

# FACULTAD DE INGENIERÍA



CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MICROFILTRADO; MEDIANTE WEIBULL DE TRES PARÁMETROS, EN FLOTA DE PALAS EN EL SECTOR MINAS.”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Industrial**

**Autores:**

Bach. Ronmel Leoncio Valcárcel Bornas

Bach. Yván Leonidas Peláez Villanueva

**Asesor:**

Mg. Ing. María Elena Vera Correa

Cajamarca - Perú

2018

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO  
DE INVESTIGACIÓN

El asesor *Haga clic o pulse aquí para escribir texto.*, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación del (los) estudiante(s):

- Peláez Villanueva, Yván Leonidas
- Valcárcel Bornas, Ronmel Leoncio

Por cuanto, **CONSIDERA** que el trabajo de investigación titulado: **Análisis de la implementación de un sistema de microfiltrado; mediante Weibull de tres parámetros, en flota de palas en el sector minas** para aspirar al grado de bachiller por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.

---

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos

Asesor

## ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Sr(a) *Grado Académico* y *el nombres y apellidos del director o coordinador de carrera*, ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del (los) estudiante(s): *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*, para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*.

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido expresa:

Aprobado

Calificativo:  Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos  
Evaluador

Análisis de la implementación de un sistema de microfiltrado; mediante Weibull de tres parámetros, en flota de palas en el sector minas.

## **DEDICATORIA**

A la familia, por su apoyo incondicional, a nosotros mismos por nuestra perseverancia y sobre todo a Dios por ser el motor y guía en el cumplimiento de nuestros objetivos profesionales.

Análisis de la implementación de un sistema de microfiltrado; mediante Weibull de tres parámetros, en flota de palas en el sector minas.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a nuestras familias quienes han sido los pilares más importantes a lo largo de nuestra carrera universitaria. A los profesores de nuestra prestigiosa universidad quienes supieron impartir sus conocimientos, que nos sirvieron de base para la realización del presente trabajo de investigación.

### Tabla de contenidos

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS | ¡Error! Marcador no definido. |
| ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS                  | ¡Error! Marcador no definido. |
| DEDICATORIA                                     | 4                             |
| AGRADECIMIENTO                                  | 5                             |
| ÍNDICE DE TABLAS                                | 7                             |
| ÍNDICE DE FIGURAS                               | 8                             |
| ÍNDICE DE ECUACIONES                            | 9                             |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN                        | 11                            |
| CAPÍTULO II. METODOLOGÍA                        | 13                            |
| CAPÍTULO III. RESULTADOS                        | 16                            |
| CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES           | 24                            |
| REFERENCIAS                                     | 26                            |
| ANEXOS  | 27                            |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Mantenimientos Preventivos .....                                 | 16 |
| Tabla 2 Tiempos de falla de motores – Sin Sistema de Microfiltrado ..... | 16 |
| Tabla 3 Logaritmos neperianos de tiempo .....                            | 16 |
| Tabla 4 Valores de Media, Varianza y Desviación Estándar .....           | 17 |
| Tabla 5 Parámetros de Weibull – Sin sistema de Microfiltrado .....       | 17 |
| Tabla 6 Porcentaje de falla .....  | 17 |
| Tabla 7 Tiempo de falla del 50% de motores .....                         | 17 |
| Tabla 8 Tiempos de falla de motores – Con Sistema de Microfiltrado ..... | 17 |
| Tabla 9 Logaritmos neperianos de tiempo .....                            | 18 |
| Tabla 10 Valores de Media, Varianza y Desviación Estándar .....          | 18 |
| Tabla 11 Parámetros de Weibull – Sin sistema de Microfiltrado .....      | 18 |
| Tabla 12 Porcentaje de falla .....                                       | 18 |
| Tabla 13 Tiempo de falla del 50% de motores .....                        | 18 |
| Tabla 14 Cambios de inyectores – Sin sistema de microfiltrado 2016 ..... | 18 |
| Tabla 15 Cambios de inyectores – Con sistema de microfiltrado 2017 ..... | 20 |
| Tabla 16 Tabla Comparativa 2016 - 2017 .....                             | 21 |
| Tabla 17 Precio de Inyector .....  | 22 |
| Tabla 18 Comparación de Costos 2016 - 2017 .....                         | 22 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Figura Comparativa de Cantidades de Inyectores Cambiados ..... | 22 |
| Figura 2 Grafica Comparativa .....                                      | 23 |
| Figura 3 Gráfico de Tendencia .....                                     | 23 |
| Imagen 1 Pala Hitachi EX2500 .....                                      | 27 |
| Imagen 2 Pala Hitachi EX5500 .....                                      | 27 |



## ÍNDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ecuación 1 Porcentaje de Falla.....    | 28 |
| Ecuación 2 Calcular $R(t)$ .....       | 28 |
| Ecuación 3 Tiempo de Falla.....        | 28 |
| Ecuación 4 Calcular $\beta$ .....      | 28 |
| Ecuación 5 Calcular $\alpha$ .....     | 28 |
| Ecuación 6 Calcular $e$ .....          | 28 |
| Ecuación 7 Mediana Aritmética.....     | 28 |
| Ecuación 8 La Varianza .....           | 28 |
| Ecuación 9 La Variación Estándar ..... | 28 |

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se orienta a determinar la influencia del sistema de microfiltrado en los costos de una empresa del sector minero. Teniendo datos históricos de años pasados, se efectuará el análisis y la demostración de la influencia de este sistema en los costos operativos.

Este sistema de micro filtrado trabaja directamente con el motor Diesel de un equipo de carguío, el cual se instala antes del ingreso del combustible al motor; limpiando el combustible de impurezas y brindando al motor un combustible sin mayor impurezas; de esta manera incrementa la vida útil de los componentes del sistema de inyección brindando un motor de alta potencia. Su funcionamiento; el que puede parecer sencillo, requiere de una alta tecnología de fabricación, siendo los cartuchos de filtración una parte esencial de este sistema, el cual tienen la función de filtrar el combustible a través de las densas precisiones de los surcos de la celulosa de flujo axial, multicapa. La envoltura y el elemento son diseñados para exceder a las demandas actuales de los motores a favor del medioambiente.

**Palabras clave:** microfiltrado, microfiltración, motor diésel, cartucho, filtración, sistema, minería.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

(Louw) “La maquinaria es una inversión sustancial y necesita atención continua para trabajar de manera efectiva. La falla de la máquina o el mal funcionamiento debido a problemas de partículas en el combustible que alimenta el motor (combustible contaminado), pueden ocasionar tiempos de inactividad costosos, compra de repuestos y costos de mantenimiento elevados. La respuesta tradicional es cambiar más frecuentemente los filtros y repuestos del motor (como son los inyectores); pero es mucho más rentable y ecológico filtrar. Con el uso del sistema de microfiltración comprobaremos si es posible minimizar el gasto en repuestos y mantenimiento de la maquinaria”. (Info Entrepreneurs) “Muchas de las empresas de servicio o comercializadoras se preocupan por obtener mayores beneficios, es por eso que cada empresa está en la búsqueda de reducir eficientemente los costos incurridos en el proceso productivo. Actualmente hay empresas que se preocupan por conocer exactamente donde se encuentran los elevados costos operativos o de mantenimiento productivo y en muchos casos implementan nuevas tecnologías que permitan reducir los costos operacionales”. (PEMEX) “Es el caso de la empresa en estudio del sector minero de nuestro medio, en sus unidades de excavadoras hidráulicas de acarreo de mineral; las cuales cuentan con motores Diésel de última generación; en estos motores se ha implementado hace seis meses aproximadamente un sistema de micro filtración de combustible buscando que los costos operativos disminuyan; no lográndose aún determinar el costo beneficio de ésta implementación, en éste sentido la gerencia de mantenimiento busca determinar la influencia del nuevo sistema de micro filtración en

los costos de mantenimiento de la empresa, explícitamente en los repuestos del sistema de inyección del motor Diésel, en vista que los rellenos de combustible se realizan cada 24 horas, y por cada parada para el mantenimiento programado se realizan los cambios de filtros del combustible con una frecuencia de 1000 horas de trabajo, es necesario determinar cuan eficiente es el micro filtrado en el costo mantenimiento del equipo en la actualidad”.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye la implementación de un sistema de microfiltrado en los costos de mantenimiento de equipos en el sector minas?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la implementación de un sistema de microfiltrado en los costos de mantenimiento de equipos en el sector minas.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Obtener información estadística en mantenimientos programados entre 2016 y 2017 a través de Weibull de tres parámetros.
- Analizar los costos de mantenimiento de los años 2016 y 2017.
- Evaluar la influencia de la implementación del sistema de microfiltrado en los costos de mantenimiento de los equipos.

#### 1.4. Hipótesis

La implementación de un sistema de microfiltrado influye positivamente en los costos de mantenimiento de equipos del sector mima.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### **Investigación Descriptiva - No experimental**

Se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que se dan sin la intervención directa del investigador, es decir; sin que el investigador altere el objeto de investigación. En la investigación no experimental, se observan los fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos ([www.intep.edu.co](http://www.intep.edu.co)).

#### **Tipo Transversal o Transeccional**

Cuando la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo, se utiliza el diseño transeccional. En este tipo de diseño se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único o momento dado ([www.intep.edu.co](http://www.intep.edu.co)).

### 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

- 1) **Población:** Una empresa minera de La Región de Cajamarca, 2017, la cual fue seleccionada por la facilidad de acceso a la información necesaria para el desarrollo de la investigación.

- 2) **Muestra:** Todas las excavadoras Hitachi modelo EX-2500 de la empresa minera de La Región Cajamarca, 2017.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

#### 1. Revisión Documental – Ficha Documental.

Haremos uso de la técnica de revisión documental; ya que la información que se necesita en nuestra investigación se encuentra disponible, por haber sido obtenida anteriormente para el monitoreo de otros procesos del sistema.

Por medio de estos datos obtenidos con anterioridad, se elaborará bases teóricas y resultados que ayuden a la verificación de la hipótesis.

Como instrumento utilizaremos la **ficha documental**, la cual es muy parecida a la ficha bibliográfica, con la diferencia que en la ficha documental registraremos documentos. Entre los principales datos que debe contener la ficha documental son:

- Número de Ficha
- Número de Expediente.
- Área de la organización
- Responsable del área
- Breve descripción del expediente.

#### 2. Observación – Ficha de Observación.

Esta técnica consiste visualizar el fenómeno y su contexto que se pretende estudiar. El investigador debe ser más que vista, debe ser tacto, y escucha. Es un procedimiento práctico que permite descubrir, evaluar y contrastar realidades en el campo de estudio. La observación directa Se emplea en la recolección de información de

manera directa en el campo de estudio. Se obtiene información de primera mano

(<http://mestrado.prpg.ufg.br/>, s.f.).

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación (Sanjuán).

#### **2.4. Procedimiento**

La recopilación de datos se obtendrá a través del sistema SAP utilizado en la empresa minera, se trabajará con la información de datos históricos referidos a los mantenimientos programados y mantenimientos correctivos realizados en el equipo de carguío. Asimismo con el uso de un documento interno denominado Track Record se obtiene lo siguiente: Horómetro del equipo, parámetros de funcionamiento de la máquina, presiones de trabajo (combustible, aceite, aire) del motor Diésel, temperaturas de los cilindros del motor Diésel, códigos de fallas del motor Diésel extraídos con el software INSITE para luego ser analizados y monitoreados.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Primero tendremos que entender que los equipos por estrategia tienen 04 mantenimientos preventivos a horas ya establecidas por la empresa, las cuales son las siguientes:

*Tabla 1 Mantenimientos Preventivos*

| Tipo de Orden | Estratégicas (horas) |
|---------------|----------------------|
| PM01          | 500                  |
| PM02          | 1000                 |
| PM03          | 1500                 |
| PM04          | 2000                 |

Elaboraremos en primera instancia las probabilidades de falla de 03 motores de excavadoras Hitachi antes de la implementación del sistema de microfiltrado (2016), con ayuda del método de Weibull.

Se tiene 03 excavadoras Hitachi modelo EX-2500, las cuales poseen el mismo modelo de motor; los cuales fueron instalados y empezaron a funcionar en el mismo periodo de tiempo. Según registros obtenidos en el año 2016 (cuando aún no se tenía implementado el sistema de microfiltrado), los instantes de fallo en horas del PM1 al PM3, fueron los siguientes:

*Tabla 2 Tiempos de falla de motores – Sin Sistema de Microfiltrado*

| Número Motor | Instante de Fallo (horas) | Tiempo de Reparación (horas) |
|--------------|---------------------------|------------------------------|
| Motor 1      | 600                       | 15                           |
| Motor 2      | 750                       | 18                           |
| Motor 3      | 850                       | 17                           |

Conociendo estos datos procederemos a obtener la media, la varianza y la desviación estandar; datos que nos servirán para obtener los parámetros de Weibull.

*Tabla 3 Logaritmos neperianos de tiempo*

| N                | T   | ln(t)       | (ln(t)-x) <sup>2</sup> |
|------------------|-----|-------------|------------------------|
| 1                | 600 | 6.396929655 | 0.036283931            |
| 2                | 750 | 6.620073207 | 0.001066684            |
| 3                | 850 | 6.745236349 | 0.024908187            |
| <b>Sumatoria</b> |     | 19.76223921 | 0.062258803            |



Tabla 4 Valores de Media, Varianza y Desviación Estándar

| N | media (x)  | Varianza (S <sup>2</sup> ) | Desviación Estándar (S) |
|---|------------|----------------------------|-------------------------|
| 3 | 6.58741307 | 0.031129402                | 0.176435262             |

Luego, en la siguiente tabla, con los datos obtenidos, hallamos los parámetros de Weibull:

Tabla 5 Parámetros de Weibull – Sin sistema de Microfiltrado

| $\beta$    | $\alpha$    | $\gamma$ |
|------------|-------------|----------|
| 7.26923754 | 785.8894794 | 190      |

Teniendo todos estos datos procederemos a obtener el porcentaje de falla que se presentará antes de las 2000 horas (PM4):

Tabla 6 Porcentaje de falla

| R(2000)     | F(t)        | %F(t)       |
|-------------|-------------|-------------|
| 0.325754364 | 0.674245636 | 67.42456357 |

Y calcularemos el tiempo en que habrá fallado el 50% de los motores:

Tabla 7 Tiempo de falla del 50% de motores

| tp (horas)  |
|-------------|
| 747.2474967 |

En este momento y con ayuda de los registros obtenidos en el año 2017 (cuando se tiene implementado el sistema de microfiltrado), los instantes de fallo en horas del PM1 al PM3, fueron los siguientes:

Tabla 8 Tiempos de falla de motores – Con Sistema de Microfiltrado

| Número Motor | Instante de Fallo (horas) | Tiempo de Reparación (horas) |
|--------------|---------------------------|------------------------------|
| Motor 1      | 1100                      | 12                           |
| Motor 2      | 1200                      | 15                           |
| Motor 3      | 1450                      | 10                           |

Conociendo estos datos procederemos a obtener la media, la varianza y la desviación estándar; datos que nos sirvan para obtener los parámetros de Weibull.

Tabla 9 Logaritmos neperianos de tiempo

| N                | T    | ln(t)       | (ln(t)-x) <sup>2</sup> |
|------------------|------|-------------|------------------------|
| 1                | 1100 | 7.003065459 | 0.014662365            |
| 2                | 1200 | 7.090076836 | 0.001161233            |
| 3                | 1450 | 7.279318835 | 0.024076216            |
| <b>Sumatoria</b> |      | 21.37246113 | 0.039899814            |

Tabla 10 Valores de Media, Varianza y Desviación Estándar

| N | media (x)  | Varianza (S <sup>2</sup> ) | Desviación Estándar (S) |
|---|------------|----------------------------|-------------------------|
| 3 | 7.12415371 | 0.019949907                | 0.14124414              |

Luego, en la siguiente tabla, con los datos obtenidos, hallamos los parámetros de Weibull:

Tabla 11 Parámetros de Weibull – Sin sistema de Microfiltrado

| $\beta$     | $\alpha$    | $\gamma$ |
|-------------|-------------|----------|
| 9.080375522 | 1323.082292 | 190      |

Teniendo todos estos datos procederemos a obtener el porcentaje de falla que se presentará antes de las 2000 horas (PM4), cuando ya se tiene el sistema de microfiltrado:

Tabla 12 Porcentaje de falla

| R(2000)     | F(t)        | %F(t)       |
|-------------|-------------|-------------|
| 0.355186503 | 0.644813497 | 64.48134966 |

Y calcularemos el tiempo en que habrá fallado el 50% de los motores:

Tabla 13 Tiempo de falla del 50% de motores

| tp (horas)  |
|-------------|
| 1270.741889 |

Se tiene el conocimiento de que el repuesto de más alta rotación en un PM de motor son los inyectores y mediante información obtenida en una data histórica se obtuvo la siguiente tabla de cambio de inyectores antes del sistema de microfiltrado (2016):

Tabla 14 Cambios de inyectores – Sin sistema de microfiltrado 2016

| <b>Order Type</b> | <b>Date</b> | <b>Functional Location</b>      | <b>Description</b>             | <b>Cantidad</b> |
|-------------------|-------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| PM02              | 04/01/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-ALSY      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 19/01/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-ALSY      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 03/02/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-ALSY      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 18/02/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-ALSY-HSVV | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 04/03/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-ALSY-TVRE | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 19/03/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-ENSY-LUSY | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 03/04/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-ENSY-LUSY | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 18/04/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-ENSY-LUSY | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 03/05/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-ENSY-LUSY | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 18/05/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-ENSY-LUSY | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 02/06/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-FRBO      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 17/06/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-FRBO      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 02/07/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-FRBO      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 17/07/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-FRBO      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 01/08/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-FRBO      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 16/08/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-FRBO      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 31/08/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-FRBO      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 15/09/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-FRBO      | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 30/09/2016  | 3000-20-30-00-SHO0010-FRBO      | Cambio de inyectores averiados | 1               |

Análisis de la implementación de un sistema de microfiltrado; mediante Weibull de tres parámetros, en flota de palas en el sector minas.

|                  |            |  |                                |           |
|------------------|------------|--|--------------------------------|-----------|
| PM02             | 15/10/2016 | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-FRBO               | Cambio de inyectores averiados | 1         |
| PM02             | 30/10/2016 | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-FRBO               | Cambio de inyectores averiados | 1         |
| PM02             | 14/11/2016 | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-HYSY-<br>HSVV      | Cambio de inyectores averiados | 1         |
| PM02             | 29/11/2016 | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-IMAT               | Cambio de inyectores averiados | 1         |
| PM02             | 14/12/2016 | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-UNCR-<br>UNCR-TRA2 | Cambio de inyectores averiados | 1         |
| <b>Sumatoria</b> |            |  |                                | <b>24</b> |

Y a continuación mostraremos la data de cambios de inyectores en el año 2017, luego de la implementación del sistema de microfiltrado:

*Tabla 15 Cambios de inyectores – Con sistema de microfiltrado 2017*

| <b>Order Type</b> | <b>Date</b> | <b>Functional Location</b>              | <b>Description</b>             | <b>Cantidad</b> |
|-------------------|-------------|---|--------------------------------|-----------------|
| PM02              | 04/01/2017  | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-ALSY          | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 03/02/2017  | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-ALSY          | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 04/03/2017  | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-ALSY-<br>TVRE | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 03/04/2017  | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-ENSY-<br>LUSY | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 03/05/2017  | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-ENSY-<br>LUSY | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 02/06/2017  | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-FRBO          | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 02/07/2017  | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-FRBO          | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 01/08/2017  | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-FRBO          | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 15/09/2017  | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-FRBO          | Cambio de inyectores averiados | 1               |
| PM02              | 15/10/2017  | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-FRBO          | Cambio de inyectores averiados | 1               |

|                  |            |  |                                |           |
|------------------|------------|--|--------------------------------|-----------|
| PM02             | 14/11/2017 | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-HYSY-<br>HSVV      | Cambio de inyectores averiados | 1         |
| PM02             | 14/12/2017 | 3000-20-30-00-<br>SHO0010-UNCR-<br>UNCR-TRA2 | Cambio de inyectores averiados | 1         |
| <b>Sumatoria</b> |            |  |                                | <b>12</b> |

En la siguiente tabla realizaremos una comparación entre ambos años para observar las cantidades de inyectores que se tuvieron que cambiar por consecuencia de un combustible contaminado:

*Tabla 16 Tabla Comparativa 2016 - 2017*

| <b>Date</b>  | <b>Cantidad 2016</b> | <b>Cantidad 2017</b> |
|--------------|----------------------|----------------------|
| ENERO        | 2                    | 1                    |
| FEBRERO      | 2                    | 1                    |
| MARZO        | 2                    | 1                    |
| ABRIL        | 2                    | 1                    |
| MAYO         | 2                    | 1                    |
| JUNIO        | 2                    | 1                    |
| JULIO        | 2                    | 1                    |
| AGOSTO       | 3                    | 1                    |
| SEPTIEMBRE   | 2                    | 1                    |
| OCTUBRE      | 2                    | 1                    |
| NOVIEMBRE    | 2                    | 1                    |
| DICIEMBRE    | 1                    | 1                    |
| <b>TOTAL</b> | <b>24</b>            | <b>12</b>            |

Análisis de la implementación de un sistema de microfiltrado; mediante Weibull de tres parámetros, en flota de palas en el sector minas.

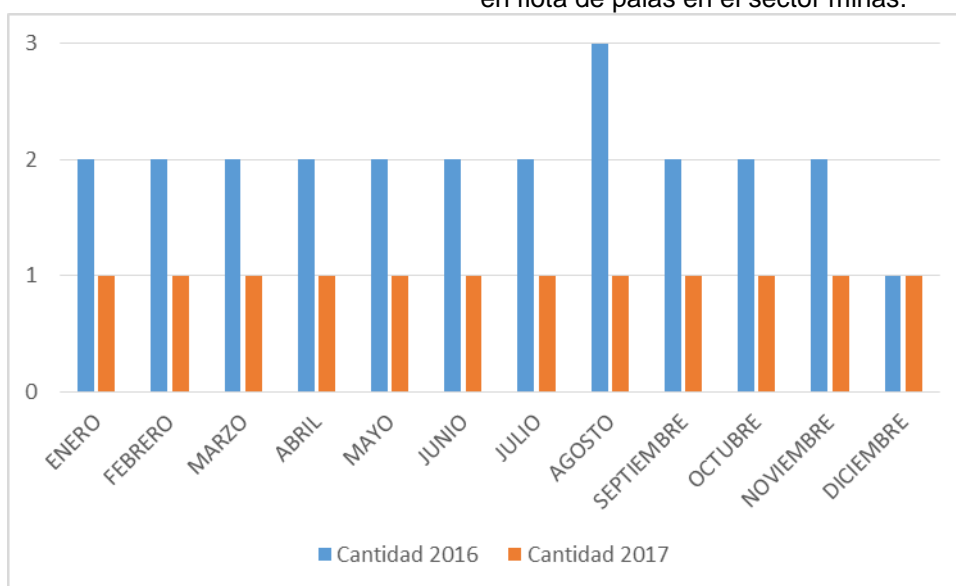


Figura 1 Figura Comparativa de Cantidades de Inyectores Cambiados

Se conoce el valor monetario de cada inyector el cual es:

Tabla 17 Precio de Inyector

| Código Cummins | Descripción | Marca        | Valor Unitario USD\$ |
|----------------|-------------|--------------|----------------------|
| 2882077NX      | Inyector    | PartReconHHP | 3,419.63             |

Conociendo el dato del costo por inyector realizaremos la comparación de costos entre ambos años de estudio:

Tabla 18 Comparación de Costos 2016 - 2017

| Date         | Costo 2016       | Costo 2017       |
|--------------|------------------|------------------|
| ENERO        | 6,839.26         | 3,419.63         |
| FEBRERO      | 6,839.26         | 3,419.63         |
| MARZO        | 6,839.26         | 3,419.63         |
| ABRIL        | 6,839.26         | 3,419.63         |
| MAYO         | 6,839.26         | 3,419.63         |
| JUNIO        | 6,839.26         | 3,419.63         |
| JULIO        | 6,839.26         | 3,419.63         |
| AGOSTO       | 10,258.89        | 3,419.63         |
| SEPTIEMBRE   | 6,839.26         | 3,419.63         |
| OCTUBRE      | 6,839.26         | 3,419.63         |
| NOVIEMBRE    | 6,839.26         | 3,419.63         |
| DICIEMBRE    | 3,419.63         | 3,419.63         |
| <b>TOTAL</b> | <b>82,071.12</b> | <b>41,035.56</b> |

Análisis de la implementación de un sistema de microfiltrado; mediante Weibull de tres parámetros, en flota de palas en el sector minas.

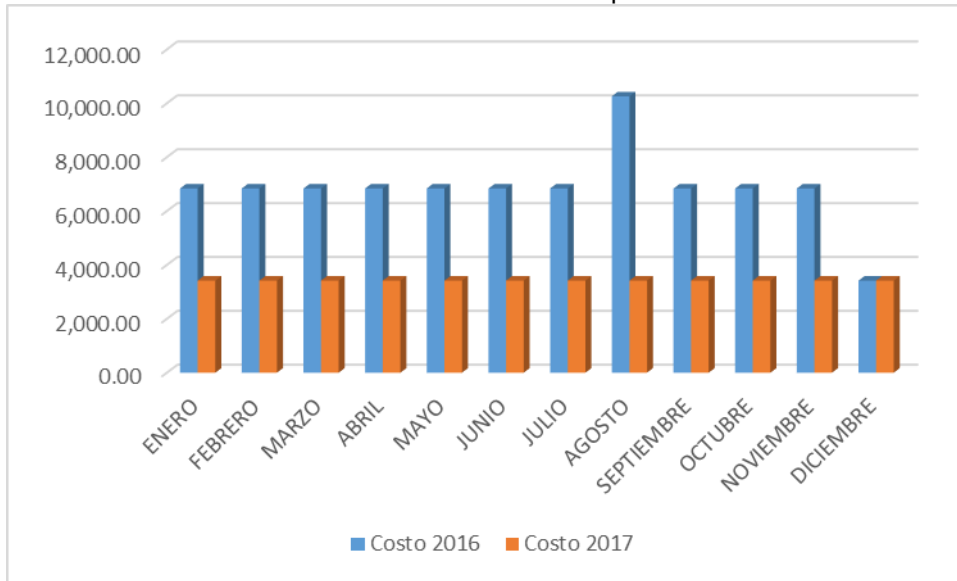


Figura 2 Grafica Comparativa

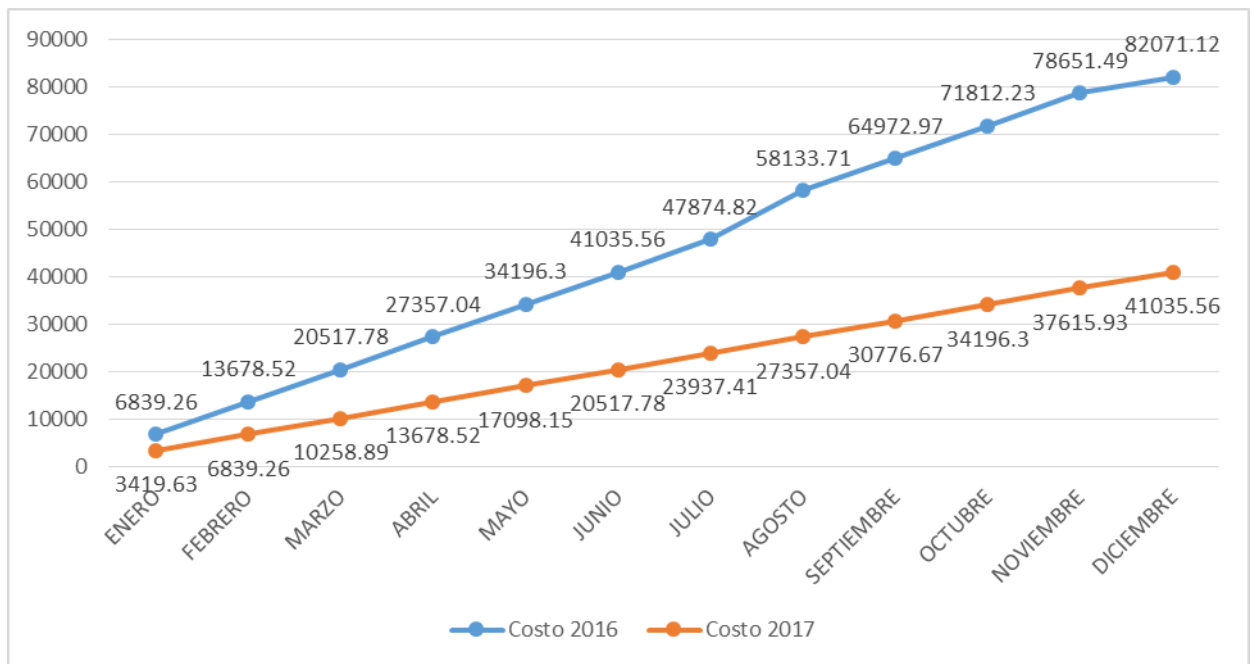


Figura 3 Gráfico de Tendencia

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Díaz Concepción, Del Castillo Serpa y Villar Ledo: *“Instrument to assess the status of maintenance management on bioproduct plants: Case study”* nos dice que “la forma de gestionar el mantenimiento está estrechamente vinculada al proceso de producción o servicio que se realice”. Pero según nuestra investigación el proceso de gestionar el mantenimiento también depende (en gran medida), de las condiciones del equipo con el que se cuenta para elaborar el proceso productivo.

El Mag. José Campos Barrientos: **“Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)”**, nos menciona que un mantenimiento inadecuado limita los volúmenes de producción, afecta la calidad, condiciona accidentes y daño al medio ambiente y origina costos indirectos elevados. Y en el transcurso de esta investigación hemos podido también detectar que un mantenimiento inadecuado origina tiempos prolongados de reparación con poca o nula asertividad en la causa del problema.



## 4.2 Conclusiones

La implementación de un sistema de microfiltrado ayuda a la reducción de costo en mantenimiento en las palas Hitachi, según como se muestra en la **Tabla 18 Comparación de Costos 2016 – 2017**.

Como ayuda del método Weibull, podemos demostrar que las horas de reparación han disminuido considerablemente, obteniendo así un óptimo nivel de fiabilidad y disponibilidad.

Se pudo demostrar que a pesar del alto grado de contaminación del combustible que se tiene en el área de operaciones mina, con la ayuda del sistema de microfiltrado, el componente (en este caso el motor de cada pala) y sus partes que lo conforman han incrementado su vida útil de la programada antes de la implementación del sistema de microfiltrado.

Por lo tanto, gracias a la implementación de microfiltrado se ha reducido las paradas de mantenimiento preventivo y/o correctivo en los motores de los equipos, obteniendo con esto un ahorro considerable de materiales e insumos y brindando más horas de producción; lo cual nos garantiza un incremento de utilidades.

Análisis de la implementación de un sistema de microfiltrado; mediante Weibull de tres parámetros, en flota de palas en el sector minas.

## REFERENCIAS

- <http://mestrado.prgg.ufg.br/>. (s.f.). <http://mestrado.prgg.ufg.br/>. Obtenido de  
<http://mestrado.prgg.ufg.br/>  
Info Entrepreneurs. (s.f.).  
Louw, J. (s.f.). Kleenoil Middle East.  
PEMEX. (s.f.). Kleenoil Latinoamerica.  
Sanjuán, L. D. (s.f.). <http://www.psicologia.unam.mx>. Obtenido de  
[http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La\\_observacion\\_Lidia\\_Diaz\\_Sanjuan\\_Texto\\_Apoyo\\_Didactico\\_Metodo\\_Clinico\\_3\\_Sem.pdf](http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf)  
[www.intep.edu.co](http://www.intep.edu.co). (s.f.). [www.intep.edu.co](http://www.intep.edu.co). Obtenido de  
[https://www.intep.edu.co/Es/Usuarios/Institucional/file/CIPS/2017-1/INVESTIGACION\\_NO\\_EXPERIMENTAL.pdf](https://www.intep.edu.co/Es/Usuarios/Institucional/file/CIPS/2017-1/INVESTIGACION_NO_EXPERIMENTAL.pdf)

## ANEXOS

### ANEXO n.º 1. Palas Hitachi.



*Imagen 1 Pala Hitachi EX2500*



*Imagen 2 Pala Hitachi EX5500*

## ANEXO n.º 2. Ecuaciones

### ECUACIONES PARA RESOLVER EJERCICIOS

*Ecuación 1 Porcentaje de Falla*

$$F(t) = 1 - R(t)$$

*Ecuación 2 Calcular R(t)*

$$R(t) = \exp \left[ -\left( \frac{t-y}{\alpha} \right)^{1/\beta} \right]$$

*Ecuación 3 Tiempo de Falla*

$$T(p) = \alpha [-\ln(1-p)]^{1/\beta}$$

### ECUACIONES PARA CALCULAR PARAMETROS

*Ecuación 4 Calcular  $\beta$*

$$\beta = \frac{\pi}{r\sqrt{6}}$$

*Ecuación 5 Calcular  $\alpha$*

$$\alpha = \exp(e)$$

*Ecuación 6 Calcular e*

$$e = x + \left( \frac{0.5772}{\beta} \right)$$

### ECUACIONES DE LAS MEDIDAS DE TENDENCIA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL

*Ecuación 7 Mediana Aritmética*

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n}$$

*Ecuación 8 La Varianza*

$$S^2 = \frac{1}{(n-1)(\sum \ln(t_i) - X)^2}$$

*Ecuación 9 La Variación Estándar*

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