

ELIJA UN ELEMENTO.

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE  
MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA AUMENTAR LA  
FIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS Y REDUCIR  
COSTOS DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA  
PRODUCTORA DE PIENSOS ACUÍCOLAS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Jairo Nahun Pineda Paredes

Asesor:

Ing. Mg. Miguel Angel Rodríguez Alza

Trujillo - Perú

2018



Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento predictivo para aumentar la fiabilidad de los equipos críticos y reducir costos de mantenimiento de una empresa productora de piensos acuícolas

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Miguel Angel Rodríguez Alza, 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 tesis de los estudiantes:

- Pineda Paredes Jairo Nahun

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento predictivo para aumentar la fiabilidad de los equipos críticos de una empresa productora de piensos acuícolas para aspirar al título profesional de: **Ingeniero Industrial** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Mg. Miguel Angel Rodríguez Alza  
Asesor

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	<b>3</b>
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>97</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>101</b>
REFERENCIAS	105
ANEXOS	108

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Severidad de las vibraciones según la norma ISO 10816	39
TABLA N° 2: Características de los defectos eléctricos	45
TABLA N° 3: Matriz de priorización del ishikawa	61
TABLA N° 4: Operacionalización de variables	62
TABLA N° 5: Matriz de indicadores	64
TABLA N° 6: Resultados de la encuesta	65
TABLA N° 7: Matriz de priorización de la encuesta	66
TABLA N° 8: Resultados de análisis de criticidad	70
TABLA N° 9: Listado de equipos críticos	71
TABLA N° 10: Instructivo de operación	72
TABLA N° 11: Hoja de verificación	73
TABLA N° 12: Formato de tablas de incidencias	74
TABLA N° 13: Reporte de mantenimiento predictivo	75
TABLA N° 14: Instructivo de mantenimiento predictivo para molinos	76
TABLA N° 15: Instructivo de mantenimiento predictivo para prensas	77
TABLA N° 16: Programa de mantenimiento predictivo	78
TABLA N° 17: Beneficios sobre el mantenimiento predictivo	98
TABLA N° 18: Inversión de la propuesta	99
TABLA N° 19: Estado de resultados	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Gráfico de costos de mantenimiento.

FIGURA N°2: Equipo crítico del área de molienda.

FIGURA N°3: Movimiento armónico simple

FIGURA N°4: Desplazamiento, velocidad, aceleración

FIGURA N°5: Señal en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia

FIGURA N°6: Analizador de vibraciones

FIGURA N°7: Ubicación de sensor

FIGURA N°8: Planos de medición

FIGURA N°9: Espectro característico de desbalance

FIGURA N°10: Espectro característico de desalineamiento

FIGURA N°11: Espectro característico de fallas en rodamientos

FIGURA N°12: Espectro característico de holgura mecánica

FIGURA N°13: Espectro característico de defectos en bandas

FIGURA N°14: Espectro característico de defectos en engranajes

FIGURA N°15: Análisis de corriente en un motor malo

FIGURA N°16: Espectro característico de resonancia

FIGURA N°17: Sensor detector

FIGURA N°18: Software de Análisis Vibracional

FIGURA N° 19: Diagrama de Pareto del Ishikawa

FIGURA N° 20: Gráfico del Estado General de los Equipos Críticos en el mes de Abril

(semanas 1, 2,3 y 4)

FIGURA N° 21: Gráfico del Estado General de los Equipos Críticos en el mes de Mayo

(semanas 1, 2,3 y 4)

FIGURA N° 22: Gráfico del Estado General de los Equipos Críticos en el mes de Junio

(semanas 1, 2, 3 y 4)

FIGURA N° 23: Gráfico del Estado General de los Equipos Críticos en el mes de Julio

(semanas 1, 2, 3 y 4)

FIGURA N° 24: Gráfico del Estado General de los Equipos Críticos en el mes de Agosto

(semanas 1, 2, 3 y 4)

FIGURA N° 25: Gráfico del Estado General de los Equipos Críticos en el mes de

Setiembre (semanas 1, 2, 3 y 4)

FIGURA N° 26: Gráfico de Resultados de la Encuesta

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: Fórmula para hallar nuestra muestra de estudio.

ECUACIÓN 2: Fórmula para hallar el MTTR.

ECUACIÓN 3: Fórmula para hallar el MTBF.

ECUACIÓN 4: Fórmula para hallar la FIABILIDAD

ECUACIÓN 5: Fórmula para hallar el OEE.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación ha sido desarrollado en una Empresa productora de piensos acuícolas en la ciudad de Trujillo, para resolver la problemática actual referente a la fiabilidad e indisponibilidad de los equipos industriales, que se generan por el inadecuado mantenimiento de los mismos debido a que están en constante operación. La metodología a usar para resolver el problema consiste en desarrollar un Programa de Mantenimiento Predictivo; basado en el Análisis de Vibraciones y Análisis Termográfico en los equipos más críticos.

El fundamento básico en los que se basa el análisis de vibraciones son el movimiento armónico simple de los cuerpos y el Teorema de Fourier, para poder realizar el respectivo análisis de vibraciones en los equipos críticos; Una Empresa productora de piensos acuícolas, posee una gran cantidad de equipos rotativos de diferentes grados de criticidad. Para determinar este grado, se toma en cuenta los siguientes criterios: el costo del equipo, importancia dentro del proceso y complejidad del mantenimiento del equipo.

El mantenimiento Predictivo considera a cada equipo de manera independiente, sustituyendo las revisiones periódicas por medidas regulares que pueden seguir en detalle el desarrollo del estado de funcionamiento de cada equipo respectivamente, contribuyendo así al éxito del ciclo de vida de cada equipo. Con las medidas periódicas de las vibraciones se puede detectar nuevos indicios de posibles fallas en los equipos.



Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento predictivo para aumentar la fiabilidad de los equipos críticos y reducir costos de mantenimiento de una empresa productora de piensos acuícolas

Un Programa de Mantenimiento Predictivo; (PMP) basado en análisis de vibraciones aplicado a los equipos críticos; en una empresa de este rubro, del presente estudio tiene muchas ventajas, tanto del punto de vista económico como técnico.

El Programa de Mantenimiento Predictivo; reducirá los costos de mantenimiento de los equipos críticos; y aumentará la fiabilidad y disponibilidad de los mismos durante el proceso productivo; contribuyendo a cumplir con el plan anual de mantenimiento y aumentar la vida útil de los equipos; además, no existirán paros imprevistos, se cumplirán con las fechas de las programaciones de mantenimiento y no se gastará dinero fuera de lo presupuestado,

A continuación se muestra una tabla de los costos de mantenimiento en los respectivos años, donde se observan que año a año los costos de mantenimiento fuera de lo programado van aumentando progresivamente.

Año	Costo Total del mantenimiento Anual \$	Mantenimiento Programado \$	Mantenimiento No Programado \$	Costos del Mantenimiento Fuera de lo Programado \$
2014	\$ 700,000.00	\$ 500,000.00	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00
2015	\$ 900,000.00	\$ 600,000.00	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00
2016	\$ 1,200,000.00	\$ 800,000.00	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00

**Palabras clave:** Mantenimiento predictivo, piensos, industria acuícola.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.**

Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento predictivo para aumentar la fiabilidad de los equipos críticos y reducir costos de mantenimiento de una empresa productora de piensos acuícolas

## REFERENCIAS

Alltech (18 de abril de 2016). *Alltech da a conocer por primera vez los resultados de la encuesta sobre la producción de alimentos acuícolas a nivel mundial*. Recuperado

de <http://www.aquafeed.co/alltech-da-a-conocer-por-primera-vez-los-resultados-de-la-encuesta-sobre-la-produccion-de-alimentos-acuicolas-a-nivel-mundial/>

Aquahoy (22 de setiembre de 2015). *Vitapro es la primera empresa peruana de producción de piensos acuícolas en obtener certificación BAP*. Recuperado de

<http://www.aquahoy.com/noticias/general/24903-vitapro-es-la-primera-empresa-peruana-de-produccion-de-piensos-acuicolas-en-obtener-certificacion-bap>

Campos, V. A. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la eficiencia de los activos críticos en la empresa Cartavio S.A.A. (Tesis de Bachiller)*. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

DB Pruftechnik (29 de diciembre de 2016). *Ventajas y desventajas del Análisis de Vibraciones aplicado al mantenimiento de las máquinas*. Recuperado de

<http://blog.pruftechnik.es/ventajas-y-desventajas-del-analisis-de-vibraciones-aplicado-al-mantenimiento-de-las-maquinas/>

El universo (27 de septiembre del 2017). *Avances tecnológicos se muestran en la aquaexpo*. Recuperado de

<http://www.eluniverso.com/noticias/2017/09/27/nota/6402505/avances-tecnologicos-se-muestran-aquaexpo>.

Energiza (Octubre del 2017). *Análisis de vibraciones: Una tecnología clave del mantenimiento predictivo*. Recuperado de <http://www.energiza.org/mantenimiento->

Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento predictivo para aumentar la fiabilidad de los equipos críticos y reducir costos de mantenimiento de una empresa productora de piensos acuícolas

de-plantas/19-mantenimiento-de-plantas/516-analisis-de-vibraciones-una-  
tecnologia-clave-del-mantenimiento-predictivo.

Espejo, V. A. (2014). *Propuesta de mejora del plan de mantenimiento predictivo de los equipos críticos del proceso productivo para reducir la criticidad en la empresa Copeinca SAC.* (Tesis de Bachiller). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

García, O. (2013). *Gestión Moderna del Mantenimiento.* Colombia: Ediciones de la U.

García, O. (Abril del 2014). *Tendencias Actuales en Mantenimiento industrial.* En Blog Reportero industrial. Recuperado de <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Tendencias-actuales-en-mantenimiento-industrial+97221>

Gonzales, F. (2003). *Teoría y Práctica del mantenimiento industrial avanzado.* Madrid: Fundación Confemetal.

Gonzales, R. G. (2009). *Implementación del mantenimiento predictivo basado en análisis vibracional en los compresores de tornillo de una empresa procesadora y enlatadora de productos de mar.* (Tesis de Bachiller). Universidad de Oriente de Venezuela.

Guido, J. (8 de julio del 2017). *La importancia del mantenimiento y su relación con el crecimiento empresarial.* El sol del cusco. Recuperado de <http://www.diarioelsolcusco.pe/2017/07/08/la-importancia-del-mantenimiento-y-su-relacion-con-el-crecimiento-empresarial/>

Muñoz, J. A. (2014). *Propuesta de desarrollo y análisis de la gestión de mantenimiento industrial en una empresa de fabricación de cartón corrugado.* (Tesis de