



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN UNA
MALTERIA.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Cristian Alberto Espejo Gálvez

Juan Carlos Espejo Gálvez

Asesor:

Mg. Ing. Sonia Espinoza Farias

Lima – Perú

2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Antecedentes	13
1.2. Realidad Problemática.....	13
1.3. Formulación del Problema	15
1.3.1. <i>Problema General.....</i>	<i>15</i>
1.3.2. <i>Problema Específico.....</i>	<i>15</i>
1.3.2.1. <i>¿Cómo identificar los modos de fallas de los equipos críticos de la planta para analizar las actividades de mantenimiento preventivo? 15</i>	<i>15</i>
1.3.2.2. <i>¿Cuál es el costo aproximado de la implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta Malteria?</i>	<i>15</i>
1.3.2.3. <i>¿Cuál es el índice de paradas de equipos en el año 2015 en la empresa Backus?</i>	<i>15</i>
1.3.2.4. <i>¿Qué dificultades se presentan en la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad?</i>	<i>15</i>
1.4. Justificación.....	15
1.4.1. <i>Justificación Teórica</i>	<i>15</i>
1.4.2. <i>Justificación Práctica</i>	<i>16</i>
1.4.3. <i>Justificación Cuantitativa</i>	<i>16</i>
1.4.4. <i>Justificación Académica</i>	<i>16</i>
1.5. Objetivo	17
1.5.1. <i>Objetivo General.....</i>	<i>17</i>
1.5.2. <i>Objetivo Específico.....</i>	<i>22</i>

1.5.2.1. *Identificar los modos de fallas de los equipos críticos de la planta para analizar las actividades de mantenimiento preventivo a realizar. 22*

1.5.2.2. *Demostrar que la implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad, en el proceso de mantenimiento preventivo optimizará la ejecución y racionalizará las tareas relacionadas al trabajo de mantenimiento..... 22*

1.5.2.3. *Determinar el índice de reducción paradas de equipos comparativamente..... 22*

1.5.2.4. *Determinar los costos aproximados de la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad..... 22*

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 23

2.1.	Definición del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	24
2.1.1.	<i>Filosofía</i>	25
2.1.2.	<i>Principios</i>	25
2.1.3.	<i>Proceso de implantación</i>	26
2.1.4.	<i>Conformación del equipo natural de trabajo</i>	27
2.1.5.	<i>Análisis</i>	28
2.1.6.	<i>Funciones y estándares de funcionamiento</i>	29
2.1.7.	<i>Fallas funcionales o estados de falla</i>	29
2.1.8.	<i>Modos de falla</i>	29
2.1.9.	<i>Los efectos de falla</i>	30
2.1.10.	<i>Categoría de consecuencias</i>	30
2.1.11.	<i>Diferencia entre efectos y consecuencias de falla</i>	31
2.1.12.	<i>Diferencia entre falla funcional y modos de falla</i>	31
2.1.13.	<i>Fallas ocultas</i>	31
2.1.14.	<i>Nivel de detalle</i>	32
2.1.15.	<i>Jerarquización de sistemas</i>	33
2.1.16.	<i>Contexto operacional</i>	35
2.1.17.	<i>Análisis de modos y efectos de fallas (FMEA)</i>	36
2.2.	Definición de Funciones.....	36
2.2.1.	<i>Fallas funcionales</i>	39
2.2.2.	<i>Modos de falla</i>	39
2.2.3.	<i>Efectos o consecuencias de las fallas</i>	41
2.3.	Selección de las Actividades de Mantenimiento.....	43



2.3.1.	Tareas en base a condición.....	44
2.3.2.	Tareas de reacondicionamiento	45
2.3.3.	Tareas de sustitución reemplazo prolongado.....	45
2.3.4.	Actividades correctivas	46
2.4.	Método de Evaluación de Riesgo del FMEA.....	46
2.4.1.	Número de prioridad de riesgo (NPR).....	47
2.4.2.	Número de severidad (NS).....	47
2.4.3.	Número de ocurrencia (NO).....	47
2.4.4.	Número de detectabilidad (ND).....	47
2.5.	Conceptos Teóricos	53
2.5.1.	Definición de términos básicos.....	53
2.5.1.1.	Confiabilidad.....	53
2.5.1.2.	Efectividad.....	53
2.5.1.3.	Eficiencia.....	53
2.5.1.4.	Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición.....	53
2.5.1.5.	Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo	53
2.5.1.6.	Mantenimiento Detectivo o Búsqueda de Fallas.....	53
2.5.1.7.	Mantenimiento Correctivo o a la Rotura	53
2.5.1.8.	Mantenimiento Mejorativo o Rediseño.....	53
	CAPÍTULO 3. DESARROLLO.....	54
3.1.	Desarrollo el Objetivo 1	58
3.1.1.	Función del sistema de agua caliente	58
3.1.1.1.	Equipos del sistema de agua caliente	58
3.1.1.2.	Descripción del proceso.....	58
3.1.2.	Función del sistema de frío.....	59
3.1.2.1.	Equipos del sistema de frío.....	59
3.1.2.2.	Descripción del proceso.....	59
3.2.	Desarrollo el Objetivo 2.....	65
3.3.	Desarrollo el objetivo 3.....	76
3.4.	Desarrollo el objetivo 4.....	79
3.4.1.	Recursos.....	79
3.4.1.1.	Humanos.....	79



3.4.1.2.	<i>Materiales</i>	79
3.4.1.3.	<i>Servicios</i>	79
3.4.2.	<i>Presupuesto</i> 79	
3.4.3.	<i>Financiamiento</i>	79
	CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	81
4.1.	Resultados	81
4.2.	Conclusiones.....	82
4.3.	Recomendaciones	83
	REFERENCIAS	84
	ANEXOS	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1. Diagrama Causa-Efecto	20
Figura n.º 2. Organigrama del área de mantenimiento	21
Figura n.º 3. Componentes de un programa RCM	24
Figura n.º 4. Grupo natural de trabajo ideal.....	27
Figura n.º 5. Las 7 preguntas de análisis.....	28
Figura n.º 6. Matriz de criticidad	34
Figura n.º 7. Contexto operacional	35
Figura n.º 8. Arbol de categorias de consecuencia de modos de fallas.....	42
Figura n.º 9. Árbol Lógico de Decisión	44
Figura n.º 10. Evaluación del Número de Prioridad de Riesgo	46
Figura n.º 11. Numero de Prioridad de Riesgo	47
Figura n.º 12. Arbol lógico de decisiones	52
Figura n.º 13. Esquema de conducción del RCM	52
Figura n.º 14. Diagrama de Entrada-Proceso-Salida	58
Figura n.º 15. Diagrama de Entrada-Proceso-Salida	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 1. Mapa de Procesos de Mantenimiento.....	17
Tabla n.º 2. Escala del Nivel de Severidad	48
Tabla n.º 3. Escala del Nivel de Ocurrencia	49
Tabla n.º 4. Escala del Nivel de Detectabilidad.....	50
Tabla n.º 5. Probabilidad consecuencia	51
Tabla n.º 6. Actividades de implementación de RCM.....	54
Tabla n.º 7. Listado de equipos	55
Tabla n.º 8. Modos de falla del caldero	60
Tabla n.º 9. Modos de falla del Compresor de amoniaco Nro1	63
Tabla n.º 10. Modos de falla con lista de tareas de MP actuales del sistema de agua caliente	66
Tabla n.º 11. Modos de falla con lista de tareas de MP actuales del sistema de aire frío.....	68
Tabla n.º 12. Sistema de Agua Caliente antes del RCM	72
Tabla n.º 13. Sistema de Agua Caliente después del RCM	73
Tabla n.º 14. Sistema de Frío antes del RCM	74
Tabla n.º 15. Sistema de Frío después del RCM	75
Tabla n.º 16. Reducción de uso de horas hombre.....	76
Tabla n.º 17. Cuadros de KPI del periodo Abril 2015 – Marzo 2016	77
Tabla n.º 18. Cuadros de KPI del periodo Abril 2014 – Marzo 2015	78
Tabla n.º 19. Costos proyectados de la implementación de RCM	80
Tabla n.º 20. Ahorro Proyectado Anual después RCM	81

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en una planta de procesamiento de malta para la elaboración de cerveza, debido a la creciente presión del mercado por el aumento de demanda de la malta, es necesario aumentar la confiabilidad de los sistemas productivos de la planta. Una forma de lograr alcanzar la confiabilidad necesaria para obtener los niveles de producción deseados es optimizando los programas de mantenimiento preventivo y predictivos haciendo que sean eficientes desde un punto de vista técnico económico.

A partir del segundo capítulo se tratará sobre los conceptos generales del mantenimiento centrado en la confiabilidad, se describirá la filosofía del RCM (Reliability Centered Maintenance) y las técnicas empleadas para completar una implementación exitosa. Enfocándonos en los modos de fallas y consecuencias, orientándolo en los detalles y discerniendo cuales modos de fallas son relevantes y por consiguiente necesitan mayor atención.

En la tercera parte de esta investigación se presentaran los objetivos generales y específicos de la propuesta de implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, se verá un ejemplo de la aplicación en dos equipos críticos de la planta, se compararan indicadores de mantenimiento antes y después de la implementación. Se evaluarán los costos de implementación y se comparará los costos de mantenimiento antes y después de aplicar RCM en los equipos críticos mencionados.

Las conclusiones y recomendaciones se describirán en el capítulo 4, con una tabla comparando el listado de tareas antes y después de revisión con la metodología de RCM. Además se presentará los tiempos estimados de recuperación de la inversión de la implementación.

ABSTRACT

The present work deals with the implementation of reliability centered maintenance in a malt processing plant for brewing, due to the increasing pressure of the market because of the increase in malt demand, it is necessary to increase the reliability of the plant productive systems. One way to achieve the reliability necessary to obtain the desired levels of production is to optimize the preventive and predictive maintenance programs in order to achieve high performance, since economical and technical point of view.

The second chapter presents general concepts of reliability centered maintenance, it describes the philosophy of RCM (Reliability Centered Maintenance) and the techniques used to complete a successful implementation. Focusing on failure modes and consequences, guiding it in detail and discerning relevant failure modes hence which failures need more attention.

The third part of the research presents the general and specific objectives of the implementation of reliability centered maintenance, see an example of the application in two critical equipment of the plant, compare the maintenance indicators before and after the implementation. Implementation costs will be assessed and maintenance costs before and after the RCM application will be compared.

The conclusions and recommendations are described in Chapter 4, with a table comparing the list of tasks before and after the review with the RCM methodology. In addition, the estimated investment recovery time of the implementation will be presented.

Nota de acceso:

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

REFERENCIAS

Moubray, John (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. RCM II*. Traducción por Ellman Suerios y Asociados. Buenos Aires, Argentina – Madrid, España. Edición en español. USA: Lillington, North Carolina.

Anthony M. Smith, Glenn R. Hinchcliffe (2004). *RCM – Gateway to World Class Maintenance*. USA: Elsevier

National Aeronautics and Space Administration (2008). *RCM Guide. Reliability-Centered Maintenance Guide. For Facilities and Collateral Equipment*. Columbia: NASA

F. Stanley Nolan, Howard F. Heap (1978). *Reliability-Centered Maintenance*. San Francisco, California: United Airlines.

McDermontt, Robin E.; Mikulak, Raimond J. y Beauregard, Michel. *The Basics of FMEA*. Taylor & Francis Group, New York, USA – 2009.

Da Costa Burga, M. (2010). *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción*. (Tesis de grado). Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.