



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANEADO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS

Angelina Ponce-Mostacero

Piura, marzo de 2018

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Mecánico-Eléctrica

Ponce, A. (2018). *Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas* (Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico-Eléctrico). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](https://repositorio.institucional.pirhua.edu.pe/)

**UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA MECÁNICO-ELÉCTRICA**

Angelina Alejandra Ponce Mostacero

Título: “Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas”

Año 2018, 186 páginas (1 tomo), 4 anexos, 1 CD.

Asesor: Mg. Jorge Arturo Yaksetig Castillo

Resumen

Las industrias generalmente ejecutan planes de mantenimiento preventivo cumpliendo con los calendarios y las ejecuciones de las tareas, pero se tienen algunos problemas comunes como, por ejemplo, una buena parte de las tareas mejoran muy poco el desempeño de la planta industrial debido a:

- La duplicidad de tareas
- Frecuencia no apropiada
- No agregan valor, es decir no generan beneficios, las tareas son intrusivas en lugar de predictivas.

Paulatinamente se va entrando fácilmente en la espiral del mantenimiento correctivo con sus secuelas negativas como generación de costos extra, dependiendo de recursos humanos que desvirtúan toda estrategia de mantenimiento y como resultado se genera la pérdida de productividad.

En este estudio se analizó el histórico de fallas de una línea de producción de bebidas carbonatadas identificando equipos críticos que generan mayor tiempo de parada, determinándose sus modos de fallas y sus políticas de mantenimiento, usándolos como base para introducir los conceptos de optimización del mantenimiento planeado.

Se concluyó que es posible definir planes óptimos de mantenimiento enfocados en eliminar las causas de fallas, generando un incremento en la disponibilidad de equipos, reducción de fallas inesperadas y reducción de costos, sin hacer un análisis de la totalidad de funciones principales, secundarias y fallas funcionales que demanda un proceso RCM, reduciendo los tiempos de parada relacionados con mantenimiento.



**UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



“Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas”

**Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico Eléctrico**

Angelina Alejandra Ponce Mostacero

Asesor: Mg. Jorge Arturo Yaksetig Castillo

Piura, marzo 2018

Índice

Introducción	1
Capítulo 1 Optimización del mantenimiento planeado	3
1.1. Introducción.....	3
1.2. Evolución del mantenimiento.....	3
1.3. Tácticas de mantenimiento	5
1.3.1. TPM: Mantenimiento productivo total	5
1.3.2. RCM: Mantenimiento centrado en la confiabilidad	7
1.3.3. PMO: Optimización del mantenimiento planeado	8
1.4. PMO: Optimización del mantenimiento planeado	10
1.5. Proceso de implementación del PMO	11
1.5.1. Paso 1: Recopilación de tareas	11
1.5.2. Paso 2: Análisis de modos de falla	12
1.5.3. Paso 3: Racionalización y revisión del análisis de modos de falla.....	12
1.5.4. Paso 4: Análisis funcional	12
1.5.5. Paso 5: Evaluación de competencias	12
1.5.6. Paso 6: Definición de la política de mantenimiento	13
1.5.7. Paso 7: Agrupación y revisión.....	13
1.5.8. Paso 8: Aprobación e implementación	13
1.5.9. Paso 9: Programa dinámico	13
1.6. Fundamentos del PMO	14
Capítulo 2 Información general de la empresa	17
2.1. Descripción de la empresa.....	17
2.1.1. Principios organizacionales	17
2.2. Descripción del proceso productivo	18
2.3. Descripción del mantenimiento actual	32

2.3.1.	Mantenimiento preventivo	33
2.3.1.1.	Mantenimiento preventivo básico.....	33
2.3.2.	Mantenimiento correctivo	42
2.3.3.	Mantenimiento predictivo	44
Capítulo 3	Método de identificación de equipos críticos	51
3.1.	Análisis de ineficiencia mecánica operacional	51
3.1.1.	Selección de línea productiva con mayor ineficiencia.....	54
3.2.	Identificación de equipos críticos	61
3.2.1.	Descripción de la metodología de análisis de criticidad.....	61
3.2.2.	Pasos para realizar un análisis de criticidad.....	62
3.2.3.	Matriz de criticidad	64
Capítulo 4	Método de identificación de fallas funcionales	79
4.1.	Funciones y parámetros de funcionamiento	79
4.1.1.	Definición	79
4.1.2.	Tipos de funciones	80
4.1.2.1.	Funciones primarias	80
4.1.2.2.	Funciones secundarias	80
4.2.	Análisis de modos y efectos de falla (AMEF).....	80
4.3.	Fallas.....	81
4.3.1.	Tipos de fallas	81
4.3.2.	Modos de fallas	81
4.3.3.	Efectos de fallas	82
4.3.4.	Consecuencias de falla.....	83
4.3.4.1.	Consecuencias de fallas ocultas	83
4.3.4.2.	Consecuencias ambientales y para la seguridad	83
4.3.4.3.	Consecuencias operacionales.....	84
4.3.4.4.	Consecuencias no operacionales.....	84
Capítulo 5	Implantación del PMO en Planta Industrial	85
5.1.	Desarrollo de la implantación del PMO	85
5.1.1.	Paso 1: Recopilación de tareas.....	86
5.1.2.	Paso 2: AMEF.....	89
5.1.3.	Paso 3: Racionalización y revisión del análisis de modos de falla	99
5.1.3.1.	Etiquetadora	99
5.1.3.2.	Transportador de botellas vacías.....	100

5.1.3.3. Rinser o enjuagador de botellas.....	100
5.1.3.4. Llenadora.....	101
5.1.3.5. Capsuladora.....	102
5.1.3.6. Empaquetadora.....	102
5.1.4. Paso 4: Análisis funcional.....	102
5.1.4.1. Etiquetadora.....	103
5.1.4.2. Transportador de botellas vacías.....	103
5.1.4.3. Rinser.....	104
5.1.4.4. Llenadora.....	104
5.1.4.5. Capsuladora.....	105
5.1.4.6. Empaquetadora.....	105
5.1.5. Paso 5: Evaluación de competencias.....	105
5.1.6. Paso 6: Definición de la política de mantenimiento.....	106
5.1.7. Paso 7: Agrupación y revisión.....	107
5.1.8. Paso 8 y 9: Aprobación e Implementación del programa dinámico.....	108
5.2. Resultados de la implantación del PMO.....	110
5.3. Plan de mantenimiento preventivo Ideal.....	112
5.4. Costo de mantenimiento.....	120
Conclusiones.....	123
Bibliografía.....	125
Anexos.....	127
Anexo A: Histórico de Fallas.....	129
A.1. Histórico de fallas de línea 2 PET.....	129
Anexo B: Mantenimiento autónomo.....	130
B1. Estándar de mantenimiento autónomo empaquetadora.....	130
B2. Formatos de mantenimiento autónomo – ajuste.....	137
B3. Formatos de mantenimiento autónomo – limpieza.....	138
B4. Formatos de mantenimiento autónomo – lubricación.....	139
Anexo C: Matriz de análisis de modos y efectos de falla.....	140
Anexo D: Plan de mantenimiento preventivo.....	145

Índice de Tablas

Tabla 1.	Herramientas necesarias para inspecciones de ruta	39
Tabla 2.	Eficiencias de planta	52
Tabla 3.	Ineficiencia mecánica operacional línea 1 PET	55
Tabla 4.	Ineficiencia mecánica operacional línea 2 PET	57
Tabla 5.	Frecuencia de fallas.....	63
Tabla 6.	Impacto Operacional	63
Tabla 7.	Flexibilidad Operacional.....	63
Tabla 8.	Costo de Mantenimiento	63
Tabla 9.	Impacto en la seguridad	63
Tabla 10.	Ejemplo de consecuencia de fallas ocultas	83
Tabla 11.	Ejemplo de consecuencias para la seguridad	83
Tabla 12.	Ejemplo de consecuencias operacionales	84
Tabla 13.	Ejemplo de consecuencias no operacionales	84
Tabla 14.	Funciones significativas de llenadora – línea 2 PET	85
Tabla 15.	Ponderación para matriz de multifuncionalidad básica	86
Tabla 16.	Matriz de multifuncionalidad básica para técnicos mecánicos.....	87
Tabla 17.	Matriz de multifuncionalidad básica para técnicos mecánicos continuación	88
Tabla 18.	Histórico de fallas mecánicas de etiquetadora	89
Tabla 19.	Histórico de fallas mecánicas de transportador de botellas vacías	90
Tabla 20.	Histórico de fallas mecánicas de rinser.....	91
Tabla 21.	Histórico de fallas mecánicas de llenadora.....	91
Tabla 22.	Histórico de fallas mecánicas de capsuladora.....	92
Tabla 23.	Histórico de fallas mecánicas de empaquetadora	93
Tabla 24.	Histórico de fallas eléctricas de etiquetadora.....	95
Tabla 25.	Histórico de fallas eléctricas de transportador de botellas vacías.....	96
Tabla 26.	Histórico de fallas eléctricas de rinser	96
Tabla 27.	Histórico de fallas eléctricas de llenadora	97
Tabla 28.	Histórico de fallas eléctricas de capsuladora	98
Tabla 29.	Histórico de fallas eléctricas de empaquetadora	98
Tabla 30.	Análisis de modo y efecto de falla etiquetadora	99
Tabla 31.	Análisis de modo y efecto de falla transportador de botellas vacías	100
Tabla 32.	Análisis de modo y efecto de falla rinser	100
Tabla 33.	Análisis de modo y efecto de falla llenadora	101
Tabla 34.	Análisis de modo y efecto de falla capsuladora.....	102
Tabla 35.	Análisis de modo y efecto de falla empaquetadora	102

Tabla 36.	Análisis funcional etiquetadora.....	103
Tabla 37.	Análisis funcional transportador de botellas vacías	103
Tabla 38.	Análisis funcional rinser	104
Tabla 39.	Análisis funcional llenadora	104
Tabla 40.	Análisis funcional capsuladora	105
Tabla 41.	Análisis funcional empaquetadora	105

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1.	Macroflujo de planta industrial.....	18
Ilustración 2.	Tanques purificadores.....	19
Ilustración 3.	Tanques de reposo.....	19
Ilustración 4.	Filtros de carbón y arena.....	20
Ilustración 5.	Flujograma del proceso de preparación de jarabe.....	21
Ilustración 6.	Tanques de jarabe compuesto.....	21
Ilustración 7.	Sopladora de botellas PET SB010.....	22
Ilustración 8.	Flujograma del proceso de soplado de envase.....	23
Ilustración 9.	Flujograma de proceso productivo.....	24
Ilustración 10.	Máquina etiquetadora.....	25
Ilustración 11.	Ozonizador.....	26
Ilustración 12.	Zona de ósmosis.....	26
Ilustración 13.	Equipo mezclador de bebida o carbocooler.....	28
Ilustración 14.	Salida de máquina llenadora.....	29
Ilustración 15.	Capsuladora AROL.....	30
Ilustración 16.	Codificador de botellas.....	31
Ilustración 17.	Ingreso de botellas a empaquetadora.....	32
Ilustración 18.	Proceso de empaquetado.....	32
Ilustración 19.	Inspección de ruta mecánica – máquina parada.....	34
Ilustración 20.	Detalle de actividades de trabajo.....	36
Ilustración 21.	Gantt de trabajo.....	37
Ilustración 22.	Inspección de ruta mecánica – máquina rodando.....	38
Ilustración 23.	Anomalías encontradas en una inspección.....	39
Ilustración 24.	Mantenimiento preventivo básico.....	40
Ilustración 25.	Plan preventivo actual.....	41
Ilustración 26.	Archivo de avisos del área de mantenimiento.....	43
Ilustración 27.	Plan de mantenimiento preventivo actual en planta.....	44
Ilustración 28.	Análisis de aceite.....	44
Ilustración 29.	Plan predictivo – Análisis de aceite.....	45
Ilustración 30.	Análisis vibracional.....	46
Ilustración 31.	Plan predictivo – Análisis vibracional.....	47
Ilustración 32.	Informe de análisis termográfico realizado por un técnico electricista.....	48
Ilustración 33.	Plan predictivo – Análisis Termográfico.....	49
Ilustración 34.	Programa de producción semanal Línea 2 PET.....	53

Ilustración 35.	Diagrama de barras de ineficiencia mecánica operacional línea 1 PET.....	56
Ilustración 36.	Diagrama de barras de ineficiencia mecánica operacional línea 2 PET.....	58
Ilustración 37.	Diagrama de barras de ineficiencia mecánica línea 2 PET	59
Ilustración 38.	Layout de Línea 2 PET.....	60
Ilustración 39.	Matriz de riesgo.....	62
Ilustración 40.	Consolidado de tiempo de fallas	65
Ilustración 41.	Histórico de tiempos de falla.....	67
Ilustración 42.	Matriz de criticidad específica	68
Ilustración 43.	Matriz de criticidad general.....	69
Ilustración 44.	Matriz de criticidad general continuación	70
Ilustración 45.	Matriz de criticidad general continuación	71
Ilustración 46.	Matriz de criticidad general continuación	72
Ilustración 47.	Matriz de criticidad general continuación	73
Ilustración 48.	Matriz de criticidad general continuación	74
Ilustración 49.	Matriz de criticidad general continuación	75
Ilustración 50.	Matriz de criticidad general continuación	76
Ilustración 51.	Matriz de criticidad general continuación	77
Ilustración 52.	Función y parámetros funcionales de llenadora.	80
Ilustración 53.	Extracto de histórico de fallas.	86
Ilustración 54.	Fallas mecánicas de etiquetadora.	90
Ilustración 55.	Fallas mecánicas de transportador de botellas vacías.	90
Ilustración 56.	Fallas mecánicas de rinser.	91
Ilustración 57.	Fallas mecánicas de llenadora.	92
Ilustración 58.	Fallas mecánicas de capsuladora.	93
Ilustración 59.	Fallas mecánicas de empaquetadora.	94
Ilustración 60.	Fallas eléctricas de etiquetadora.....	95
Ilustración 61.	Fallas eléctricas de transportador de botellas vacías.....	96
Ilustración 62.	Fallas eléctricas de rinser.	97
Ilustración 63.	Fallas eléctricas de llenadora.....	97
Ilustración 64.	Fallas eléctricas de capsuladora.	98
Ilustración 65.	Fallas eléctricas empaquetadora.....	99
Ilustración 66.	Menú de software de plan preventivo	106
Ilustración 67.	Menú de software	107
Ilustración 68.	Resultados de eficiencia mes julio	110
Ilustración 69.	Ineficiencia mecánica operacional línea 2 PET	111
Ilustración 70.	Ineficiencia mecánica línea 2 PET	111
Ilustración 71.	Portada de software	112
Ilustración 72.	Plan de mantenimiento AROL	113
Ilustración 73.	Formato de paso a paso	116
Ilustración 74.	Lista de repuestos	120
Ilustración 75.	Seguimiento mensual a costo de mantenimiento	120