



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO POR ANÁLISIS DE  
VIBRACIONES PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE LOS  
EQUIPOS ROTATIVOS DEL ÁREA DE GALVANIZADO EN UNA  
EMPRESA METALMECÁNICA, LIMA 2017.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

**PASACHE MORALES, JOSÉ GABRIEL**

**ASESOR:**

**Mg. LINO ROLANDO RODRIGUEZ ALEGRE**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

**GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA**

**LIMA – PERÚ**

**2017**

## **DEDICATORIA**

A Dios por su infinita bondad y amor.

A mi esposa Mary por el amor que nos profesamos.

A mis hijos María Gabriela y Gabriel Alonso por ser mi principal motivación y continuar trabajando fuertemente para cumplir mis metas y alcanzar los objetivos propuestos.

A mis padres por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mis hermanos Miguel y Cecilia por estar siempre a mi lado.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia y amistades por su apoyo incondicional en todo momento en esta etapa de mi vida en la Universidad.

Adicionalmente agradecer sinceramente a mi asesor Mg Lino Rolando Rodríguez Alegre por sus correcciones y sus precisas sugerencias para poder culminar el trabajo de investigación.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo: José Gabriel Pasache Morales con DNI N.º 02841113, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño la presente son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, octubre, 2017

---

José Gabriel Pasache Morales

## **PRESENTACIÓN**

En cumplimiento de Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la Tesis titulada “PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO POR ANÁLISIS DE VIBRACIONES PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DEL ÁREA DE GALVANIZADO EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial.

## INDICE

Página de jurado	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Declaración de autenticidad	v
Presentación	vi
Indice	vii
Indice de tablas	ix
Indice de figuras	x
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Realidad Problemática	14
1.1.1. Diagrama de Ishikawa	17
1.1.2 Diagrama de Pareto.	21
1.2. Trabajos previos	26
1.3 Teorías relacionadas al tema	34
1.3.1 Mantenimiento Predictivo.	34
1.3.2 Plan de Mantenimiento.	35
1.3.3 Beneficios del Mantenimiento Predictivo	36
1.3.4 Importancia del Mantenimiento Predictivo.	37
1.3.5 Implementación del Mantenimiento Predictivo.	37
1.3.7 Variable Dependiente	42
1.4 Formulación del problema	44
1.4.1 Problema General	44
1.4.2 Problemas Específicos	44
1.5 Justificación del estudio	44
1.5.1 Justificación Teórica	44
1.5.2 Justificación Práctica	45
1.5.3 Justificación Metodológica.	45
1.6 Hipótesis	46
1.6.1 Hipótesis General	46
1.6.2 Hipótesis específicas.	46
1.7 Objetivos.	47
1.7.1 Objetivo General	47
1.7.2 Objetivo Específicos	47
II. MÉTODO	48
2.1 Diseño de investigación.	49
2.2 Variables	50
2.2.1 Variable independiente:	50
2.2.2 Variable Dependiente	51
2.2.3 Operacionalización de Variable Independiente	53
2.2.4 Operacionalización de Variable Dependiente.	54

2.3 Población	55
2.3.1 Muestra	55
2.3.2 Criterios de Selección	55
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	56
2.4.1 Instrumentos de recolección de datos	56
2.4.2 Instrumento:	56
2.4.3 Validez y Confiabilidad	57
2.4.3.1 Validez	57
2.5. Métodos de análisis de datos	58
2.5.1 Análisis descriptivo	58
2.5.2 Análisis Inferencial	58
2.6. Aspectos éticos	58
2.7. Desarrollo de la propuesta	59
2.7.1 Situación actual	59
2.7.1.1 Situación Problemática	62
2.7.2. Propuesta de Mejora	64
2.7.3. Implementación de la Propuesta	70
2.7.3.1. Catastro de equipos.	70
2.7.3.2. Establecer los equipos críticos.	71
2.7.3.3 Adquisición de Instrumentos de medición,	72
2.7.3.4 Capacitación.	73
2.7.3.5. Monitoreo.	76
2.7.3.6. Detección de averías	78
2.7.4. Resultados después de la mejora (post test)	81
2.7.5 Análisis Costo Beneficio	84
III. RESULTADOS	89
3.1. Análisis descriptivo	90
3.1.1 Variable Dependiente: Confiabilidad	90
3.1.2. Dimensión 1: Disponibilidad	91
3.1.3. Dimensión 2: Tiempo Medio entre Fallas	92
3.2. Análisis inferencial	95
3.2.1. Análisis de la hipótesis general	95
3.2.2. Análisis de la hipótesis específica 1	98
3.2.3. Análisis de la hipótesis específica 2	101
3.2.4. Análisis de la hipótesis específica 3	102
3.2.4. Análisis de la hipótesis específica 4	104
IV. DISCUSIÓN	108
V. CONCLUSIÓN	111
VI. RECOMENDACIONES	113
VII. REFERENCIAS	115
ANEXOS	120

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	57
Tabla N° 2. Presupuesto de Implementación	67
Tabla N° 3: Diagrama de Gantt	68
Tabla N° 4. Total de Equipos para evaluación de criticidad:(15)	70
Tabla N° 5. Total de Equipos Críticos:(10)	71
Tabla N° 6 . Severidad de los rodamientos	77
Tabla N° 7 Registro de monitoreo de equipo.	78
Tabla N° 8. Disponibilidad pre y post test.	81
Tabla N° 9. Confiabilidad mensual pre y post test.	82
Tabla N° 10 Tabla Costos de mantto Preventivo vs Predictivo	84
Tabla N° 11. Programación de Horas PCP	86
Tabla N° 12. Pérdidas por fallas pre test	86
Tabla N° 13 Pérdida por fallas pos test	86
Tabla N° 14 La media de la Confiabilidad antes y después	91
Tabla N° 15 La media de la Disponibilidad antes y después	92
Tabla N° 16 Valores de la media del MTBF	93
Tabla N° 17 Valores de la media del MTTR	94
Tabla N° 18. Pruebas de normalidad	95
Tabla N° 19 Análisis de muestras relacionadas de la Confiabilidad antes y después Wilcoxon	96
Tabla N° 20 Prueba de muestras emparejadas	97
Tabla N° 21 Análisis de $P_{valor}$ de la Confiabilidad antes y después. Wilcoxon	97
Tabla N° 22 Pruebas de normalidad	98
Tabla N° 23 Análisis de muestras relacionadas de la Disponibilidad antes y después Wilcoxon	99
Tabla N° 24 Valor de la significancia de la Disponibilidad antes y después- Wilcoxon	100
Tabla N° 25 Análisis de $P_{valor}$ de la confiabilidad antes y después. Wilcoxon	100
Tabla N° 26 Pruebas de normalidad	101
Tabla N° 27 Análisis de muestras relacionadas del tiempo medio entre fallas antes y después Wilcoxon	102
Tabla N° 28 Valor de la significancia del Tiempo medio entre fallas antes y después-Wilcoxon	103
Tabla N° 29 Análisis de $P_{valor}$ del tiempo promedio entre fallas antes y después. Wilcoxon	103
Tabla N° 30 Pruebas de normalidad	104
Tabla N° 31 Análisis de muestras relacionadas del tiempo medio de reparación antes y después Wilcoxon	105
Tabla N° 32 Valor de la significancia del tiempo medio de reparación antes y después-Wilcoxon.	106
Tabla N° 33 Análisis de $P_{valor}$ del tiempo medio de reparación antes y después. Wilcoxon	107

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Costos de mantenimiento	15
Figura N° 2 Diagrama de Causa – Efecto Fuente: Elaboración propia	20
Figura N° 3. Diagrama de Pareto:	23
Figura N° 4: Curva PF - Identificación Temprana de una falla	25
Figura N° 5 Organigrama de la Empresa	59
Figura N° 6. Diagrama de Flujo de operaciones de la empresa.	61
Figura N° 7. Diagrama de proceso de galvanizado.	62
Figura N° 8 Instrumento para medir vibraciones	72
Figura N° 9. Termómetro infrarrojo	73
Figura N° 10. Puntos de medición en soporte de rodamientos.	75
Figura N° 11. Puntos de medición de equipo transmisión por fajas.	75
Figura N° 12. Puntos de medición de equipo transmisión directa	76
Figura N° 13 . Exceso de Lubricante	79
Figura N° 14. Cuerpo extraño en impulsor de ventilador	80
Figura N° 15. Grafico disponibilidad mensual pre y pos test.	81
Figura N° 16 Grafico disponibilidad promedio pre y pos test	82
Figura N° 17. Gráfico de Confiabilidad mensual pre y pos test.	83
Figura N° 18 Grafico Confiabilidad mensual pre y pos test.	83
Figura N° 19. Gráfico de Costos preventivo y predictivo	85
Figura N° 20 Gráfico Costos mantto preventivo y predictivo	85
Figura N° 21. Gráfico de Pérdida por fallas pre y pos test	87
Figura N° 22 Resultado Costo beneficio de la Implementación	88
Figura N° 23 Diferencia de la Confiabilidad antes y después de la mejora.	90
Figura N° 24 Gráfico diferencia de la Disponibilidad antes y después.	91
Figura N° 25 Gráfico Diferencia del tiempo medio entre fallas antes y después.	93
Figura N° 26 Gráfico Diferencia del tiempo medio de reparación antes y después.	94

## RESUMEN

La presente tesis es de tipo cuantitativo y cuasi experimental cuyo objetivo es determinar como la Implementación de un plan de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones mejora la Confiabilidad de los equipos rotativos del área de galvanizado en una empresa metalmecánica, Lima 2017. En cuanto al tipo de investigación fue aplicada y explicativa con la finalidad de establecer la influencia de sus variables, la mejora continua y calidad de la investigación cuyo problema principal se concentra en la tasa de fallas, la población estuvo constituida por el número de fallas semanal correspondiente a la totalidad de los equipos rotativos, el tiempo utilizado para las mediciones realizadas semanalmente y consolidadas por un periodo de 24 semanas. En los resultados se logró determinar que aplicando el análisis de vibraciones mejoró la confiabilidad de los equipos rotativos, según los datos obtenidos en las pruebas realizadas se incrementó la confiabilidad en 5%, pasando de 92% a 97%, por otra parte la disponibilidad de los equipos en base a los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis de esta dimensión se logró alcanzar una mejora que pasó de 91% a 98% es decir un incremento de 7%, asimismo se mejoró el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación, en base a los resultados alcanzados de las pruebas de hipótesis realizadas a estas dimensiones se pudo obtener una mejora en los tiempos de 65% y 44.2% respectivamente.

Es importante mencionar que la muestra siguió una distribución normal mediante el software SPSS versión 22. Al finalizar el presente estudio se llegó a la conclusión que el análisis de vibraciones mejora la confiabilidad de los equipos rotativos de la línea de galvanizado.

Palabra clave: Análisis de vibraciones – Confiabilidad - Disponibilidad

## ABSTRACT

This thesis is of a quantitative and quasi-experimental type whose objective is to determine how the implementation of a predictive maintenance plan by vibration analysis improves the reliability of rotating equipment in the area of galvanizing in a metalworking company, Lima 2017. Regarding the type of research was applied and explanatory in order to establish the influence of its variables, the continuous improvement and quality of the research whose main problem is concentrated in the failure rate, the population was constituted by the weekly number of failures corresponding to all the rotating equipment, the time used for weekly measurements and consolidated for a period of 24 weeks. In the results it was determined that applying the vibration analysis improved the reliability of the rotating equipment, according to the data obtained in the tests carried out, the reliability was increased by 5%, going from 92% to 97%, on the other hand the availability of The teams based on the results obtained from the hypothesis test of this dimension were able to reach an improvement that went from 91% to 98%, that is to say an increase of 7%, likewise the average time between failures and the average time of repair, based on the results obtained from the hypothesis tests carried out on these dimensions, it was possible to obtain an improvement in the times of 65% and 44.2% respectively. It is important to mention that the sample followed a normal distribution using the software SPSS version 22. At the end of the present study it was concluded that the analysis of vibrations improves the reliability of the rotating equipment of the galvanizing line.

Keyword: Vibration analysis - Reliability - Availability

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02
		Versión : 07
		Fecha : 31-03-2017
		Página : 1 de 1

Yo, GUIDO RENE SUCA APAZA, Responsable de Investigación de la EP de Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo, Lima Norte, verifico que la Tesis Titulada: "PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO POR ANÁLISIS DE VIBRACIONES PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DEL ÁREA DE GALVANIZADO EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA. – LIMA, 2017", del estudiante PASACHE MORALES JOSE GABRIEL; tiene un índice de similitud de 14 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 18 abril del 2018



.....  
**Mg. Guido Rene Suca Apaza**  
 Responsable de Investigación de la EP de  
 Ingeniería Industrial

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------