



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN EL ÁREA DE TALLER AGRÍCOLA PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL LAREDO S.A.A.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Br. Julio César Villacorta Villanueva

**Asesor:**

Ing. Raúl Paredes Rosario

Trujillo - Perú

2015

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
PRESENTACIÓN.....	iii
RESUMEN.....	v
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	x
ÍNDICE DE CUADROS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
CAPITULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 Realidad problemática .....	2
1.2 Formulación del problema .....	7
1.3. Hipótesis.....	7
1.4 Objetivos .....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
1.5 Justificación.....	7
1.5.1. Justificación aplicativa o práctica .....	7
1.5.2. Justificación teórica .....	8
1.5.3. Justificación valorativa.....	8
1.5.4. Justificación académica.....	8
1.6. Tipo de investigación .....	8
1.6.1. Por la orientación.....	8
1.7. Diseño de la investigación .....	8
1.7.1. Por el diseño.....	8



3.3. Identificación de problemas e indicadores actuales .....	64
3.3.1. Diagrama de Ishikawa .....	64
3.3.2. Matriz de priorización.....	65
3.3.3. Diagrama de Pareto .....	66
3.3.4. Indicadores actuales y metas proyectadas .....	83
CAPITULO 4: SOLUCION PROPUESTA .....	84
4.1. Propuesta de mejora.....	85
4.1.1 Sistema de mantenimiento predictivo en el área de Taller Agrícola.....	85
CAPITULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA .....	117
5.1 Inversión para la propuesta de mejora .....	118
5.2 Ahorro implementando la propuesta.....	119
5.3 Estado de Resultados .....	119
5.4 Flujo de Caja.....	120
5.5 Cálculo TIR / VAN.....	120
CAPITULO 6: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	121
6.1 Resultados.....	122
6.2 Discusión .....	122
CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	124
7.1 Conclusiones .....	125
7.2 Recomendaciones .....	126
BIBLIOGRAFÍA.....	127
ANEXOS .....	129

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Producción por países 2010 .....	02
Gráfico N° 02: Producción de Caña de Azúcar (Toneladas) .....	03
Gráfico N° 03: Pronóstico de futura falla en un ítem.....	15
Gráfico N° 04: Flujograma del proceso predictivo .....	32
Gráfico N° 05: Esquema típico de un sistema de monitoreamiento.....	34
Gráfico N° 06: Diagrama de flujo del proceso de producción de azúcar .....	51
Gráfico N° 07: Organigrama general de la empresa.....	59
Gráfico N° 08: Organigrama del Taller agrícola .....	62
Gráfico N° 09: Flujograma actual del proceso de mantenimiento del taller Agrícola .....	63
Gráfico N° 10: Causas de la baja rentabilidad de la empresa agroindustrial Laredo S.A.A .....	64
Gráfico N° 11: Distribución del tiempo total 2014 .....	71
Gráfico N° 12: Distribución de las horas paradas 2014 .....	71
Gráfico N° 13: Distribución en base al tiempo total 2014 .....	72
Gráfico N° 14: Distribución mensual del tiempo total de los equi. del año 2014.....	74
Gráfico N° 15: Componentes del costo del taller agrícola 2014 (Real vs. Ppto) ..	76
Gráfico N° 16: Diagrama de la estructura de la propuesta de mejora .....	85
Gráfico N° 17: Relación porcentual de las horas – Equipos críticos 2014 .....	89
Gráfico N° 18: Distribución de tiempo total – Equipos críticos 2014 .....	90
Gráfico N° 19: Distribución de las horas paradas – Equipos críticos 2014 .....	90
Gráfico N° 20: Distribución de horas respecto al tiempo total Equipos críticos 2014 .....	91
Gráfico N° 21: Actividades de los equipos críticos en horas .....	92
Gráfico N° 22: Diagrama de Pareto de las fallas de los cargadores frontales .....	96

Gráfico N° 23: Diagrama de Pareto de las fallas de las motoniveladoras.....	97
Gráfico N° 24: Diagrama de Pareto de las fallas de la alzadora.....	99
Gráfico N° 25: Diagrama de Pareto de las fallas de las cosechadoras.....	101
Gráfico N° 26: Diagrama de Pareto de las fallas de los camiones .....	103

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Operacionalización de las variables.....	09
Cuadro N° 02: Diferencias básicas entre las tres técnicas de mantenimiento .....	15
Cuadro N° 03: Técnicas De Mantenimiento Predictivo .....	18
Cuadro N° 04: Equipamientos mecánicos estacionarios .....	35
Cuadro N° 05: Equipamientos mecánicos rotatorios .....	36
Cuadro N° 06: Diagrama PEPSU de Agroindustrial Laredo S.A.A .....	45
Cuadro N° 07: Maquinaria y equipos principales .....	47
Cuadro N° 08: Maquinaria y equipos de campo .....	48
Cuadro N° 09: Costo mantenimiento terceros 2014 .....	67
Cuadro N° 10: Lista de equipos de campo de Agroindustrial Laredo S.A .....	69
Cuadro N°11: Distribución de horas de todos los equipos de campo en el año 2014 .....	70
Cuadro N°12: Distribución mensual del tiempo total de los equipos del año 2014 .....	73
Cuadro N° 13: Costos de Taller Agrícola del año 2014 .....	75
Cuadro N°14: Variaciones en el costo de Taller agrícola vs ppto .....	76
Cuadro N°15: Cálculo del OOE (desagregado) real de Agroindustrial Laredo del año 2014 .....	77
Cuadro N°16: Distribución del tiempo perdido total en el año 2014 (Campo y Fábrica) .....	79
Cuadro N°17: Costo lucro cesante del incumplimiento de molienda 2014 (Campo y Fábrica) .....	80
Cuadro N°18: Costo lucro cesante del tiempo perdido total del OEE de fábrica ....	81
Cuadro N°19: Costo lucro cesante del tiempo perdido por Campo y cosecha .....	82
Cuadro N° 20: Indicadores y metas de la propuesta de mejora .....	83

Cuadro N° 21: Equipos críticos de Agroindustrial Laredo S.A.A.....	86
Cuadro N° 22: Historial de horas de los equipos críticos 2014 al detalle.....	87
Cuadro N° 23: Distribución de tiempos 2014 - Equipos críticos de Agroindustrial Laredo S.A.A.....	88
Cuadro N° 24: Actividades de los equipos críticos en horas.....	91
Cuadro N° 25: Indicadores actuales de mantenimiento de los equipos críticos.....	93
Cuadro N° 26: Costos generados por el mantenimiento de los equipos críticos en el año 2014.....	94
Cuadro N° 27: Costo lucro cesante de los equipos críticos en el año 2014.....	95
Cuadro N° 28: Fallas de los cargadores frontales 2014.....	96
Cuadro N° 29: Fallas de las motoniveladoras 2014.....	97
Cuadro N° 30: Fallas de las alzadoras 2014.....	98
Cuadro N° 31: Fallas de las cosechadoras 2014.....	100
Cuadro N° 32: Fallas de los camiones 2014.....	102
Cuadro N° 33: Consolidado de fallas de los equipos críticos.....	104
Cuadro N° 34: Equipos predictivos en función de las fallas críticas.....	105
Cuadro N° 35: Equipos predictivos a adquirir para las inspecciones.....	106
Cuadro N° 36: Frecuencia de inspección predictiva.....	107
Cuadro N° 37: Cronograma de capacitación.....	110
Cuadro N° 38: Reducción del mantenimiento correctivo.....	111
Cuadro N° 39: Reducción del CLC del mantenimiento correctivo.....	112
Cuadro N° 40: Reducción del tiempo (horas) en el área de Taller Agrícola.....	113
Cuadro N° 41: Reducción del CLC de los tiempos perdidos totales.....	113
Cuadro N° 42: Aumento de molienda con el SMP.....	114
Cuadro N° 43: Reducción del costo de mantenimiento por terceros con SMP.....	115
Cuadro N° 44: Reducción del costo del área de taller agrícola.....	116



Cuadro N° 45: Inversión total de la propuesta de mejora .....	118
Cuadro N° 46: Ingresos obtenidos por la propuesta de mejora .....	119
Cuadro N° 47: Estado de resultados.....	119
Cuadro N° 48: Flujo de caja .....	120
Cuadro N° 49: Indicadores económicos .....	120

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Área cosechada y rendimiento de la caña de azúcar .....	04
Figura N° 02: Ciclo de mantenimiento predictivo .....	25
Figura N° 03: Planta de la empresa .....	43
Figura N° 04: Principales clientes.....	44
Figura N° 05: Principales productos de la empresa.....	49
Figura N° 06: Mapa de procesos de Agroindustrial Laredo S.A.A .....	50
Figura N° 07: Proceso de elaboración de azúcar.....	59
Figura N° 08: Área de estudio - Taller Agrícola .....	60
Figura N° 09: Área de estudio - Taller Agrícola .....	61
Figura N° 10: Matriz de priorización para el área de Taller Agrícola.....	65
Figura N° 11: Diagrama de Pareto del Taller agrícola .....	66
Figura N° 12: Cálculo del OOE de Agroindustrial Laredo del año 2014.....	78
Figura N° 13: Procedimiento del mantenimiento predictivo .....	108

## RESUMEN

La presente tesis se ha elaborado con la finalidad de aumentar la rentabilidad de la empresa Agroindustrial Laredo S.A.A. Para ello se ha planteado mejorar la actual gestión del mantenimiento en el área de Taller agrícola, a través del diseño de un sistema de mantenimiento predictivo.

En el primer capítulo se ha realizado el diagnóstico de la situación actual de la empresa, se detectaron los problemas de todas las áreas y se formuló el problema al que se dará solución con esta tesis.

En el segundo capítulo se citan antecedentes nacionales e internacionales bajo los cuales se guía el desarrollo de la presente tesis; así mismo se describe la teoría del mantenimiento y métodos a utilizar durante el desarrollo de la tesis para la solución del problema.

En el capítulo tercero se hace una descripción general de la empresa para tener una idea más profunda del rubro en el que se desenvuelve, sus procesos, clientes, proveedores, etc. En esta parte también se hace un análisis del problema con herramientas como Ishikawa y Diagrama de Pareto para encontrar las causas raíces que lo originan, teniendo así que los tiempos perdidos inciden directamente en el OEE de la fábrica y por consecuencia afecta la rentabilidad de la empresa.

Se plantea una reducción del 20 % del tiempo perdido por falta de disponibilidad de los equipos críticos del área de taller agrícola.

En los capítulos 4 y 5 detallo el diseño del sistema del mantenimiento predictivo, el cual atenderá las fallas más críticas de los equipos críticos, para ello se tuvo que evaluar las fallas, determinar los equipos predictivos y la frecuencia de inspección a realizar para cada equipo crítico y sumado a ello un programa de capacitación, con lo cual el personal podrá realizar sin problema las tareas de mantenimiento planteadas.

Para culminar, se realiza una evaluación económica financiera obteniéndose un VAN de S/. 264,389 y un TIR de 16.4%, lo cual indica que el proyecto es RENTABLE.

## **ABSTRACT**

This thesis has been developed in order to increase the profitability of the Agroindustrial Laredo S.A.A. This has been raised to improve the current management of maintenance in the area of agricultural Workshop, through the design of a predictive maintenance system.

The first chapter is the diagnosis of the current situation of the company, the problems of all areas were detected and the problem that this thesis will provide solution was formulated. For this work we examined and the respective hypothesis was performed.

In the second chapter, national and international background under which the development of this thesis is guided cited; theory likewise maintenance and describes methods used during the development of the thesis to solve the problem.

In the third chapter we make an overview of the company to gain a better idea of the area in which it operates, its processes, customers, suppliers, etc. In this part we use the analysis problems tools like ishikawa and Pareto chart to find the root causes that cause it, we found that, the wasted time affect directly to the factory OEE and consequently affects the profitability of the company.

We propose a 20% reduction of the wasted time due to lack of availability of critical equipment agricultural workshop area.

Chapters 4 and 5 details the design of predictive maintenance system, which is responsible to deal with the most critical flaws of the critical equipment, first I had to evaluated the failure, to define the predictive equipment and frequency of inspection to be performed for each critical equipment and added a training program for the staff, so they can perform without any maintenance problems.

To conclude, the result of the financial economic evaluation is: NPV of S/. 264,389 and 16.4% Rate of return. This indicate that the project is profitable.

## **NOTA DE ACCESO**

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

# BIBLIOGRAFÍA

## - Libros:

Alonso G., Fernández M., Cano J., García M. & Solares J.(1998). Técnicas para el Mantenimiento y Diagnóstico de Máquinas Eléctricas.España: Marcombo.

GARCÍA, S.(2009). Mantenimiento Predictivo. Madrid: Renovetec.

Gutiérrez, A.(2006). Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. Medellín: Copyright.

Palomino, E.(1997). La Medición y el Análisis de Vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotativas. Cuba: Ceim.

Suárez, D. (2001). *Guía Teórico – Práctico Mantenimiento Mecánico*. Universidad de Oriente, Puerto La Cruz

## - Páginas web:

Atmosferis (2012). *Mantenimiento: Correctivo, preventivo y predictivo*. [En línea] Recuperado el 12 de Septiembre del 2014, de <http://www.atmosferis.com/mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo/>.

Bonet, Pérez & Quiñones (s.f.) Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga. [En línea] Recuperado el 31 de Octubre del 2014, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S207100542013000200011&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S207100542013000200011&script=sci_arttext)

Chávez, A. (2004). Maquinaria y mecanización agrícola [En línea] Recuperado el 31 de Octubre del 2014,de <http://books.google.com.pe/books?id=OCfKpzcwiOgC&pg=PA502&lpg=PA502&dq=TALLER+DE+MANTENIMIENTO+AGRICOLA&source=bl&ots=rf4BG-gZZm&sig=02anHp2z-mEIUdQcXIN7KGKUhts&hl=es-419&sa=X&ei=WwZVVPLpHIqWNnozdgkg&ved=0CCIQ6AEwATgK#v=onepage&q=TALLER%20DE%20MANTENIMIENTO%20AGRICOLA&f=false>

Espinosa Fuentes, F. (s.f.). Mantenimiento predictivo. [En línea] Recuperado el 12 de Septiembre del 2014, de <http://campuscurico.otalca.cl/~fespinos/MANUTENCION%20PREDICTIVA%20algunas%20tEcnica.pdf>.

Gts Confiabilidad (s.f.). Estrategias de mantenimiento predictivo. [En línea] Recuperado el 12 de Septiembre del 2014, de <https://es.scribd.com/doc/126331794/Servicios-de-Mantenimiento-Predictivo-Gts-Confiabilidad>.

Portal de mantenimiento (s.f.). Programa de mantenimiento. [En línea] Recuperado el 12 de Septiembre del 2014, de <http://www.solomantenimiento.com/articulos/programa-mantenimiento.html>.

Ruiz y Gil, (2000). La maquinaria agrícola en el siglo XX. [En línea] Recuperado el 31 de Octubre del 2014, de [http://oa.upm.es/16238/1/02\\_050.pdf](http://oa.upm.es/16238/1/02_050.pdf)

Universidad Nacional abierta y a distancia (s.f.). Taller de maquinaria agrícola [En línea] Recuperado el 31 de Octubre del 2014, de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201619/Maquinaria%20y%20Mechanizacion/capitulo\\_3\\_\\_el\\_taller\\_de\\_maquinaria\\_agrcola.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201619/Maquinaria%20y%20Mechanizacion/capitulo_3__el_taller_de_maquinaria_agrcola.html)

Zaldívar, Clemente y Sanfort (2003). El mantenimiento vía para la dirección de la fiabilidad de las máquinas agrícolas. [En línea] Recuperado el 31 de Octubre del 2014, de [http://www.tecdigital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec\\_marcha/article/viewFile/1475/1357](http://www.tecdigital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec_marcha/article/viewFile/1475/1357).