

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE RCM PARA LA MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL TRACTOR A950F EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA VENTA Y ALQUILER DE BIENES DE CAPITAL”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

Autores:

Carlos Alberto Lujan Aguilar
Silvia del Rosario Tello Ulloa

Asesor:

Mg. Marco Antonio Díaz Díaz

Trujillo - Perú

2021

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
INDICE DE GRÁFICAS	11
ÍNDICE DE ECUACIONES	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad problemática.....	15
1.2. Justificación.....	29
1.2.1. Justificación Teórica	29
1.2.2. Justificación Práctica.....	29
1.2.3. Justificación Económica	30
1.3. Antecedentes	32
1.3.1. Antecedentes Internacionales.....	32
1.3.2. Antecedentes Nacionales	33
1.4. Formulación del Problema	34
1.4.1 Problema General.....	34
1.4.2. Problemas Específicos	35
1.5. Objetivos	35
1.5.1. Objetivo General	35
1.5.2. Objetivos Específicos.....	35

1.6.	Hipótesis.....	36
------	----------------	----

CAPÍTULO II. MÉTODO..... 37

2.1.	Tipo de investigación	37
2.2.	Población y muestra	38
2.3.	Aspectos Éticos	38
2.4.	Materiales, instrumentos y métodos	39
2.4.1.	Métodos que permitieron realizar el diagnóstico del tractor A950F en una empresa dedicada al rubro de venta y alquiler de bienes de capital.	39
2.4.2.	Métodos que permitieron estimar la confiabilidad operacional del sistema de embrague del tractor A950F utilizando la metodología RCM en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital.	47
2.4.3.	Métodos que permitieron diseñar un plan de mantenimiento aplicando RCM en la gestión de mantenimiento del sistema de embrague del tractor A950F en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital.....	53
2.4.4.	Métodos que permitieron calcular el beneficio económico que se obtiene de la propuesta de implementación de RCM en la gestión de mantenimiento al sistema de embrague del tractor A950F en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital.	62
2.5.	Procedimientos	69
2.5.1.	Procedimientos que permitieron realizar el diagnóstico del tractor A950F en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital.	69
2.5.2.	Procedimientos que permitieron estimar la confiabilidad operacional del sistema de embrague del tractor A950F utilizando la metodología RCM en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital.	82
2.5.3.	Procedimientos que permitieron diseñar un plan de mantenimiento aplicando RCM en la gestión de mantenimiento del sistema de embrague del tractor A950F en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital.	98
2.5.4.	Procedimiento que permitieron calcular el beneficio económico que se obtiene de la propuesta de implementación de RCM en la gestión de	

mantenimiento al sistema de embrague del tractor A950F en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital.	134
CAPÍTULO III. RESULTADOS	150
3.1. Resultados de realizar del diagnóstico en el tractor A950F en una empresa dedicada al rubro de venta y alquiler de bienes de capital.	150
3.2. Resultado de estimar la confiabilidad operacional del sistema de embrague del tractor A950F utilizando la metodología RCM en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital.	151
3.3. Resultado del diseñar un plan de mantenimiento aplicando RCM en la gestión de mantenimiento del sistema de embrague del tractor A950F en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital.	157
3.4. Resultado de calcular el beneficio económico que se obtiene de la propuesta de implementación de RCM en la gestión de mantenimiento al sistema de embrague del tractor A950F en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital.	160
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	162
4.1. Discusión.....	162
4.1.1. Interpretación comparativa con los antecedentes de la investigación	162
4.1.2. Limitaciones del Estudio.....	164
4.2. Conclusiones	165
REFERENCIAS	167
ANEXOS	171

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ventas de tractores agrícolas a nivel Nacional del 2018 al 2020.....	18
Tabla 2: Venta por modelo de tractores agrícolas a nivel nacional del 2018 al 2020.....	21
Tabla 3: Venta por modelo de tractores agrícolas a nivel Sucursal Trujillo del 2018 al 2021.....	23
Tabla 4: Fallas por sistemas del tractor A950F en la Sucursal Trujillo - 2020.....	25
Tabla 5: Costo de la Falla en el sistema de embrague del tractor A950F.....	31
Tabla 6: Factores Ponderados de la Criticidad para el sistema de embrague del tractor A950F.....	44
Tabla 7: Las 7 preguntas básicas para el proceso de RCM.....	58
Tabla 8: Modelo RCM.....	61
Tabla 9: Frecuencia de Fallas por Sistema del tractor A950F.....	70
Tabla 10: Criterios ponderados para el Sistema de Embrague.....	74
Tabla 11: Criterios ponderados para el Sistema Hidráulico.....	74
Tabla 12: Criterios ponderados para el Sistema Eléctrico.....	75
Tabla 13: Matriz de Criticidad para el Sistema de Embrague.....	76
Tabla 14: Matriz de Criticidad para el Sistema de Hidráulico.....	77
Tabla 15: Matriz de Criticidad para el Sistema Eléctrico.....	77
Tabla 16: Hoja de análisis a nivel macro para tractores vendidos en el año 2020 en Sucursal Trujillo.....	82
Tabla 17: MTBF de tractores A950F – Según Ot´s.....	85
Tabla 18: MTTR de tractores A950F – Según ots.....	87
Tabla 19: Disponibilidad de tractores A950F.....	89
Tabla 20: Tasa de fallas de tractores A950F.....	91

Tabla 21: Confiabilidad de los tractores A950F.....	93
Tabla 22: Confiabilidad de los 8 componentes de sistema de embrague del tractor A950F...	95
Tabla 23: Confiabilidad de los 8 componentes de sistema de embrague del tractor A950F con propuesta de implementación del RCM.....	97
Tabla 24: Análisis RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F.....	99
Tabla 25: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de Información del Eje de Embrague	101
Tabla 26: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Hoja de decisión del Eje del Embrague.....	103
Tabla 27: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de Información de Rodamiento de Bolas	105
Tabla 28: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Hoja de decisión de Rodamiento de Bolas.....	107
Tabla 29: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de Información del Casquillo	109
Tabla 30: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de decisión del Casquillo.....	111
Tabla 31: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de Información del Kit de Palancas de la TDF	113
Tabla 32: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de decisión del Kit de Palancas de la TDF.....	115
Tabla 33: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de Información del Cojinete de Embrague.....	117
Tabla 34: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de decisión del Cojinete de Embrague.....	119

Tabla 35: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de Información del Kit de Palanca de Embrague	121
Tabla 36: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de decisión del Kit de Palanca de Embrague	123
Tabla 37: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de información del Disco de Embrague de la Transmisión	125
Tabla 38: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de decisión del Disco de Embrague de la Transmisión.....	127
Tabla 39: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de información del Disco de Embrague de la Toma de Fuerza.....	129
Tabla 40: RCM para el Sistema de Embrague del tractor A950F: Análisis AMEF- Hoja de decisión del Disco de Embrague de la Toma de Fuerza.....	131
Tabla 41: Plan de Mantenimiento aplicando RCM A950F.....	133
Tabla 42: Costos de implementación para realizar mantenimiento mejorativo en el tractor A950F.....	135
Tabla 43: Costos de falla en el sistema de embrague en el tractor A950F - 2020	136
Tabla 44: Costo de Inversión por implementación de RCM	137
Tabla 45: Inversión y Financiamiento	139
Tabla 46: Plan de pagos mensuales	140
Tabla 47: Flujo de Caja.	142
Tabla 48: VANl	143
Tabla 49: TIR.....	144
Tabla 50: Costos anuales 2020 vs Costos anuales con RCM.....	148
Tabla 51: Indicadores iniciales vs indicadores finales	152
Tabla 52: Plan de mantenimiento aplicando RCM.....	157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tractor A950F.....	20
Figura 2: Sistema de Embrague del Tractor A950F	27
Figura 3: Conjunto de Embrague tipo doble disco	28
Figura 4: Modelo diagrama de Pareto	40
Figura 5: Aspectos fundamentales para la fiabilidad operacional.....	41
Figura 6:Matriz de Criticidad.....	45
Figura 7: Modelo de diagrama de Ishikawa	47
Figura 8: Tiempo Medio entre fallas	49
Figura 9: Tiempo Promedio para reparación.....	50
Figura 10:Curva de la bañera.....	52
Figura 11: Flujograma de las fases del RCM	60
Figura 12: Tasa Interna de Retorno	66

INDICE DE GRÁFICAS

Gràfica 1: Ventas de Tractores agricolas a nivel nacional del 2018 al 2020.....	19
Gràfica 2: Venta por modelo de tractores agricolas a nivel Nacional del 2018 al 2020	22
Gràfica 3: Venta por modelo de tractores agricolas a nivel Sucursal Trujillo del 2018 al 2020.....	24
Gràfica 4: Falla por sistema de tractor A950F en la sucursal Trujillo 2020	26
Gràfica 5: Diagrama de Pareto de fallas por sistemas del tractor A950F.....	72
Gràfica 6: Diagrama de Ishikawa del Sistema de Embrague del tractor A950F	81
Gràfica 7: Interpolacion del TIR vs VAN de la propuesta.....	145
Gràfica 8: Costos anuales 2020 vs Costos anuales con RCM.....	149
Gràfica 9: Resultados antes y después de realizar la propuesta RCM	152
Gràfica 10: MTBF 2020 sin RCM – 2021 con RCM.....	153
Gràfica 11: MTTR 2020 sin RCM – 2021 con RCM	154
Gràfica 12: Disponiilidad 2020 sin RCM – 2021 con RCM	155
Gràfica 13: Tasa de Falla 2020 sin RCM – 2021 con RCM.....	156
Gràfica 14: Incremento de MTBF aplicando RCM.....	159
Gràfica 15: TIR	160

ÍNDICE DE ECUACIONES

Fórmula 1: Criticidad.....	42
Fórmula 2: Consecuencia	42
Fórmula 3: Confiabilidad	48
Fórmula 4: Infiabilidad.....	48
Fórmula 5: Tiempo promedio entre fallas	49
Fórmula 6: Tiempo promedio entre reparación	49
Fórmula 7: Tasa de Fallas	50
Fórmula 8: Tasa de Fallas (%)	51
Fórmula 9: Disponibilidad de Operaciones	51
Fórmula 10: Flujo de caja	63
Fórmula 11: Valor Actual Neto (VAN)	64
Fórmula 12: Tasa Interna de retorno (TIR)	65
Fórmula 13: Rentabilidad sobre Inversión (ROI)	67
Fórmula 14: Relación C/B.....	67
Fórmula 15: Costo de Oportunidad.....	69

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo realizar una propuesta de implementación de la metodología RCM para mejorar la gestión de mantenimiento en el sistema de embrague del tractor A950F, en una empresa dedicada a la venta y alquiler de bienes de capital. Se propone implementar esta metodología ya que los costos por mantenimiento correctivo en este sistema se han incrementado a medida que aumenta la venta de tractores, lo cual afecta directamente los márgenes contemplados en la estructura de costos de cada equipo.

Se realizó un análisis de la situación inicial con datos del año 2020 y se utilizó métodos como Pareto, Análisis de Criticidad y Diagrama de Ishikawa para determinar el problema principal en el cual nos vamos a enfocar nuestro trabajo de investigación Sistema de Embrague.

Finalmente se aplicó la metodología RCM en la gestión del mantenimiento del sistema de embrague para diseñar un plan de mantenimiento que se estima va a incrementar la confiabilidad de este sistema de embrague de 26% a 70% en promedio, lo que permitirá reducir los costos por mantenimiento correctivo de \$40,280 a \$10,350 anual y así mantener los márgenes objetivos en la venta de cada equipo entre 9% y 10%.

Palabras clave: RCM, Embrague, Confiabilidad, Tractor.

ABSTRACT

The objective of this research work is to make a proposal for the implementation of the RCM methodology to improve the maintenance management in the tractor A950F clutch system, in a company dedicated to the sale and rental of capital goods. It is proposed to implement this methodology since corrective maintenance costs in this system have increased as tractor sales increase, which directly affects the margins contemplated in the cost structure of each piece of equipment.

An analysis of the initial situation was carried out with data of year 2020 and we used methods such as Pareto Chart, Criticality Analysis and Ishikawa Diagram to determine the main problem on which we are going to focus on this research work Clutch System.

Finally, the RCM methodology was applied to the maintenance management of the clutch system to design a maintenance plan that is estimated to increase the reliability of this clutch system from 26% to 70% average, which will allow to reduce corrective maintenance costs from \$40,280 to \$10,350 / year and thus maintain the objective margins in the sale of each equipment between 9% and 10%.

Keywords: RCM, Clutch, Reliability, Tractor.

NOTA DE ACCESO

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

REFERENCIAS

- Araujo, E. (2016). *Influencia de la confiabilidad en los índices de la flota de tractores JD MF 291 en la empresa Casa Grande SAC*. (Tesis para título). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Baena, G. (2014). *Metodología de la Investigación*. (1era ed.). México. Editorial Patria.
- Castela, F. (2016). *Mantenimientos Industriales: Curva de la bañera*. Registrado de <https://mantenimientoindustrialweb.wordpress.com/2016/06/14/curva-de-la-banera/>
- Del Castillo, C. C. y Olivares Orozco, S. (2014). *Metodología de la investigación*. Editorial Patria.
- Duran, N. (2010). *Propuesta de mejoras para la gestión de mantenimiento del taller de la empresa constructora de servicios industriales C.A. La Habana*. Recuperado de <https://elibro-net.eu1.proxy.openathens.net/es/ereader/upnorte/86044?page=1>
- Bestratén, M.; (2001). *Análisis modal de fallos y efectos amfe*. Centrado Nacional de condiciones de trabajo. España.
- Flores, G. y Gamarra, E. (2018). *Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a la caldera de 200 BHP para reducir costos, planta pesquera Hayduk*. (Tesis de Título). Universidad Nacional del Callao. Callao, Perú
- Garzón, R. (2007). *Sistema Automatizado de mantenimiento centrado de confiabilidad para pequeñas y mediana empresas*. (Tesis de Título). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Gitman, L., & Zutter, C. (2012). Flujo de caja, C/B, VAN y TIR. En G. Domínguez (Ed.), *Principios de Administración Financiera* (12va ed.). Editorial PEARSON.

- Lean Solutions (2021). *AMEF Análisis de modo y efecto de fallas*. Bogotá, Colombia. Registrado de <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>
- Lluzar, P. (2019). *El Mercado de maquinaria Agrícola en Perú*. España. Editado Ices España Exportación e Inversiones.
- Mendizabal, A. (2020). *Gestión de Mantenimiento y Activos Físicos*. Registrado de <https://angelmendizabal.com/mantenimiento/ejemplo-practico-para-realizar-un-analisis-de-criticidad/>
- Mendoza, P. & Urpe, A. (2020). *Implementación de la metodología RCM en el área Rental de la empresa Unimaq para mejorar la disponibilidad de los grupos electrógenos OLYMPIAN- CATERPILLAR*. (Trabajo de Suficiencia Profesional). Universidad Privada del Norte. Lima, Perú.
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control*. (1era ed.). México. Editorial Alfaomega
- Morales, J. (2005). *Mantenimiento Industrial I*. (1era ed.)
- Moubray, I. (2000). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)*. Registrado de www.soporteycia.com.co.
- Rasinger, S. M. (2020). *La investigación cuantitativa en Lingüística*. Madrid, España. Editorial Akal.
- Ortiz, A. (2019). *RCM para optimizar operatividad de los tractores LANDINI REX 90 GE en la empresa San Miguel Fruits. S.A.* (Trabajo de Suficiencia Laboral). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Prat, M. (2014). *Análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora digital industrial*. (Proyecto de Especialidad). Universidad Técnica de Catalunya. Barcelona, España.

Renove Tecnología (2021). Plan de Mantenimiento basado en RCM. *Renovetec*. Registrado

de <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>

Rodriguez, E. A. (2005). *Metodología de la Investigación*. Tabasco, México. (1era. ed.).

Salazar, B. (2019). *Análisis del modo y efecto de la falla (AMEF)*. Registrado de

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

SBS (2021). *Tasa de Interés promedio del Sistema Bancario*. Registrado de

<https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPPortal/Paginas/TIActivaTipoCreditoEmpresa.aspx?tip=B>

Schiffman, L. & Kanuk, L. (2005). *Comportamiento del consumidor*. (8va. ed.) Editorial Person.

Sevilla, A. (2021). *TIR*. Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

Soto, M. (2018). *Propuesta de implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), de los activos críticos de la unidad n°1 de la central termina El Descanso*. (Tesis de Magister). Universidad de Azuay. Cuenca, Ecuador.

Stachú, W. (2009)). *Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa*. El Cid

Editor. Recuperado de <https://elibro-net.eu1.proxy.openathens.net/es/ereader/upnorte/31400?page=6>

Tavares, L. (1999). *Administración Moderna del Mantenimiento*. Brasil. Editorial Novo polo.

Westreicher, G. (2021). ROI. Recuperado de

<https://economipedia.com/definiciones/retorno-de-la-inversion-roi.html>

- Zambrano, R. (2017). *Propuesta de implementación de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de los activos críticos de la Central Hidroeléctrica Ocaña*. (Tesis de Magister). Universidad de Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Zita, A. (2020). *Tipos de Investigación*. Recuperado de <https://www.significados.com/tipos-de-investigacion/>