



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Mantenimiento basado en la confiabilidad para incrementar la
disponibilidad en línea de producción de la planta industrial ladrillos
Lark – Lambayeque”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Br. Rubén Martínez Calvay (ORCID: 0000-0002-1448-9877)

ASESOR:

Msc. James Skinner Celada Padilla (ORCID: 0000-0002-5901-2669)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y planes de mantenimiento

CHICLAYO – PERÚ

2019

Dedicatoria

Este proyecto lo dedico a mi esposa Fany Tejada y a mi hijo Rubén Anani quienes tuvieron mucha paciencia y perseverancia desde el inicio hasta el final de esta carrera.

También a mis padres por iniciar con la formación básica para poder continuar y ahora terminar este proyecto que siempre anhelaron.

El autor.

Agradecimiento

A Dios primeramente por darme la vida la salud y el cuidado en todo este tiempo que paso desde que emprendí este proyecto.

A mi familia esposa, hijo, papás, hermanos, amigos, jefes de trabajo y maestros educadores por darme la oportunidad de crecer como profesional y como persona.

Declaratoria de autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **RUBÉN MARTÍNEZ CALVAY**, estudiante de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° **45457018**, con el trabajo de investigación titulada, **“MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLOS LARK – LAMBAYEQUE”**.

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 19 de diciembre de 2019



Rubén Martínez Calvay
DNI: 45457018

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tablas	x
Índice de Gráficos	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Trabajos previos	4
1.3 Teorías relacionadas.....	6
1.3.1 Mantenimiento	6
1.3.2 Proceso de mantenimiento	6
1.3.3 Evolución del mantenimiento	7
1.3.4 Gestión de mantenimiento	7
1.3.5 Objetivo del mantenimiento	8
1.3.6 Función del mantenimiento	8
1.3.7 Costos de mantenimiento.....	9
1.3.8 Impacto de las fallas en las ventajas competitivas.....	9
1.3.9 Mantenimiento predictivo.....	10
1.3.10 Mantenimiento preventivo	11
1.3.11 Mantenimiento correctivo.....	11
1.3.12 Mantenimiento centrado en la confiabilidad - RCM.	11
1.3.13 Mantenimiento productivo total	21
1.3.14 Indicadores de mantenimiento	22
1.4 Formulación del problema	25
1.5 Justificación del estudio	25

1.5.1	Justificación tecnológica.....	25
1.5.2	Justificación económica.....	25
1.5.3	Justificación social.....	25
1.5.4	Justificación ambiental.....	26
1.6	Hipótesis.....	26
1.7	Objetivos.....	26
1.7.1	Objetivo general.....	26
1.7.2	Objetivos específicos.....	26
II.	MÉTODO.....	27
2.1	Diseño de la investigación.....	27
2.2	Variables, operacionalización.....	27
2.3	Población y muestra.....	29
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	29
2.4.1	Técnicas.....	29
2.4.2	Instrumentos de recolección de datos.....	30
2.4.3	Validez y confiabilidad.....	30
2.5	Métodos de análisis de datos.....	30
2.6	Aspectos éticos.....	30
III.	RESULTADOS.....	31
3.1	Determinar la situación actual del mantenimiento y la disponibilidad.....	31
3.1.1	Descripción general de la empresa y estado actual del mantenimiento.....	31
3.1.2	Evaluación de disponibilidad actual de los equipos.....	45
3.2	Evaluación de los equipos críticos.....	54
3.2.1	Jerarquización de sistemas.....	54
3.2.2	Jerarquización de equipos según su criticidad.....	56
3.3	Propuesta del mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	59
3.3.1	Contexto operacional.....	59
3.3.2	Funciones del sistema y fallas funcionales.....	67
3.3.3	Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF).....	70
3.3.4	Árbol de decisiones.....	83
3.3.5	Selección de tareas.....	83
3.3.6	Control de mantenimiento y CMMS.....	96
3.3.7	Capacitaciones al personal técnico y operario.....	100

3.3.8	Análisis de vida útil de extrusora Tecno 550 con distribución Weibull.	102
3.3.9	Solución del subsistema más crítico según RCM	105
3.4	Evaluación económica para la viabilidad del proyecto	116
3.4.1	Pérdidas económicas por paradas de sistemas y máquinas	116
3.4.2	Inversión económica	117
3.4.3	Costo total de RCM y el rediseño del subsistema propuesto	119
3.4.4	Valor actual neto VAN y tasa interna de retorno TIR	120
IV.	DISCUSIÓN	122
V.	CONCLUSIONES	124
VI.	RECOMENDACIONES	126
	REFERENCIAS	127
	ANEXOS	131
	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	138
	REPORTE TURNITIN	139
	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	140
	AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	141

Índice de Figuras

Figura 1: Evolución del mantenimiento	7
Figura 2: Curva de la bañera.....	17
Figura 3: Curva de la bañera con 03 etapas	17
Figura 4: Pilares del TPM	21
Figura 5: Ubicación de planta	31
Figura 6: Vista interior de planta	32
Figura 7: Descripción del área de mantenimiento	33
Figura 8: Organigrama de mantenimiento	34
Figura 9. Proceso de línea de producción de ladrillos.	59
Figura 10: Molino primario	60
Figura 11. Molino secundario	60
Figura 12: Sistema de formado	61
Figura 13. Automatismo de carga.....	62
Figura 14: Sistema de secado	62
Figura 15.Sistema apilado.	63
Figura 16. Pre-horno	63
Figura 17. Horno equipos de inyección GNC	64
Figura 18. Presentación de base de datos MP9	97
Figura 19. Localización de sistemas y subsistemas	97
Figura 20. Catálogo de equipos	98
Figura 21. Control de herramientas	98
Figura 22. Planeación del mantenimiento	99
Figura 23. Calendarización anual del mantenimiento	100
Figura 24. Subsistema con más fallas (extrusora Tecno 550)	105
Figura 25. Personal de Sew Eurodrive analizando equipo	106
Figura 26. Instalación de sensor TORQUE TRAK 10K + OP-TORK FIELD TEST	107
Figura 27. Modelos de motorreductores sew.....	110
Figura 28. Tamaño de motorreductores sew.....	111
Figura 29. Configurador de Sew Eurodrive para selección de motorreductores	111
Figura 30. Configurador posición de montaje (M1)	112
Figura 31. Modelo de variadores Sew Eurodrive	114
Figura 32. Configurador para selección de variador de frecuencia	114

Índice de Tablas

Tabla 1	Mantenimiento como porcentaje del costo operativo	9
Tabla 2.	Clasificación de fallos respecto a su impacto en la competitividad.	10
Tabla 3.	Tipos de modo de falla	15
Tabla 4.	Etapas de la curva de la bañera.....	17
Tabla 5,	Técnicas e instrumentos.....	29
Tabla 6.	Distribución del área de mantenimiento	32
Tabla 7.	Personal administrativo entrevistado.	35
Tabla 8.	Personal técnico de mantenimiento entrevistado y encuestado.	35
Tabla 9.	Personal operario encuestado.	35
Tabla 10.	Resultados de la entrevista personal administrativo.	36
Tabla 11.	Resultados de la entrevista a personal técnico de mantenimiento	37
Tabla 12.	Resultados de la entrevista a personal técnico de mantenimiento	38
Tabla 13.	Resultados de la entrevista a personal operario	39
Tabla 14:	Disponibilidad actual del sector pre- mezcla y molienda - 2018	45
Tabla 15:	Disponibilidad actual del sector formado 1 y 2- 2018	46
Tabla 16:	Disponibilidad actual sector secadero- 2018.....	46
Tabla 17:	Disponibilidad actual sector apilado- 2018.....	47
Tabla 18:	Disponibilidad actual sector pre-horno y horno - 2018.....	47
Tabla 19:	Disponibilidad actual sector planta GNC y energía eléctrica - 2018	48
Tabla 20:	Disponibilidad actual del sector pre- mezcla - 2019	48
Tabla 21:	Disponibilidad actual del sector formado 1 y 2- 2019	49
Tabla 22:	Disponibilidad actual sector secadero- 2019.....	49
Tabla 23:	Disponibilidad actual sector apilado- 2019.....	50
Tabla 24:	Disponibilidad actual sector pre-horno y horno - 2019.....	50
Tabla 25:	Disponibilidad actual sector planta GNC y energía eléctrica - 2019	51
Tabla 26.	Costos por paradas año 2018-2019.....	52
Tabla 27.	Criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad.	54
Tabla 28.	Matriz general de criticidad	54
Tabla 29:	Jerarquización de subsistemas	55
Tabla 30:	Jerarquización de los equipos de los sistemas	56
Tabla 31:	Reusmen de la evaluación de criticidad de los equipos	58
Tabla 32.	Inventario de equipos.....	65

Tabla 33. Clasificación de ocurrencia de modo de fallas.	70
Tabla 34. Calificación de severidad de un modo de falla.	71
Tabla 35. Calificación de detectabilidad de un modo de falla.....	71
Tabla 36. Análisis de modo y efecto de fallas de los sistemas	72
Tabla 37:Arbol de decisiones.	83
Tabla 38. Selección de tareas según árbol de decisiones del RCM	84
Tabla 39. Personal que se capacitará con instituciones externos	100
Tabla 40. Personal para capacitaciones internas.....	101
Tabla 41. Tasa de fallas y confiabilidad por día del subsistema a rediseñar.	102
Tabla 42. Análisis de tasa de fallos extrusora Tecno 550.....	103
Tabla 43. Resultado de análisis RCM subsistema crítico extrusora Tecno 550	105
Tabla 44. Datos de motorreductor de aspas arrastre	106
Tabla 45. Selección de motorreductor	112
Tabla 46. Pérdidas económicas por fallas de máquinas agosto 2018 a mayo 2019	116
Tabla 47. Pérdidas económicas por paradas de mantenimiento preventivo	117
Tabla 48. Costo de capacitaciones externas	117
Tabla 49. Costos de capacitaciones internas.....	118
Tabla 50. Materiales para implementación del rediseño del accionamiento.	118
Tabla 51. Mano de obra para la implementación del rediseño propuesto.	119
Tabla 52. Costo total por el RCM y el rediseño propuesto	119
Tabla 53. Cálculo del VAN y el TIR.....	120
Tabla 54. Relación costo beneficio.....	121

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Resultados de entrevista al personal administrativo	40
Gráfico 2. Resultados de entrevista al personal técnico de mantenimiento	40
Gráfico 3. Resultados de entrevista de conocimientos al personal técnico	41
Gráfico 4. Resultados de entrevista de conocimientos al personal operario de planta	41
Gráfico 5. Resumen de entrevistas sobre la gestión de mantenimiento actual	44
Gráfico 6. Disponibilidad general de planta (agosto 2018-mayo 2019).....	51
Gráfico 7. Costos por fallas y mantenimiento preventivo en zonas críticas	52
Gráfico 8. Análisis Pareto de disponibilidad	53
Gráfico 9. Tendencia de tasa de fallas y confiabilidad por día	102
Gráfico 10. Curva de la bañera extrusora Tecno 550	103
Gráfico 11. Resultados de torque medido en eje de aspas de arrastre	107
Gráfico 12. Picos transitorios de torque en aspas de arrastre	108
Gráfico 13. Algoritmo de control para extrusora Tecno 550.....	115

RESUMEN

El presente proyecto de investigación contempla el análisis y selección de las técnicas de mantenimiento para la línea de producción de ladrillos de la empresa Inversiones Mocce S.A Ladrillos Lark, está compuesto por 6 Capítulos:

En el primer se dan a conocer la introducción de la realidad problemática y trabajos previos también se dan los alcances teóricos asociados al mantenimiento basado en la confiabilidad RCM, justificación de estudio y se planteamiento de los objetivos para el desarrollo de este proyecto, así como también los alcances y el motivo del proyecto.

En el segundo capítulo se hace mención del método de investigación, conjuntamente de sus variables, población y muestras que se usaron en este estudio, las técnicas e instrumentos que se usaron para la recolección de datos también se detallan.

Los resultados están en el tercer capítulo, se determinó la situación actual del mantenimiento y la disponibilidad de los sistemas y equipos usando técnicas de Pareto, seguidamente se realiza un análisis de los equipos más críticos usando técnicas basadas en el riesgo jerarquizando los sistemas. Se hace la propuesta del RCM aplicado según el contexto operacional, se efectúa el AMEF y se selecciona las tareas y se propone el uso de un CMMS para el control del mantenimiento y capacitación al personal. Se rediseña el subsistema más crítico de la línea de producción con sustento a través de modelos estocásticos que permitan modelar los datos de vida del subsistema, finalmente se evalúa económicamente la viabilidad del proyecto.

En el capítulo cuatro, cinco y seis se detallan la discusión de los resultados, las conclusiones y recomendaciones.

Palabrasclaves: (RCM)Mantenimiento centrado en la confiabilidad, AMEF, CMMS y Disponibilidad.

ABSTRACT

This research report covers the analysis and selection of technical services for the production and production of the company Inversiones Mocce S.A Ladrillos Lark, is composed of 6 chapters:

In the first, the introduction of the problematic realities are presented and the previous works are also given the theoretical scope associated to the maintenance based on RCM reliability, justification of study and planning of the objectives for the development of this project. As well as the reasons and the reason for the project.

In the next part, if you report on the research method, together with the variables, the record and the decisions in which we are not involved in the study, the technical and instrumental criteria do not know what to do with it.

The results are in the third chapter, if it determines the real situation of the maintenance and the availability of the systems and equipment that use the Pareto techniques, later, if it makes an analysis of the most crisis teams using techniques based on the risk of hierarchical systems. If you have the RCM proposal, it is applied according to the operational context, if the FMEA is carried out and you select the tasks and if it is proposed and the use of a CMMS to control the maintenance and capacity of the personnel. If the most critical subsystem of the production line is redesigned with the support through stochastic models that allow to moderate the data of the life of the subsystem finally if it evaluates the viability of the project.

In chapter four, five and six, if the discussion of the results, conclusions and recommendations are detailed.

Keywords: (RCM) Reliability centered maintenance, FMEA, availability y CMM

Acta de aprobación de originalidad de tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Yo, **Mg. DECIDERIO ENRIQUE DIAZ RUBIO**, docente de la Facultad **DE INGENIERÍA** y Escuela Profesional **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

**"MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA INCREMENTAR LA
DISPONIBILIDAD EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLOS
LARK – LAMBAYEQUE"**

Del estudiante **MARTÍNEZ CALVAY RUBÉN**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9% 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.

Chiclayo, 27 de diciembre de 2019



Mg. DECIDERIO ENRIQUE DIAZ RUBIO

DNI: 16728343

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------