                                              |               |               |                    |
| 6                                                                                 | Contar con los implementos de seguridad adecuados para el ensayo a realizar (lentes, guante, zapatos de punta de acero).                                  |               |               |                    |
| 7                                                                                 | Verificar que las pesas para el ensayo estén aseguradas.                                                                                                  |               |               |                    |
| 8                                                                                 | Emplear sólo los instrumentos apropiados para los ensayos determinados.                                                                                   |               |               |                    |
| <b>PROCEDIMIENTO DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                           |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Colocar las pesas (125 lb.) en la cabilidad de carga y asegurarlo para evitar el desprendimiento de estos.                                                |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Conectar a la fuente de alimentación de corriente (220V)                                                                                                  |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Reinicie el contador mecánico (000000)                                                                                                                    |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Ajuste la plantilla de ensayo a la base del recorrido.                                                                                                    |               |               |                    |
| 5                                                                                 | Pase de la posición OFF a ON para el inicio de la carrera sobre la plantilla de ensayo.                                                                   |               |               |                    |
| 6                                                                                 | Proceda a apagar el equipo regresando el interruptor a la posición OFF después de la cantidad de carreras requeridas por el usuario.                      |               |               |                    |
| 7                                                                                 | Asegurese de desconectar la fuente de corriente después del apagado del equipo.                                                                           |               |               |                    |
| <b>CONSIDERACIONES PARA EL MANTENIMIENTO</b>                                      |                                                                                                                                                           |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Si detecta alguna falla o problema de operatividad comunicar inmediatamente al encargado de mantenimiento.                                                |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Procure que los mantenimientos considerados del equipo sean cumplidos en las fechas indicadas.                                                            |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Corroborar si el mantenimiento fue realizado correctamente, realizando la verificación de sus componentes de                                              |               |               |                    |
| 4                                                                                 | acuerdo a los parámetros detallados para el equipo.                                                                                                       |               |               |                    |
| 5                                                                                 | El mantenimiento sólo debe ser realizado por un especialista.                                                                                             |               |               |                    |
| 6                                                                                 | Mantener lubricado mediante los puntos de engrase las partes de movimiento mecánico.                                                                      |               |               |                    |
| <b>RESTRICCIONES DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                           |               |               |                    |
| 1                                                                                 | No utilizar el equipo si se encuentra con elementos en mal estado, llámese cable eléctrico, toma de corriente, conectores, rodamientos, pernos y tuercas. |               |               |                    |
| 2                                                                                 | No manipular las pesas cuando el equipo se encuentre en movimiento.                                                                                       |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Ubicar el equipo en un área libre de contacto con el agua y/o humedad considerable. Cuando se almacene.                                                   |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Descargar las pesas después del término del ensayo.                                                                                                       |               |               |                    |


## ANEXO 11: CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN BALANZA PRECIX WEIGHT 2456 - 1000 KG

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                       |                       |                      |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|
|  | CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN<br>BALANZA PRECIX WEIGHT 2456 - 1000 KG                                                                                                         |                       |                      | LYE-EQ-AEM-CRT-006          |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                       |                       |                      | Revisión 01                 |
|                                                                                   | Elaborado por:<br>JEP                                                                                                                                                                 | Revisado por:<br>SGEQ | Aprobado por:<br>JLE | Página 1 de 1<br>02/04/2013 |
| PROYECTO PLANTA DE EMULSION                                                       |                                                                                                                                                                                       |                       |                      |                             |
| CONSIDERACIONES ANTES DEL USO                                                     |                                                                                                                                                                                       |                       |                      |                             |
| 1                                                                                 | Asegurarse que la fuente de alimentación de corriente sea de 220V                                                                                                                     |                       |                      |                             |
| 2                                                                                 | Ubicar el equipo en un área libre para maniobrar la carga.                                                                                                                            |                       |                      |                             |
| 3                                                                                 | Asegurese que la plataforma se encuentre limpia.                                                                                                                                      |                       |                      |                             |
| 4                                                                                 | Verificar que el estado del cableado eléctrico y toma de corriente se encuentren en buen estado                                                                                       |                       |                      |                             |
| 5                                                                                 | Contar con los implementos de seguridad adecuados para el pesaje (lentes, guante, zapatos de punta de acero).                                                                         |                       |                      |                             |
| 6                                                                                 | No sobrepasar la capacidad de carga del equipo.                                                                                                                                       |                       |                      |                             |
| PROCEDIMIENTO DE USO                                                              |                                                                                                                                                                                       |                       |                      |                             |
| 1                                                                                 | Conectar a la fuente de alimentación de correcto voltaje (220V)                                                                                                                       |                       |                      |                             |
| 2                                                                                 | Encender el equipo presionando el boton de encendido ON/OFF                                                                                                                           |                       |                      |                             |
| 3                                                                                 | Presione el boton UNID para seleccionar la unidad de peso.                                                                                                                            |                       |                      |                             |
| 4                                                                                 | Presione el boton Zero para reiniciar el reloj                                                                                                                                        |                       |                      |                             |
| 5                                                                                 | Para obtener el Peso Bruto, coloque la muestra en la plataforma y verifique el peso en pantalla.                                                                                      |                       |                      |                             |
| 6                                                                                 | Para obtener el Peso Neto: Coloque el recipiente sobre la plataforma y luego presione el boton TARE, de esta forma solo tomara el peso de la muestra que se agregue en el recipiente. |                       |                      |                             |
| 7                                                                                 | Para usar otras unidades, pulse la tecla MOD y seleccione la que desee.                                                                                                               |                       |                      |                             |
| 8                                                                                 | Al finalizar la actividad presione el boton ON/OFF para apagar el equipo y asegurese de desconectar la fuente de corriente.                                                           |                       |                      |                             |
| CONSIDERACIONES PARA EL MANTENIMIENTO                                             |                                                                                                                                                                                       |                       |                      |                             |
| 1                                                                                 | Si detecta alguna falla o problema de operatividad comunicar inmediatamente al encargado de mantenimiento.                                                                            |                       |                      |                             |
| 2                                                                                 | Procure que los mantenimientos considerados del equipo sean cumplidos en las fechas indicadas.                                                                                        |                       |                      |                             |
| 3                                                                                 | Corroborar si el mantenimiento fue realizado correctamente, realizando la verificación de sus componentes de acuerdo a los parámetros detallados para el equipo.                      |                       |                      |                             |
| RESTRICCIONES DE USO                                                              |                                                                                                                                                                                       |                       |                      |                             |
| 1                                                                                 | No utilizar el equipo si se encuentra con elementos en mal estado, llámese cable eléctrico en mal estado.                                                                             |                       |                      |                             |
| 2                                                                                 | No utilizar el equipo de no contar con la certificación de calibración y/o estar fuera del periodo permitido de acuerdo al certificado de Calibración                                 |                       |                      |                             |
| 3                                                                                 | Ubicar el equipo en un área libre para maniobrar la muestra a pesar.                                                                                                                  |                       |                      |                             |
| 4                                                                                 | No cargar muestra que sobrepase la capacidad permitida (1,000 Kg.)                                                                                                                    |                       |                      |                             |

## ANEXO 12: CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN BALANZA DANVAEGL - CELY71AL68005

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                       |               |               |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
|  | <b>CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN<br/>BALANZA DANVAEGL - CELY71AL68005</b>                                                                                                     |               |               | LYE-EQ-AEM-CRT-007 |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                       |               |               | Revisión 01        |
|                                                                                   | Elaborado por:                                                                                                                                                                        | Revisado por: | Aprobado por: | Página 1 de 1      |
|                                                                                   | JEP                                                                                                                                                                                   | SGEQ          | JLE           | 02/04/2013         |
| <b>PROYECTO PLANTA DE EMULSION</b>                                                |                                                                                                                                                                                       |               |               |                    |
| <b>CONSIDERACIONES ANTES DEL USO</b>                                              |                                                                                                                                                                                       |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Asegurarse que la fuente de alimentación de corriente sea de 220V                                                                                                                     |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Ubicar el equipo en un área libre para maniobrar la carga.                                                                                                                            |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Asegurese que la plataforma se encuentre limpia.                                                                                                                                      |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Verificar que el estado del cableado eléctrico y toma de corriente se encuentren en buen estado                                                                                       |               |               |                    |
| 5                                                                                 | Contar con los implementos de seguridad adecuados para el pesaje (lentes, guante, zapatos de punta de acero).                                                                         |               |               |                    |
| 6                                                                                 | No sobrepasar la capacidad de carga del equipo.                                                                                                                                       |               |               |                    |
| <b>PROCEDIMIENTO DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                                                       |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Conectar a la fuente de alimentación de correcto voltaje (220V)                                                                                                                       |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Abrir contacto presionando el boton de encendido ON/OFF                                                                                                                               |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Presione el boton UNID para seleccionar la unidad de peso.                                                                                                                            |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Presione el boton Zero para reiniciar el reloj.                                                                                                                                       |               |               |                    |
| 5                                                                                 | Para obtener el Peso Bruto, coloque la muestra en la plataforma y verifique el peso en pantalla.                                                                                      |               |               |                    |
| 6                                                                                 | Para obtener el Peso Neto: Coloque el recipiente sobre la plataforma y luego presione el boton TARE, de esta forma solo tomara el peso de la muestra que se agregue en el recipiente. |               |               |                    |
| 7                                                                                 | Para usar otras unidades, pulse la tecla MOD y seleccione la que desee.                                                                                                               |               |               |                    |
| 8                                                                                 | Al finalizar la actividad presione el boton ON/OFF para apagar el equipo y asegurese de desconectar la fuente de corriente.                                                           |               |               |                    |
| <b>CONSIDERACIONES PARA EL MANTENIMIENTO</b>                                      |                                                                                                                                                                                       |               |               |                    |
| 1                                                                                 | Si detecta alguna falla o problema de operatividad comunicar inmediatamente al encargado de mantenimiento.                                                                            |               |               |                    |
| 2                                                                                 | Procure que los mantenimientos considerados del equipo sean cumplidos en las fechas indicadas.                                                                                        |               |               |                    |
| 3                                                                                 | Corroborar si el mantenimiento fue realizado correctamente, realizando la verificación de sus componentes de acuerdo a los parámetros detallados para el equipo.                      |               |               |                    |
| <b>RESTRICCIONES DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                                                       |               |               |                    |
| 1                                                                                 | No utilizar el equipo en ambientes cercanos donde se utilicen o almacenen sustancias orgánicas volátiles, el                                                                          |               |               |                    |
| 2                                                                                 | No utilizar el equipo si se encuentra con elementos en mal estado, llámese cable eléctrico en mal estado.                                                                             |               |               |                    |
| 3                                                                                 | No utilizar el equipo de no contar con la certificación de calibración y/o estar fuera del periodo permitido de acuerdo al certificado de Calibración                                 |               |               |                    |
| 4                                                                                 | Ubicar el equipo en un área libre para maniobrar la muestra a pesar.                                                                                                                  |               |               |                    |
| 5                                                                                 | No cargar muestra que sobrepase la capacidad permitida (600 Kg.)                                                                                                                      |               |               |                    |

## ANEXO 13: CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN HORNO TOMOS ODGH-9070A

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                |                       |                      |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|
|  | <b>CARTILLA DE USO DE EQUIPO DE MEDICIÓN<br/>HORNO TOMOS ODGH-9070A</b>                                                                                                                                        |                       |                      | LYE-EQ-AEM-CRT-009          |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                |                       |                      | Revisión 01                 |
|                                                                                   | Elaborado por:<br>JEP                                                                                                                                                                                          | Revisado por:<br>SGEQ | Aprobado por:<br>JLE | 02/04/2013<br>Pagina 1 de 1 |
| <b>PROYECTO PLANTA DE EMULSION</b>                                                |                                                                                                                                                                                                                |                       |                      |                             |
| <b>CONSIDERACIONES ANTES DEL USO</b>                                              |                                                                                                                                                                                                                |                       |                      |                             |
| 1                                                                                 | Asegurarse que la fuente de alimentación de corriente sea de 220V                                                                                                                                              |                       |                      |                             |
| 2                                                                                 | Ubicar el equipo en un área libre de contacto con el agua y solventes orgánicos                                                                                                                                |                       |                      |                             |
| 3                                                                                 | Verificar que el buen estado del cableado eléctrico y toma de corriente                                                                                                                                        |                       |                      |                             |
| 4                                                                                 | Contar siempre con las parrillas base para las bandejas y recipientes de ensayo.                                                                                                                               |                       |                      |                             |
| 5                                                                                 | Contar con los implementos de seguridad adecuados para el ensayo a realizar (lentes, guante, zapatos de aislamiento eléctrico)                                                                                 |                       |                      |                             |
| 6                                                                                 | Emplear sólo los instrumentos apropiados para los ensayos determinados.                                                                                                                                        |                       |                      |                             |
| <b>PROCEDIMIENTO DE USO</b>                                                       |                                                                                                                                                                                                                |                       |                      |                             |
| 1                                                                                 | Montar la parrilla base para soporte de recipientes.                                                                                                                                                           |                       |                      |                             |
| 2                                                                                 | Conectar a la fuente de alimentación de correcto voltaje (220V)                                                                                                                                                |                       |                      |                             |
| 3                                                                                 | Abrir contacto presionando el switch de encendido 1/0 (ON/OFF)                                                                                                                                                 |                       |                      |                             |
| 4                                                                                 | Seleccionar el grado de temperatura deseada en el panel de control de temperatura (0-200° C)                                                                                                                   |                       |                      |                             |
| 5                                                                                 | Evite abrir continuamente la puerta                                                                                                                                                                            |                       |                      |                             |
| 6                                                                                 | Para apagar el equipo presione el switch de ON/OFF.                                                                                                                                                            |                       |                      |                             |
| <b>CONSIDERACIONES PARA EL MANTENIMIENTO</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                |                       |                      |                             |
| 1                                                                                 | Si detecta alguna falla o problema de operatividad comunicar inmediatamente al encargado de mantenimiento.                                                                                                     |                       |                      |                             |
| 2                                                                                 | Procure que los mantenimientos considerados del equipo sean cumplidos en las fechas indicadas.                                                                                                                 |                       |                      |                             |
| 3                                                                                 | Corroborar si el mantenimiento fue realizado correctamente, realizando la verificación de sus componentes de acuerdo a los parámetros detallados para el equipo. Rango de temperatura de acuerdo al regulador. |                       |                      |                             |
| <b>RESTRICCIONES Y RECOMENDACIONES DE USO</b>                                     |                                                                                                                                                                                                                |                       |                      |                             |
| 1                                                                                 | No utilizar el equipo en ambientes cercanos donde se utilicen o almacenen sustancias orgánicas volátiles, el empleo de este equipo es considerado como fuente de ignición.                                     |                       |                      |                             |
| 2                                                                                 | No utilizar el equipo si se encuentra con elementos en mal estado, llámese parrillas bases, cable eléctrico, toma de corriente, panel de control.                                                              |                       |                      |                             |
| 3                                                                                 | Ubicar el equipo en un área libre de contacto con el agua y/o humedad considerable. Cuando se almacene.                                                                                                        |                       |                      |                             |

## ANEXO 14: IDENTIFICACION DE EQUIPOS DE MEDICION

|                                                                                   |               |                                                       |            |        |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------|------------|--------|----------------------------|
|  |               | <b>FICHA DE IDENTIFICACION DE EQUIPOS DE MEDICIÓN</b> |            |        | <b>LYE-EQ-AEM- FOR-001</b> |
|                                                                                   |               |                                                       |            |        | Revisión 02                |
| Elaborado por:                                                                    | Revisado por: | Aprobado por:                                         | Fecha:     | Página |                            |
| SGEQ                                                                              | JLE           | JLE                                                   | 02/04/2013 | 1 de 1 |                            |

**Nombre del equipo:** \_\_\_\_\_

**Marca y modelo:** \_\_\_\_\_

**Nº de Serie del equipo:** \_\_\_\_\_

**Magnitud:** \_\_\_\_\_

**Unidad de medida:** \_\_\_\_\_

**Área responsable del equipo:** \_\_\_\_\_

**Fecha puesta en servicio:** \_\_\_\_\_

**Uso del equipo:** \_\_\_\_\_

(Marcar más de una opción si fuera necesario)

**Calibración:** ☐

**Frecuencia:** \_\_\_\_\_

**Verificación:** ☐

**Frecuencia:** \_\_\_\_\_

**Mantenimiento:** ☐

**Frecuencia:** \_\_\_\_\_

**Rangos de aceptación (solo para verificaciones):** \_\_\_\_\_

**Epecificaciones Técnicas:**

**Observaciones:**




## ANEXO 15: REGISTRO DE MOVILIZACION DE EQUIPOS DE MEDICION

| REGISTRO DE MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN |  |                                                |  |                      |                      |                  | LYE-EQ-AEM-FOR-002<br>Revisión 02 |  |  |  |
|-------------------------------------------------|--|------------------------------------------------|--|----------------------|----------------------|------------------|-----------------------------------|--|--|--|
| Elaborado por:<br>SCECQ                         |  | Revisado por:<br>JLE                           |  | Aprobado por:<br>JLE | Fecha:<br>02/04/2013 | Página<br>1 de 1 |                                   |  |  |  |
| <b>Nombre del equipo:</b><br>.....              |  | <b>Área responsable:</b><br>.....              |  |                      |                      |                  |                                   |  |  |  |
| <b>Marcas y modelo:</b><br>.....                |  | <b>Persona responsable:</b><br>.....           |  |                      |                      |                  |                                   |  |  |  |
| <b>N° de Serie:</b><br>.....                    |  | <b>Última fecha de actualización:</b><br>..... |  |                      |                      |                  |                                   |  |  |  |
| <b>Código de Activo:</b><br>.....               |  | <b>Responsable de actualización:</b><br>.....  |  |                      |                      |                  |                                   |  |  |  |

(\*) Completar solo cuando se realice un envío a un proveedor


## ANEXO 16: REGISTRO DE VERIFICACION DE EQUIPOS DE MEDICION

|                                                                                   |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|---------------------|------|---------|-----------|--------------|
|  | <b>REGISTRO DE VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN</b> |              |                                |              | LYE-EQ-AEM- FOR-003 |      |         |           |              |
|                                                                                   |                                                        |              |                                |              | Revisión 02         |      |         |           |              |
|                                                                                   | Elaborado por                                          | Revisado por | Aprobado por                   | Fecha        | Página              |      |         |           |              |
|                                                                                   | SGEQ                                                   | JLE          | JLE                            | 02/04/2013   | 1 de 1              |      |         |           |              |
| DATOS GENERALES                                                                   |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| Proyecto donde se realiza la medición:                                            |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| Código del Servicio (*):                                                          |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| Fecha en que se realiza la verificación:                                          |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| Lugar donde se realiza la Verificación:                                           |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| Persona que realiza la Verificación:                                              |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| Frecuencia de Verificación:                                                       |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| Observaciones:                                                                    |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| (*) el código aplica para los servicios que realiza Gestión Vial                  |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| DATOS DEL EQUIPO                                                                  |                                                        |              | DATOS DEL PATRÓN DE REFERENCIA |              |                     |      |         |           |              |
| Equipo:                                                                           |                                                        |              | Código:                        |              |                     |      |         |           |              |
| Marca:                                                                            |                                                        |              | Fecha de Calibración:          |              |                     |      |         |           |              |
| Modelo:                                                                           |                                                        |              | Rangos de aceptación:          |              |                     |      |         |           |              |
| N° de Serie:                                                                      |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| DATOS DE COMPARACIÓN                                                              |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| ÍTEM                                                                              | HORA                                                   | LECTURA      | ACEPTABLE                      | NO ACEPTABLE | ÍTEM                | HORA | LECTURA | ACEPTABLE | NO ACEPTABLE |
| LECTURA 1                                                                         |                                                        |              |                                |              | LECTURA 6           |      |         |           |              |
| LECTURA 2                                                                         |                                                        |              |                                |              | LECTURA 7           |      |         |           |              |
| LECTURA 3                                                                         |                                                        |              |                                |              | LECTURA 8           |      |         |           |              |
| LECTURA 4                                                                         |                                                        |              |                                |              | LECTURA 9           |      |         |           |              |
| LECTURA 5                                                                         |                                                        |              |                                |              | LECTURA 10          |      |         |           |              |
| OBSERVACIONES Y ACCIONES A TOMAR                                                  |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
|                                                                                   |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
|                                                                                   |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
|                                                                                   |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
|                                                                                   |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |
| Responsable:                                                                      |                                                        |              |                                |              | Cargo:              |      |         |           |              |
| Firma:                                                                            |                                                        |              |                                |              |                     |      |         |           |              |




[illegible][illegible]

## ANEXO 18: ESTANDARES BASICOS DE SEGURIDAD

|  | ESTÁNDAR BÁSICO DE SEGURIDAD PARA VEHÍCULOS Y EQUIPOS |               |                    |                          | LYE-EQ-PRE-STD-001   |                                       |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|------------------------|
|                                                                                   | Elaborado por:                                        | Revisado por: | Aprobado por:      | Fecha:                   | Revisión 02          |                                       |                        |
|                                                                                   | SGEQ                                                  | JLE           | JLE                | 02/04/2013               | Página 1 de 1        |                                       |                        |
| COMPONENTES DE SEGURIDAD                                                          | MOTOCICLETA                                           | AUTOS         | CAMIONETAS PICK UP | CAMIONETAS RURALES (VAN) | CAMIONES             | MAQUINARIA PESADA                     | CARRETA                |
| Seguro de Faros                                                                   |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Seguro de Aros                                                                    |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Triángulo ejecutivo                                                               |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Extintor c/capote de 1Kg. (PQS 90%)                                               | X                                                     |               |                    |                          |                      |                                       |                        |
| Extintor c/capote de 2 Kg. (PQS 90%)                                              |                                                       | X             |                    |                          |                      |                                       |                        |
| Extintor c/capote de 4 Kg. (PQS 90%)                                              |                                                       |               |                    | X                        |                      | X (mini cargador)                     |                        |
| Extintor c/capote de 6 Kg. (PQS 90%)                                              |                                                       |               | X                  |                          |                      | X (cargador frontal, retroexcavadora) | X (750 kg Pdv o menos) |
| Extintor c/capote de 9 Kg. (PQS 90%)                                              |                                                       |               |                    | X                        | X                    |                                       | X (plataforma)         |
| Bolíquín                                                                          | X                                                     | X             | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Cinta reflectiva rojo/blanco de 1 1/2"                                            | X                                                     | X             | X                  | X                        | X                    |                                       | X                      |
| # de placas rotuladas a ambos lados                                               |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    |                                       |                        |
| Alarma antirrobo                                                                  |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    |                                       |                        |
| Alarma retroceso                                                                  |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Protector o fundas para asientos                                                  |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    |                                       |                        |
| Faro pirata                                                                       |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Faros neblineros                                                                  |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    |                                       |                        |
| Portafaros neblineros                                                             |                                                       |               | X                  |                          | X                    |                                       |                        |
| Faro de retroceso (una unidad)                                                    |                                                       |               | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Protector de tolva o rinoline                                                     |                                                       |               | X                  |                          |                      |                                       |                        |
| Rejilla ventana posterior furgoneta (exterior)                                    |                                                       |               |                    | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Aldabas + Candados                                                                | X                                                     | X             | X                  | X                        | X                    |                                       |                        |
| Caja de herramientas                                                              |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    |                                       |                        |
| Juego de herraminetas básico (gata, etc.)                                         | X                                                     | X             | X                  | X                        | X                    |                                       |                        |
| Jaula interior tubular                                                            |                                                       | X             | X                  |                          |                      |                                       |                        |
| Antivuelco exterior tubular                                                       |                                                       |               | X                  |                          |                      |                                       |                        |
| Llanta/cámara de repuesto                                                         | X                                                     | X             | X                  | X                        | X                    |                                       | X                      |
| Portallanta en tolva                                                              |                                                       |               | X                  |                          | X                    |                                       |                        |
| Para de remolque posterior                                                        |                                                       |               | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Sistema de remolque delantero (argolla)                                           |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    |                                       |                        |
| Circulina estroboscópica naranja                                                  |                                                       |               |                    |                          | X (Para camión grúa) | X                                     |                        |
| Estrobo de 3 metros                                                               |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    |                                       |                        |
| Linterna de mano                                                                  | X                                                     | X             | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Cono de seguridad de 18"                                                          | X                                                     |               |                    |                          |                      |                                       |                        |
| Cono de seguridad de 28"                                                          |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Cable para batería                                                                | X                                                     | X             | X                  | X                        | X                    |                                       |                        |
| Cuña o taco para llantas de madera                                                |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |
| Cinturones de seguridad 3 puntos                                                  |                                                       | X             | X                  | X                        | X                    | X                                     |                        |

[illegible]



# ANÁLISIS DE FLUIDOS S-O-S

## Reporte de Componente & Lubricante

### INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Nombre Cliente: 0842-02  
 Marca de Equipo: Caterpillar  
 Modelo de Equipo: R130G  
 Serie de Equipo: 12W0200  
 Ubicación: 322 LIMA, PERU/ALCO

### INFORMACIÓN DEL EQUIPO

Tipo de Tractor: 1500000000  
 Marca Aceite: 15W  
 Volumen Aceite: 15L  
 Tipo de Aceite: 15W

TODOS LOS RESULTADOS SON REPRASENTATIVOS. Siempre inspeccionando para el desarrollo de los mismos y el estado del equipo.

### FECHA DE MUESTREO Y NUMERO DE LABORATORIO

| Fecha | Número de Muestra | Grado de Aceite | SL | SA | SB | SC | SD | SE | SF | SG | SH | SI | SJ | SK | SL | SM | SN | SO | SP | ST | SV | SW | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA | TB | TC | TD | TE | TF | TF | TH | TI | TJ | TK | TL | TM | TN | TO | TP | TP | TV | TX | TY | TZ | TA |
|-------|-------------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|-------|-------------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|







## ANALISIS DE FLUIDOS S.O.S

Reporte de Componente & Lubricante

| INFORMACION DEL EQUIPO                                                                                                                          | INFORMACION                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numero Equipo: 880-07<br>Marca de Equipo: Caterpillar<br>Modelo de Equipo: R7000<br>Serie de Equipo: 52400000<br>Componente: SISTEMA HIDRAULICO | Marca de Motor:<br>Modelo de Motor:<br>Serie de Motor:<br>OIT Cliente:<br>OIT Ferreyros: |

TOODOS LOS RESULTADOS SON NORMALES. Segun procedimiento para determinar tendencia y capacidad.



| TENDENCIA DE LOS 6 ULTIMOS ANALISIS DE ACEITE |                   |                  |                     |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------------|-------------------|------------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|
| Fecha Muestra                                 | Numero de Muestra | Viscosidad (cSt) | Acid. Total (mg/Kg) | Cu | Fe | Cd | Ni | Pb | Mo |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| HISTORIAL DEL ACEITE |                   |                  |                     |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-------------------|------------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|
| Fecha Muestra        | Numero de Muestra | Viscosidad (cSt) | Acid. Total (mg/Kg) | Cu | Fe | Cd | Ni | Pb | Mo |
| 15-03-04             | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04             | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04             | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04             | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04             | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |

204395783 CATERPILLAR CERTIFIED - FULL SERVICE LABORATORY

Paraguay 800 - Lab. Analisis Fluidos - Av. Industrial 819 - Asunción, Paraguay - Tel: (595) 221 1200 - Fax: (595) 221 8966



## ANALISIS DE FLUIDOS S.O.S

Reporte de Componente & Lubricante

| INFORMACION DEL EQUIPO                                                                                                                          | INFORMACION                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numero Equipo: 880-07<br>Marca de Equipo: Caterpillar<br>Modelo de Equipo: R7000<br>Serie de Equipo: 52400000<br>Componente: SISTEMA HIDRAULICO | Marca de Motor:<br>Modelo de Motor:<br>Serie de Motor:<br>OIT Cliente:<br>OIT Ferreyros: |

TOODOS LOS RESULTADOS SON NORMALES. Segun procedimiento para determinar tendencia y capacidad.



| TENDENCIA DE LOS 6 ULTIMOS ANALISIS DE ACEITE |                   |                  |                     |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------------|-------------------|------------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|
| Fecha Muestra                                 | Numero de Muestra | Viscosidad (cSt) | Acid. Total (mg/Kg) | Cu | Fe | Cd | Ni | Pb | Mo |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04                                      | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| HISTORIAL DEL ACEITE |                   |                  |                     |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-------------------|------------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|
| Fecha Muestra        | Numero de Muestra | Viscosidad (cSt) | Acid. Total (mg/Kg) | Cu | Fe | Cd | Ni | Pb | Mo |
| 15-03-04             | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04             | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04             | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 15-03-04             | 4385783           | 1530             | 100                 | 1  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0  |

204395783 CATERPILLAR CERTIFIED - FULL SERVICE LABORATORY

Paraguay 800 - Lab. Analisis Fluidos - Av. Industrial 819 - Asunción, Paraguay - Tel: (595) 221 1200 - Fax: (595) 221 8966













## ANALISIS DE FLUIDOS S-O-S

Reporte de Componente & Lubricante



**GRADO SAE**  
**VISC. A 40°C**  
**VISC. A 100°C**  
**EQUIPO VISCOSIMETRO**  
**ISL**



| HISTORIAL DEL ACEITE |                   |                    |            |       |           |           |           |              |          |           |           |              |          |           | CONTRO PARTICULAR por 1 R/L |              |          |           |           |              |          |           |           |              |          |           |           |              |     | PQ |  |  | ISO |  |  | PVI |  |  | HNECOK |  |  |
|----------------------|-------------------|--------------------|------------|-------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|-----------|-----------------------------|--------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|-----------|-----------|--------------|-----|----|--|--|-----|--|--|-----|--|--|--------|--|--|
| Fecha Muestra        | Número Lubricante | Capacidad (Litros) | Viscosidad | Color | Grado SAE | Grado ISO | Grado PVI | Grado HNECOK | Grado PQ | Grado ISO | Grado PVI | Grado HNECOK | Grado PQ | Grado ISO | Grado PVI                   | Grado HNECOK | Grado PQ | Grado ISO | Grado PVI | Grado HNECOK | Grado PQ | Grado ISO | Grado PVI | Grado HNECOK | Grado PQ | Grado ISO | Grado PVI | Grado HNECOK |     |    |  |  |     |  |  |     |  |  |        |  |  |
| 18-09-04             | 4300000           | 1000               | 100        | 100   | 100       | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100                         | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100 |    |  |  |     |  |  |     |  |  |        |  |  |
| 10-09-04             | 4300000           | 1000               | 100        | 100   | 100       | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100                         | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100 |    |  |  |     |  |  |     |  |  |        |  |  |
| 05-09-04             | 4300000           | 1000               | 100        | 100   | 100       | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100                         | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100 |    |  |  |     |  |  |     |  |  |        |  |  |
| 20-11-03             | 4300000           | 1000               | 100        | 100   | 100       | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100                         | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100 |    |  |  |     |  |  |     |  |  |        |  |  |

204395783 CATERPILLAR CERTIFIED - FULL SERVICE LABORATORY

Ferreyros S.A. - Lab. Anal. Fluidos - Av. Industrial 475, Aranda 150, Uruquiza - Tel: (011) 336-7079 - Fax: (011) 336-6664




## ANALISIS FERROMAGNETICO PQ

| HISTORIAL DEL ACEITE |                   |                    |            |       |           |           |           |              |          |           |           |              |          |           | CONTRO PARTICULAR por 1 R/L |              |          |           |           |              |          |           |           |              |          |           |           |              |  | PQ |  |  | ISO |  |  | PVI |  |  | HNECOK |  |  |
|----------------------|-------------------|--------------------|------------|-------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|-----------|-----------------------------|--------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|-----------|-----------|--------------|--|----|--|--|-----|--|--|-----|--|--|--------|--|--|
| Fecha Muestra        | Número Lubricante | Capacidad (Litros) | Viscosidad | Color | Grado SAE | Grado ISO | Grado PVI | Grado HNECOK | Grado PQ | Grado ISO | Grado PVI | Grado HNECOK | Grado PQ | Grado ISO | Grado PVI                   | Grado HNECOK | Grado PQ | Grado ISO | Grado PVI | Grado HNECOK | Grado PQ | Grado ISO | Grado PVI | Grado HNECOK | Grado PQ | Grado ISO | Grado PVI | Grado HNECOK |  |    |  |  |     |  |  |     |  |  |        |  |  |
| 18-09-04             | 4300000           | 1000               | 100        | 100   | 100       | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100                         | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          |  |    |  |  |     |  |  |     |  |  |        |  |  |
| 10-09-04             | 4300000           | 1000               | 100        | 100   | 100       | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100                         | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          |  |    |  |  |     |  |  |     |  |  |        |  |  |
| 05-09-04             | 4300000           | 1000               | 100        | 100   | 100       | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100                         | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          |  |    |  |  |     |  |  |     |  |  |        |  |  |
| 20-11-03             | 4300000           | 1000               | 100        | 100   | 100       | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100                         | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          | 100      | 100       | 100       | 100          |  |    |  |  |     |  |  |     |  |  |        |  |  |

ENTRARA EN OPERACIÓN EN DICIEMBRE DEL 2004

Ferreyros S.A. - Lab. Anal. Fluidos - Av. Industrial 475, Aranda 150, Uruquiza - Tel: (011) 336-7079 - Fax: (011) 336-6664

## ANALISIS DE FLUIDOS S.O.S

Reporte de Componente & Lubricante

| INFORMAÇÕES GERAIS                                                                                                                                               | PARÂMETROS INFORMACIONAIS                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Modelo do Veículo: 1991-1993</p> <p>Marca do Veículo: Volkswagen</p> <p>Modelo do Motor: 1600</p> <p>Série do Motor: 1600000000</p> <p>Capacidade: 1600cc</p> | <p>Legenda: 1600</p> <p>Modelo do Motor: 1600</p> <p>Modelo do Motor: 1600</p> <p>Modelo do Motor: 1600</p> <p>Modelo do Motor: 1600</p> |

| Información De La Muestra |             |                   |             | ANÁLISIS DE ELEMENTOS (Partículas/Vías) |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |   |    |   |    |    |    |   |   |    |    |   |   |   | APARTEADO 50X |  |
|---------------------------|-------------|-------------------|-------------|-----------------------------------------|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|----|---|----|----|----|---|---|----|----|---|---|---|---------------|--|
| Número de Muestra:        | Wet Weight: | Densidad (g/cm³): | Partículas: | Cu                                      | Pb | Co | Ni | Tl | V | Cr | Fe | Mn | Sr | Zn | B | Al | K | Na | Mg | Ca | P | S | Si | Cl | F | O | H | C             |  |
| 11-08-02                  | 0.001079    | 8.75              | 0.01        | 0                                       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0             |  |

PROSCOPE

FOTO DE PARTICULAS

(RESOLUCION 50X)

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 7 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

**PROSCOPE**  
**FOTO DE PARTICULAS**  
**(RESOLUCION 50X)**

[illegible]**IFIED - FULL SERVICE LABORATORY**
$$\text{Adjusted R}^2 = \text{Adjusted RSD} \div \text{Total (DIT) RSD} = 0.66 \div 0.71 = 0.93$$

## ANEXO 20: EXCAVADORA CAT 336 OPERANDO



La excavadora en la parte alta, abriendo el camino, excavando la tierra.



Se muestra dos excavadoras, la más alejada es la excavadora KOMATSU, y la marcada con circunferencia roja es la EXCAVADORA CAT 336. Esta removiendo la tierra para ampliar de la carretera.





Se muestra la excavadora (dentro de la circunferencia roja), removiendo la tierra para ampliar la carreta, la tierra es levantada por un cargador frontal, para luego ser transportada por el volquete.

## ANEXO 21: ENTREVISTAS DIRIGIDA A LOS MECANICOS DE LA EMPRESA GYM

| PREGUNTAS DE ENCUESTA                                                                                                                                               | SI | NO |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| 1. Existe una ejecución de mantenimiento claramente definido                                                                                                        |    |    |
| 2. La estructura Organizacional del mantenimiento permite cumplir con los trabajos de una manera rápida y eficaz                                                    |    |    |
| 3. Cree usted que sea necesario un cambio en la estructura del de mantenimiento actual para permitir una mejor optimización y simplificación del tiempo de trabajo. |    |    |
| 4. Los mecánicos encargados del mantenimiento de la maquinaria en la empresa están preparados de una forma correcta para realizar cualquier arreglo                 |    |    |
| 5. Se dispone de un inventario de activos fijos actual                                                                                                              |    |    |
| 6. El personal encargado del mantenimiento de la maquinaria en la empresa reciben una preparación constante                                                         |    |    |
| 7. Existe un presupuesto de costos para el mantenimiento                                                                                                            |    |    |
| 8. Este presupuesto es suficiente para dicha actividad                                                                                                              |    |    |
| 9. Los recursos humanos empleados para el mantenimiento de la maquinaria son suficientes                                                                            |    |    |
| 10. Se encuentra con facilidad cualquier tipo de repuesto                                                                                                           |    |    |
| 11. El personal de mantenimiento cuenta con el espacio adecuado para realizar las respectivas actividades de mantenimiento                                          |    |    |
| 12. Se planifica la paralización de la maquinaria para darle su respectivo mantenimiento                                                                            |    |    |

|                                                                                                                                               |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 13. Cuenta la empresa con un plan de mantenimiento que abarque los tipos preventivo y correctivo para la maquinaria                           |  |  |
| 14. Se lleva un registro de los servicios y mantenimiento que se le dan a la maquinaria                                                       |  |  |
| 15. Se brindó una correcta capacitación a los mecánicos para que apliquen los procedimientos correctos para realizar la respectiva inspección |  |  |
| 16. Tiene un departamento que se encargue del abastecimiento de los repuestos                                                                 |  |  |
| 17. Dispone de la documentación técnica de cada máquina para la realización del mantenimiento                                                 |  |  |
| 18. La empresa otorga las facilidades y recursos necesarios para la actualización en lo referente al mantenimiento de su maquinaria           |  |  |
| 19. Se realiza algún tipo de evaluación al personal que labora en el departamento de mantenimiento                                            |  |  |
| 20. Se justifica el costo de mantenimiento respecto de los resultados que se obtienen                                                         |  |  |
| 21. La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento en todas sus máquinas                         |  |  |
| 22. Se realizan estudios de tiempo y movimientos en la realización del trabajo de mantenimiento                                               |  |  |
| 23. El manejo de los desechos (sólidos, líquidos) de la maquinaria es el correcto para el cuidado del medio ambiente                          |  |  |