



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TAPONADORES
KRONES DE TAPA ROSCADA PLÁSTICA, COMO PROPUESTA PARA SER UTILIZADO EN
LA INDUSTRIA DE EMBOTELLADO EN GUATEMALA**

Estuardo José Mariano Cruz Barco

Asesorado por el ing. Estuardo Joel Maldonado Ramos

Guatemala, agosto de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TAPONADORES
KRONES DE TAPA ROSCADA PLÁSTICA, COMO PROPUESTA PARA SER UTILIZADO EN
LA INDUSTRIA DE EMBOTELLADO EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ESTUARDO JOSE MARIANO CRUZ BARCO
ASESORADO POR EL ING. ESTUARDO JOEL MALDONADO RAMOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Véliz Padilla
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TAPONADORES
KRONES DE TAPA ROSCADA PLÁSTICA, COMO PROPUESTA PARA SER UTILIZADO EN
LA INDUSTRIA DE EMBOTELLADO EN GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 24 de septiembre de 2019.

Estuardo José Mariano Cruz Barco

Guatemala, 27 de febrero de 2021

Ingeniero.
Gilberto Enrique Morales Baiza
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

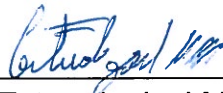
Señor Director:

Por medio de la presente, tengo el gusto de informarle que he revisado el Trabajo de Graduación titulado: **"DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TAPONADORES KRONES DE TAPA ROSCADA PLÁSTICA, COMO PROPUESTA PARA SER UTILIZADO EN LA INDUSTRIA DE EMBOTELLADO EN GUATEMALA"** presentado por el estudiante Estuardo José Mariano Cruz Barco, quién se identifica con registro académico 200915023 y CUI 2120521441609.

El documento se encontró satisfactorio en contenido, permitiéndome aprobar dicho trabajo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted,

Atentamente,



Ing. Estuardo Joel Maldonado Ramos
Colegiado No. 15338
Asesor

Estuardo Joel Maldonado Ramos
Ingeniero Mecánico
Colegiado No 15338

Ref.EIM.056.2021

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TAPONADORES KRONES DE TAPA ROSCADA PLÁSTICA, COMO PROPUESTA PARA SER UTILIZADO EN LA INDUSTRIA DE EMBOTELLADO EN GUATEMALA** desarrollado por el estudiante **Estuardo José Mariano Cruz Barco** con Registro Académico **200915023** y CUI **2120521441609** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"


Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

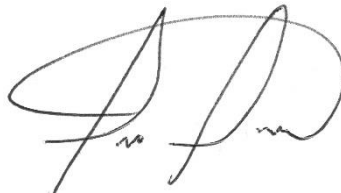
Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, abril 2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TAPONADORES KRONES DE TAPA ROSCADA PLÁSTICA, COMO PROPUESTA PARA SER UTILIZADO EN LA INDUSTRIA DE EMBOTELLADO EN GUATEMALA** del estudiante **Estuardo José Mariano Cruz Barco, CUI 2120521441609, Reg. Académico 200915023** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

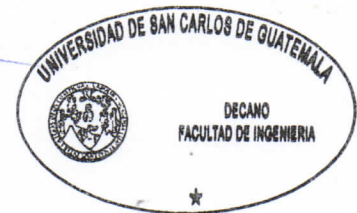
Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102

DTG. 337.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TAPONADORES KRONES DE TAPA ROSCADA PLÁSTICA, COMO PROPUESTA PARA SER UTILIZADO EN LA INDUSTRIA DE EMBOTELLADO EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Estuardo José Mariano Cruz Barco**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, agosto de 2021.

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser cada latido de mi ser y por estar a mi lado siempre.
Mi madre	Elizabeth Barco por ser mi eterna inspiración y guía para una vida digna.
Mi padre	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mi esposa	Débora Alvarado Chavarría, por ser el motor de mi vida.
Mis hermanas	Karla y Gabriela Barco, por cada detalle y por ser parte importante en mi vida.
Mis hermanos	Ricardo, Alejandro y Pablo Barco, con cariño especial y por todos los momentos compartidos.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por el conocimiento compartido durante mis años de preparación.

Mis amigos de la facultad

Luis Sánchez, René Chicas, Juan Moreno y Juan Mendoza por cada una de las risas que compartimos.

Krones

Por permitirme realizar este trabajo.

1.2.2.	Mantenimiento clase mundial	9
1.2.2.1.	Definición.....	10
1.2.2.2.	Bases del modelo de mantenimiento ...	10
1.2.3.	Mantenimiento centrado en confiabilidad.....	11
1.2.3.1.	Definición.....	11
1.2.3.2.	Bases del modelo de mantenimiento ...	12
1.3.	Industria de embotellado de bebidas	13
1.3.1.	Definición.....	13
1.3.2.	Proceso de embotellado	15
1.3.3.	Segmentación de la industria	15
1.3.4.	Industria guatemalteca de embotellado	17
1.4.	Generalidades de las máquinas de taponado	18
1.4.1.	Funcionabilidad	18
1.4.2.	Tipos de máquinas de taponado.....	19
1.4.3.	Proceso de taponado	20
1.5.	Krones.....	21
1.5.1.	Historia	21
1.5.2.	La empresa en la actualidad.....	22
1.5.3.	Krones en la región	22
2.	ASPECTOS TÉCNICOS DEL EQUIPO DE TAPONADO KRONES	
	PARA TAPA ROSCADA	23
2.1.	Tecnología de taponado Krones y tipos de taponadoras.....	23
2.1.1.	Tapa roscada plástica	23
2.1.2.	Coronas para botella de vidrio	24
2.1.3.	Corchos para botella de vidrio	24
2.2.	Taponadora Krones principios de funcionamiento del	
	equipo	24
2.2.1.	Leva de ejecución.....	24

2.2.2.	Juego de engranes planetarios	25
2.2.3.	Antirotación	26
2.2.4.	Carga axial.....	27
2.2.5.	Torque	27
2.3.	Descripción de grupos de construcción	27
2.3.1.	Entrada y descarga.....	28
2.3.1.1.	Chasis o mesa de la máquina	28
2.3.1.2.	Estrellas de transferencia	29
2.3.1.3.	Sensores de presencia de botellas.....	30
2.3.1.4.	Sistema de rociado de tapas	31
2.3.1.5.	Estrella de descarga.....	32
2.3.1.6.	Cinta transportadora.....	32
2.3.2.	Alimentación de tapas.....	33
2.3.2.1.	Canal de transporte.....	34
2.3.2.2.	Estrella de transferencia de tapones	34
2.3.2.3.	Sistema de rociado de tapones	35
2.3.3.	Cabezal de taponadora.....	35
2.3.3.1.	Sistema de direccionamiento por cuello	36
2.3.3.2.	Leva	37
2.3.3.3.	Cilindros elevadores.....	37
2.3.3.4.	Cabezas de taponado	38
2.3.4.	Accionamientos.....	39
2.3.4.1.	Servomotor principal	40
2.3.4.2.	Servomotor de estrella de transferencias.....	40
2.3.4.3.	Servomotor de cabezal de taponadora	41

3.	DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	43
3.1.	Inspecciones	43
3.1.1.	Condiciones de operación del equipo	43
3.1.2.	Inspección del equipo	44
3.1.2.1.	Inspección del entorno	44
3.1.2.2.	Inspecciones sin interrupción de energías.....	45
3.1.3.	Inspecciones con interrupción de energías.....	45
3.2.	Seguridad.....	46
3.2.1.	Sistemas de seguridad del equipo	46
3.2.2.	Riesgos por energías residuales	47
3.2.3.	Requerimientos mínimos del personal.....	47
3.2.4.	Bloqueo y etiquetado de seguridad	48
3.3.	Lubricación.....	48
3.3.1.	Lubricantes recomendados	48
3.3.2.	Frecuencia de lubricación.....	51
3.3.2.1.	Lubricación sin interrupción de energías.....	51
3.3.2.1.1.	Actividades de lubricación diaria.....	51
3.3.2.1.2.	Actividades de lubricación semanal	53
3.3.2.1.3.	Actividades de lubricación mensual	53
3.3.2.2.	Lubricación con energías interrumpidas	55
3.3.2.2.1.	Actividades de lubricación mensual	56

	3.3.2.2.2.	Actividades de lubricación anual	63
	3.3.2.2.3.	Actividades de lubricación luego de 3 años de operación.....	65
	3.3.2.2.4.	Actividades de lubricación luego de 5 años de operación.....	67
	3.3.3.	Cartilla para la ejecución de la lubricación	69
3.4.		Actividades de mantenimiento	70
	3.4.1.	Herramientas, repuestos e insumos	70
	3.4.2.	Frecuencia de mantenimiento	71
	3.4.2.1.	Actividades por realizar durante producción	71
	3.4.2.1.1.	Actividades de mantenimiento diarias ...	72
	3.4.2.1.2.	Actividades de mantenimiento mensuales.....	74
	3.4.2.2.	Actividades por realizar sin interrupción de energías.....	76
	3.4.2.2.1.	Actividades de mantenimiento semanal	77
	3.4.2.2.2.	Actividades de mantenimiento mensuales.....	79
	3.4.2.3.	Actividades por realizar con energías interrumpidas	88

	3.4.2.3.1.	Actividades previas a producción	88
	3.4.2.3.2.	Actividades de mantenimiento mensual	90
	3.4.2.3.3.	Mantenimiento a servomotores	105
	3.4.2.3.4.	Sustitución de componentes de seguridad.....	108
	3.4.2.4.	Actividades por realizar por especialistas Krones	110
	3.4.3.	Cartillas para la ejecución de mantenimiento.....	110
3.5.		Limpieza del equipo	111
	3.5.1.	Actividades por realizar sin interrupción de energías	112
	3.5.1.1.	Actividades de limpieza diaria.....	112
	3.5.1.2.	Actividades de limpieza mensual	118
	3.5.2.	Actividades por realizar con energías interrumpidas.....	120
	3.5.2.1.	Actividades de limpieza mensual	120
4.		COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	133
	4.1.	Costos de mantenimiento.....	133
	4.2.	Estrategias de costeo.....	134
	4.2.1.	Capacitación de personal	134
	4.2.2.	<i>Outsourcing</i>	136
	4.3.	Costo integral del mantenimiento	139
	4.3.1.	Costos fijos.....	139

4.3.1.1.	Mano de obra directa	139
4.3.1.2.	Herramienta	140
4.3.1.3.	Repuestos	140
4.3.1.4.	Lubricantes	141
4.3.2.	Costos variables	141
4.3.2.1.	Mano de obra indirecta.....	141
4.3.2.2.	Insumos varios	142
4.3.2.3.	Suministros energéticos	143
4.3.3.	Costos de almacenamiento.....	143
4.3.4.	Costos por pérdida.....	146
4.3.4.1.	Descenso de productividad	146
4.3.4.2.	Rechazo de calidad.....	147
4.4.	Costo total de mantenimiento sugerido.....	148
5.	VERIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	155
5.1.	Responsabilidad del departamento de mantenimiento.....	155
5.1.1.	Capacitación del personal	155
5.1.2.	Registros y bitácoras.....	156
5.1.3.	Contratistas calificados	160
5.2.	Medición y verificación del mantenimiento	161
5.2.1.	Indicadores de mantenimiento	162
5.2.1.1.	Tiempo promedio de reparación.....	163
5.2.1.2.	Tiempo promedio para fallar.....	164
5.2.1.3.	Tiempo promedio entre fallas	165
5.2.1.4.	Cumplimiento de planificación.....	166
5.2.2.	Indicador general de eficiencia de equipos OEE ...	167
5.2.2.1.	Disponibilidad.....	168
5.2.2.2.	Desempeño.....	168

5.2.2.3.	Calidad	169
5.3.	Seguimiento del programa de mantenimiento preventivo	169
5.3.1.	Retroalimentación del personal	170
5.3.2.	Círculo de calidad aplicado en mantenimiento.....	170
CONCLUSIONES		173
RECOMENDACIONES		175
BIBLIOGRAFÍA		177

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Proceso general de envasado.....	15
2.	Segmentación de industria de embotellado.....	16
3.	Descripción de proceso de taponado	21
4.	Leva de ejecución	25
5.	Antirotación	26
6.	Mesa de la máquina.....	29
7.	Estrella de transferencia.....	30
8.	Sensores de presencia de botellas	31
9.	Sistema de rociado de tapas	31
10.	Estrella de descarga	32
11.	Cinta transportadora	33
12.	Canal de transporte.....	34
13.	Estrella de transferencia de tapones	35
14.	Sistema de direccionamiento por cuello	36
15.	Leva	37
16.	Cilindros elevadores.....	38
17.	Cabezas de taponado	39
18.	Accionamiento principal	40
19.	Servomotor de estrella de transferencia.....	41
20.	Servomotor de cabezal de taponadora.....	41
21.	Punto de lubricación para cabezal	52
22.	Pernos de guía y superficies deslizantes	54
23.	Transferencia de Tapas	56

24.	Punto de lubricación para variante sin sistema de lubricación central.....	58
25.	Boquilla de engrase	60
26.	Ubicación de los puntos de engrase del acoplamiento	62
27.	Ubicación del punto de engrase del rodamiento principal de la parte inferior de la taponadora	64
28.	Servomotor del cabezal principal	66
29.	Estrella de transferencia-boquillas	72
30.	Ejemplo de piezas de formato	75
31.	Estación de cabezal taponador	77
32.	Cabezal Principal de taponadora	80
33.	Estrella de descenso y curvas y guías	82
34.	Pinzas de sujeción.....	85
35.	Alimentador de tapones.....	88
36.	Sistema de lubricación.....	91
37.	Sistema de lubricación.....	93
38.	Posición de sensores ultrasónicos.....	97
39.	Engrasadores	103
40.	Ubicación de servomotor del rodamiento principal.....	105
41.	Servomotor de estrellas de transferencia.....	106
42.	Servomotor de cabezal	106
43.	Taponadora para botellas PET marca Krones	108
44.	Ejemplo de limpieza previa	113
45.	Limpieza externa	114
46.	Pieza de cambio de formato, estrellas de transferencia	116
47.	Pieza de cambio de formato, curvas y guías	116
48.	Cabezales taponadores	119
49.	Alimentador de tapones.....	121
50.	Pista de rodadura de la leva elevadora.....	123

51.	Boquillas	124
52.	Sensores ultrasónicos	126
53.	Cuadro electroneumático	127
54.	Matriz de decisión para la selección de actividades a externalizar	138
55.	Análisis ABC para gestión de costos de almacenamiento	145
56.	Costos por capacitación de personal, datos aproximados.....	148
57.	Costos por <i>outsourcing</i> o subcontratación de especialistas Kronos	149
58.	Costos fijos	150
59.	Costos variables	151
60.	Costos de almacenamiento	152
61.	Costos por pérdidas estimadas para una jornada de 24 horas 6 días por semana	153
62.	Representación de costos de mantenimiento por categoría	154

TABLAS

I.	Elementos de entrada y salida	28
II.	Elementos de la alimentación de tapas	33
III.	Elementos del cabezal de taponadora	36
IV.	Accionamientos.....	39
V.	Tabla de lubricantes	49
VI.	Tabla de lubricantes.....	50
VII.	Resumen para ruedas dentadas	52
VIII.	Resumen para pernos de guía y superficies de deslizamiento	54
IX.	Resumen unidad de transferencia de tapas	57
X.	Resumen de leva de ejecución	58
XI.	Cabezal de la taponadora	60
XII.	Elementos del acoplamiento	61

XIII.	Resumen parte inferior de la taponadora	62
XIV.	Elementos del rodamiento principal	63
XV.	Resumen de parte inferior de la taponadora	64
XVI.	Resumen de lubricación para servomotores	66
XVII.	Elementos del reductor del motor principal	67
XVIII.	Resumen de lubricación para motores reductores	68
XIX.	Guías para la ejecución de la lubricación.....	69
XX.	Comprobación de toberas.....	73
XXI.	Comprobación de la entrega de los envases	75
XXII.	Comprobación de estaciones de taponado	78
XXIII.	Elementos de cabezal	80
XXIV.	Comprobación de cabezal de taponadora	81
XXV.	Comprobación de las piezas de cambio de formato	83
XXVI.	Comprobación de estrella de transferencia.....	85
XXVII.	Elementos del alimentador de tapones	89
XXVIII.	Comprobación de alimentador de tapones	89
XXIX.	Comprobación del sistema de lubricación central	91
XXX.	Comprobación el sistema de lubricación central	93
XXXI.	Comprobación de las ruedas dentadas	95
XXXII.	Elementos de motor reductor.....	95
XXXIII.	Comprobación de motores reductores	96
XXXIV.	Comprobación de los sensores ultrasónicos.....	98
XXXV.	Unidad de ionización	99
XXXVI.	Comprobación de la unidad de ionización	99
XXXVII.	Elementos del emisor UV	101
XXXVIII.	Comprobación el emisor UV	101
XXXIX.	Elementos del engrasador	103
XL.	Comprobación de engrasadores.....	104
XLI.	Comprobación de los servomotores	107

XLII.	Comprobación de componentes de seguridad	109
XLIII.	Guías para la ejecución de las actividades de mantenimiento	111
XLIV.	Eliminar los residuos generados durante la producción	113
XLV.	Limpieza externa del componte.....	115
XLVI.	Limpiar y desinfectar las piezas de cambio de formato	117
XLVII.	Limpieza de los cabezales taponadores.....	119
XLVIII.	Elementos del alimentador de tapones	121
XLIX.	Alimentador de tapones	122
L.	Leva elevadora	123
LI.	Limpiar las toberas.....	125
LII.	Limpieza de sensores por ultrasonido	126
LIII.	Limpieza y desinfección del panel electroneumático	128
LIV.	Reductor del accionamiento principal.....	128
LV.	Motor reductor.....	129
LVI.	Elementos de la unidad de ionización	129
LVII.	Limpieza de la unidad de ionización.....	130
LVIII.	Elementos del emisor UV	130
LIX.	Emisor UV.....	131
LX.	Costos por capacitación de personal, datos aproximados.....	148
LXI.	Costos por subcontratación de especialistas Kronos	149
LXII.	Costos fijos	150
LXIII.	Costos variables	151
LXIV.	Costos de almacenamiento.....	152
LXV.	Costos por pérdidas estimadas para una jornada de 24 horas 6 días por semana.....	153
LXVI.	Costo anual de implementación y seguimiento	154
LXVII.	Programa de capacitación.....	156
LXVIII.	Registro de órdenes de trabajo	157
LXIX.	Registro de lubricación.....	158

LXX.	Registro de mantenimiento correctivo.....	158
LXXI.	Registro de Limpieza en el equipo.....	159
LXXII.	Registro de paro	159
LXXIII.	Registro de actualizaciones	160

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm³	Centímetro cúbico
<i>LOTO</i>	Lockout-Tagout
mm	Milímetro
<i>n/m</i>	Newton-metro
<i>MTTR</i>	Tiempo promedio de reparación
<i>MTBF</i>	Tiempo promedio entre fallas
<i>MTBCF</i>	Tiempo promedio para fallar

GLOSARIO

Asépticos	Que no tiene gérmenes que puedan provocar una infección.
Boquilla	Elemento encargado de permitir la salida del producto al exterior en forma de gotas. Según su diseño se puede modificar el tamaño y la distribución de las gotas en el chorro proyectado.
BT	Tiempo básico de trabajo.
Cabezal	Dispositivo, generalmente móvil, situado en el extremo de algunos aparatos que sirve para poner en la pieza que realiza la función principal.
Cualificado	Que tiene todos los requisitos necesarios y es de buena calidad.
Desenroscar	Sacar un tornillo o una tuerca de la parte a la que se había ajustado dando vueltas.
Destilado	Producto obtenido por destilación del petróleo en bruto.
Eficiencia	Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.

Engrasado	Acción y resultado de engrasar una máquina o instrumento.
EPP	Equipo de protección personal.
Esterilizado	Que ha sido sometido a esterilización por lo que se han destruido los gérmenes patógenos de alguna manera.
Fermentado	Proceso de transformación de un cuerpo orgánico muy complejo en otros más simples por la acción catalítica.
Inocuos	Que no provoca ningún daño.
Inspección	La acción y efecto de inspeccionar, se trata de una exploración física que se realiza principalmente a través de la vista.
ISO	Organización internacional de estandarización.
Leva	Pieza mecánica que sirve para transformar el movimiento circular continuo en movimiento rectilíneo alternativo o viceversa.
Lubricación	Acción y resultado del proceso de lubricar una máquina o instrumento.

Material PET	Polietileno Tereftalato que pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres y que es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo.
Motorizado	Proporcionar medios mecánicos de tracción o transporte a una industria.
OEE	Indicador general de eficiencia de los equipos.
PET	Tereftalato de polietileno.
PMP	Programa de mantenimiento preventivo.
Polímero	Es una cadena de 5 o más monómeros iguales, siendo un monómero una molécula bajo peso molecular y estructura sencilla.
RCM	Mantenimiento centrado en confiabilidad.
SAE	Sociedad de ingenieros automotrices.
Sensor	Dispositivo que capta magnitudes físicas u otras alteraciones de su entorno.
Servomotor	Motor auxiliar para aumentar automáticamente la energía disponible cuando conviene.

Sincronizado	Dos o más movimientos se producen en modo simultáneo.
Taponado	Proceso de cerrado o sellado de un orificio cualquiera con un tapón.
TPM	Mantenimiento productivo total.
UV	Ultravioleta.
Versatilidad	Capacidad de fácil adaptación para diferentes situaciones o procesos.

RESUMEN

Este proyecto consistió en el diseño de un programa de mantenimiento preventivo para equipos de taponada marca Krones de tapa roscada plástica, basado en datos de mantenimiento y operación recolectados en la industria de embotellado de Guatemala, con lo cual se pretende generar una herramienta de mantenimiento incluyente y aplicable a las condiciones promedio de la industria de embotellado nacional.

Primero, fue necesario indagar en la información de las diferentes ideologías de mantenimiento que actualmente son empleadas a nivel global en lo que concierne a la industria de embotellado, para definir el punto de partida del programa de mantenimiento y así definir el pilar fundamental de este trabajo de graduación. Posteriormente se profundizó en la complejidad mecánica y en el diseño del equipo de taponado, para identificar los puntos críticos de mantenimiento y las necesidades de acuerdo con la funcionalidad de los grupos constructivos de este equipo de alta tecnología.

Una vez obtenida la información requerida, se diseñó la herramienta de mantenimiento capaz de controlar actividades necesarias para la conservación del equipo, estas actividades, establecidas en una frecuencia adecuada de realización, se centran en la limpieza, lubricación y actividades de mantenimiento menor. Por último, para la implementación de este programa de mantenimiento, se propone un programa paralelo de costeo general, así como de seguimiento, el cual pretende generar un ciclo de mejora continua en mantenimiento involucrando a la organización en los diferentes niveles posibles iniciando desde el gestor del programa de mantenimiento.

OBJETIVOS

General

Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para máquinas taponadoras Krones de tapa roscada utilizadas en botellas PET, para así proporcionar una herramienta fiable, eficiente y funcional, que aporte al beneficio de la industria de embotellado en Guatemala y a su desarrollo.

Específicos

1. Describir con base a la aplicación práctica, la guía para la correcta ejecución del programa de mantenimiento preventivo.
2. Determinar en los equipos de taponado Krones, las actividades de mantenimiento correctas y condiciones adecuadas para su realización.
3. Definir los parámetros y rutinas necesarias de lubricación para la conservación de los equipos de taponado.
4. Desarrollar un plan de costeo que sea útil para el cálculo de presupuestos de mantenimiento.
5. Proporcionar a la industria de embotellado de Guatemala, las herramientas adecuadas para la gestión del mantenimiento de los equipos de taponado Krones.

INTRODUCCIÓN

La industria de embotellado en Guatemala representa una de las industrias más grandes de la actualidad, con mayor campo de aplicación ingenieril que se conoce hoy en día, esta industria es la encargada de proveer una gama muy alta de productos principalmente alimenticios, sin embargo, no se limita solo a esta rama. A nivel mundial, existen múltiples opciones para la adquisición de los equipos y líneas de producción de embotellado, según la calidad, productividad deseada y el poder financiero de la empresa adquisidora. Krones, empresa alemana con sede en Neutraubling y fundada en el año de 1951, ofrece a la industria guatemalteca, la planificación, desarrollo de ingeniería y la fabricación de máquinas y líneas completas, en los sectores de embotellado, embalado e ingeniería de procesos, siendo Krones una de las empresas más grandes y con mayor representación a nivel mundial por la calidad de los equipos que ofrece al mercado.

En la actualidad, la industria guatemalteca de embotellado anualmente sigue generando elevadas pérdidas económicas, una de las causas principales es la gestión del mantenimiento industrial, ya que constantemente se encuentran condiciones inapropiadas de operación, mantenimientos mal ejecutados y bajas eficiencias posteriores al mantenimiento, debido a la falta de experiencia del personal a cargo de estos equipos de alta tecnología. En la búsqueda por reducir estas pérdidas, la industria se ve en la necesidad de aplicar programas de mantenimiento bien definidos y con alto grado de eficiencia en los resultados. Por esta razón surge la inquietud de evaluar y proporcionar las herramientas adecuadas a la industria de embotellado para la gestión del mantenimiento de los

equipos de taponado Krones, partiendo de la experiencia y resultados obtenidos a través del trabajo de campo realizado por el autor del presente trabajo.

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Mantenimiento

A continuación, se presentan los fundamentos teóricos del mantenimiento desde la definición, la teoría aplicada en campo y la importancia del tema.

1.1.1. Definición

El mantenimiento industrial como rama de la ingeniería constituye un soporte vital de los procesos productivos de la industria, con base en este principio se puede definir al mantenimiento como la rama ingenieril que se encarga de la preservación de las funciones vitales de los activos industriales.

El mantenimiento industrial también es definido como el pilar esencial para el aseguramiento de la competitividad y desarrollo fundamental de la actividad industrial.

1.1.2. Importancia del mantenimiento

El mantenimiento es parte importante de la industria a nivel global, ya que a través del estudio multidisciplinario que enlaza el mantenimiento, es posible diseñar acciones y programas que tienen repercusión directa en los costes de producción, en la preservación de los equipos, en la ejecución de actividades industriales, en la reducción de riesgos de inversión y en crecimiento industrial.

A pesar de que el mantenimiento como parte fundamental de la ingeniería, es una rama relativamente nueva en términos de importancia, el crecimiento, ha permitido superar ampliamente los conceptos, metodologías y aplicaciones dejando por un lado la simplicidad, por ejemplo, de la intervención en un falla o avería en un equipo, para llegar a sistemas complejos de gestión que integran partes técnicas y administrativas garantizando los resultados esperados por la industria. Es por estas razones la importancia del mantenimiento, el cual se convierte en una rama tan amplia como complicada y aún en crecimiento, con contenido favorable para el continuo estudio.

1.1.3. Tipos de mantenimiento

A continuación, se presentan los tipos de mantenimiento, los cuales fundamentaran teóricamente esta investigación.

1.1.3.1. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo como su nombre lo indica es una metodología que busca predecir fallas o averías, basándose en el monitoreo de condiciones operativas, en la medición de parámetros, en el análisis de datos obtenidos a través de la ejecución de actividades experimentales y en el seguimiento de rutinas. De esta manera se puede identificar el estado de nuestros equipos y así determinar el delta de tiempo en el que la falla se puede presentar y anticipar acciones para reducir el número de fallas, reducir costos de mantenimiento, tiempos de paro, aumentar la eficiencia en el manejo de inventarios y el aumento de los indicadores de mantenimiento.

Más que una metodología, el mantenimiento predictivo se ha convertido con el paso del tiempo en una filosofía de mantenimiento, que ha permitido diseñar

programas de gestión completos y útiles para la optimización de los equipos, sin embargo es importante tomar en cuenta que el mantenimiento predictivo no podrá jamás sustituir las principales metodologías de mantenimiento, ya que estas se basan en la respuesta de los equipos de mantenimiento ante eventos inesperados y el mantenimiento predictivo solo puede gestionar actividades específicas en momentos específicos.

1.1.3.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una metodología de mantenimiento que basa su principio de conservación de los activos en la planificación de programas oportunos que permiten reducir el impacto de los paros en producción, dicho en otras palabras, esta metodología de mantenimiento busca planificar las actividades de mantenimiento en un momento justo, previo a una falla de los componentes, determinado por el análisis periódico y repetitivo del comportamiento de dichos componentes de producción.

El mantenimiento preventivo es actualmente un importante pilar de toda organización, ya que gracias a la planificación es posible reducir los costos por mantenimiento correctivo y alargar considerablemente la vida útil de los equipos de producción, es por esta razón que el mantenimiento preventivo forma parte de los planes de crecimiento a corto y mediano plazo de las industrias más importantes del medio, por lo tanto todas las repercusiones financieras que no se tienen imprevistas son reducidas significativamente al contar con un plan de mantenimiento preventivo en las áreas de presupuesto, crecimiento de negocio y productividad.

Las ventajas más notables de la aplicación del mantenimiento preventivo son; movimiento y disminución de costos de almacenamiento de repuestos,

reducción de tiempos de paro por averías inesperadas, confiabilidad de los equipos y aumento de los indicadores de mantenimiento.

1.1.3.3. Mantenimiento correctivo

Todas aquellas actividades de mantenimiento que se realizan para corregir fallas inesperadas en los equipos de producción son parte de lo que se le llama hoy en día mantenimiento correctivo y es la metodología más básica y antigua del mantenimiento como rama de la ingeniería.

En algunas organizaciones este mantenimiento realiza la función de establecer la estrategia correcta para planificación y desarrollo de los planes de mantenimiento, sin embargo, siempre que las actividades correctivas estén presentes, es necesario considerar cómo serán gestionadas las intervenciones a los equipos, como asignar prioridades en dichas intervenciones, la recolección de datos posterior a los eventos inesperados y los costos que implican estas actividades. A pesar de que esta metodología es poco deseable debido a las consecuencias e impacto que tiene en la industria, de estas actividades se puede rescatar la información recolectada para posteriores mantenimientos, sin embargo, no dejan de ser mayores las desventajas con relación a las ventajas que deja esta metodología.

1.1.4. Programas de mantenimiento

A continuación, se presentan los fundamentos teóricos relacionados con los programas de mantenimiento:

1.1.4.1. Definición

Se le llama programa de mantenimiento al proceso o modelo de gestión integral de recursos económicos, materiales, técnicos, intelectuales y humanos, con el fin de mantener la función de los activos fijos de una organización, tomando en cuenta actividades oportunas, exclusivamente necesarias y periódicas basadas en la recolección de datos y que responde a un orden de prelación en las actividades de mantenimiento.

1.1.4.2. Planificación

La planificación en el mantenimiento ayuda específicamente al encargado de mantenimiento a determinar los recursos que se necesitarán para cubrir la carga de trabajo que demanda su planta de producción, por lo tanto, la planificación responde e impacta de forma directa en todas las áreas que integran los modelos de programas de mantenimiento.

Una correcta planificación es el primer paso para lograr exitosamente la gestión de los programas de mantenimiento ya que permite administrar correctamente todos los recursos con los que cuenta la organización. Una correcta planificación deberá incluir: el diseño de trabajo, estándares de tiempos, administración de cada proyecto que se ejecute y actividades de control.

1.1.4.3. Eficiencia de los programas de mantenimiento

Existen diferentes maneras de medir y determinar la capacidad de cumplimiento adecuado de los programas de mantenimiento, sin embargo, se recomienda medir la eficiencia de los programas de mantenimiento; desde el

punto de vista cualitativo para obtener datos no cuantificables y comprender descriptivamente lo que ocurre con la ejecución de cada programa y desde el punto de vista cuantitativo basados en el análisis de medición que normalmente se ven reflejados en los indicadores de mantenimiento.

1.2. Modelos de mantenimiento

Para la ejecución y medición de los programas de mantenimiento existen diferentes modelos de mantenimiento de acuerdo con las necesidades actuales:

1.2.1. Mantenimiento productivo total

A continuación, la información fundamental del modelo de mantenimiento productivo total como ideología de campo.

1.2.1.1. Definición

El mantenimiento productivo total o TPM (por sus siglas en inglés) es un modelo de mantenimiento o filosofía de mantenimiento, registrada tal y como se conocen hoy en día desde 1971 en Japón, sin embargo, es desde la década de los cincuenta cuando esta filosofía empezó a dar los primeros pasos en busca de la reducción de las grandes pérdidas de los equipos. En el transcurso de esos años este modelo de mantenimiento evolucionó de tal manera que se incluyeron conceptos que involucraron: mejora continua, seguridad, medio ambiente, capacitaciones, eficiencia administrativa, entre otros.

La evolución de este modelo de mantenimiento significó no solo centrar todas las fuerzas de trabajo en la corrección de fallas y averías, sino también aumentar la confiabilidad, productividad y auto mantenimiento de la empresa

siendo incluyente con cada trabajador de la organización, es decir trabajando en equipo y fundamentándose desde un cambio organizacional para lograr la eliminación de pérdidas.

Concretamente y basados en lo anteriormente dicho, el TPM se define como una filosofía de gestión productiva total y tiene como enfoque primordial, la eliminación de pérdidas, aunque este concepto será ampliado en los siguientes subíndices de este capítulo. La filosofía de TPM debe iniciar desde el punto de vista gerencial y ser transmitido hacia la organización en todos los niveles jerárquicos, es por eso por lo que esta filosofía inicia con el compromiso de la alta dirección de una organización y lleva a una transformación cultural desechando antivalores y creando valores organizacionales. Finalmente, la gestión del TPM se centra en la implementación de 8 pilares o bases del modelo de mantenimiento, que fungen el papel de soporte en la implementación de este modelo.

1.2.1.2. Objetivos del TPM

Según Gustavo Villegas se pueden mencionar 4 principales objetivos del TPM que engloban y justifican la aplicación e implementación de este modelo o filosofía de mantenimiento y que además tienen relación directa con los objetivos empresariales, siendo el principal o la razón de ser de este modelo, la identificación y eliminación de todas las pérdidas de la organización referentes a los procesos productivos como a los procesos administrativos.

Uno de los antivalores más grandes y comunes en las organizaciones es el desaprovechamiento irracional de los activos, por lo tanto, el segundo gran objetivo del TPM se centra en el máximo aprovechamiento de los recursos y activos de las organizaciones.

El tercer objetivo impacta directamente en la competitividad de la organización, ya que busca reducir los tiempos de respuesta para principalmente, cumplir con las expectativas de los clientes internos y externos, la complejidad de este objetivo permite un cambio en el clima organizacional que posteriormente se convierte en un cambio cultural.

El cuarto gran objetivo de la implementación del TPM, se enfoca en el desarrollo del recurso humano con el que se aseguren mejores competencias laborales y por lo tanto mejores oportunidades que ayudan a su vez a desarrollar la organización en conocimiento y habilidades, a partir de esto es posible establecer y alcanzar altos estándares de calidad tanto en el producto o servicio que se ofrece, como para los empleados de la organización.

1.2.1.3. Bases del modelo de mantenimiento

Aunque inicialmente esta filosofía de mantenimiento se fundamentaba en 5 pilares, en la actualidad, son 8 las bases fundamentales o pilares del TPM que juegan el papel de soporte en la gestión de este modelo, por lo tanto, existe una metodología esquemática previamente establecida, para la implementación del modelo, con la intención de administrar cada aspecto de la organización y de generar un proceso que permita un mejoramiento continuo, cíclico y sin final, los 8 pilares del mantenimiento de acuerdo a Gustavo Villegas, son:

- Mejoras enfocadas: busca administrar los resultados realizando mediciones para identificar pérdidas y potenciales oportunidades de mejora.
- Mantenimiento autónomo: este pilar busca administrar la producción, a diferencia del antecesor este pilar si realiza acciones concretas que son aplicadas directamente en los activos sude la empresa, por ejemplo; limpieza, lubricación e inspecciones, este pilar prioriza la participación del personal con los activos de la empresa, por lo tanto, a mayor preparación mejor relación hombre-máquina en la consolidación de metodologías como 5's y kaizen.

- **Mantenimiento planeado:** con este pilar se logra administrar las máquinas, estableciendo programas de mantenimiento preventivos y predictivos centrados en la recolección de información de fallos y mantenimientos realizados, este pilar tiene como objetivo cero fallos y es compatible con metodologías de mantenimiento como RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad).
- **Capacitación y entrenamiento:** busca administrar al recurso humano, proporcionando a cada persona los conocimientos que deben de tener según la función que cumplen en la gestión del modelo y principalmente se desarrollan en cada colaborador, las competencias operativas y administrativas para el sustento del resto de pilares de esta filosofía de mantenimiento.
- **Control inicial:** con este pilar se logra la administración del conocimiento, es decir, se logra acoplar a la sofisticación y crecimiento a gran velocidad de los procesos productivos, incorporando las mejoras necesarias, por medio del aprendizaje que se obtiene con la aplicación del pilar anterior.
- **Mantenimiento de la calidad:** el séptimo pilar permite administrar la calidad. A través de activos y colaboradores confiables es posible alcanzar procesos confiables que den como resultado productos o servicios con un alto estándar de calidad. Este pilar centra su atención en la reducción de los cambios de características tangibles y medibles de los productos o servicios que se ofrecen, para el cuidado de estas condiciones generalmente se involucran sistemas de gestión de calidad como ISO 9000.
- **Eficiencia administrativa:** este pilar permite gestionar los procesos auxiliares, por medio de una interrelación entre procesos productivos y administrativos, es decir todo lo que es aplicado en parte productiva es ahora trasladado a la parte administrativa, con esto se logra maximizar las metas empresariales, fortalecer las funciones de operación y analizar las pérdidas del proceso.
- **Seguridad y medio ambiente:** con este pilar se busca la administración de la seguridad y el medio ambiente por lo que llega a impactar a través de todos los anteriores pilares transformado los enfoques reactivos a enfoques proactivos, para lograr áreas de trabajo saludables y reduciendo considerablemente los posibles riesgos existentes en nuestro ciclo productivo, además este pilar centra también la atención en el impacto que el proceso productivo llega a tener en el medio ambiente.¹

1.2.2. Mantenimiento clase mundial

El mantenimiento de clase mundial como filosofía de mantenimiento se presenta a continuación:

¹ LOPEZ VILLEGAS, Gustavo. *Gerencia Estratégica del Mantenimiento*. p. 23.

1.2.2.1. Definición

La filosofía o modelo de mantenimiento clase mundial, surge en la década de los ochenta en la búsqueda de establecer un nuevo modelo de mantenimiento con estrategias vanguardistas que sentarán los lineamientos adecuados para obtener resultados extraordinarios capaces de destacar frente a las exigencias del mundo moderno.

El mantenimiento clase mundial centra sus fundamentos en la capacidad competitiva de toda organización, estableciendo una serie de prácticas enfocadas meramente en el crecimiento del negocio impactando en tiempos, pérdidas posibles en la cadena de generación y calidad de producto o servicio prestado, además, son estrategias que, al ser aplicadas en la dirección correcta en el área operativa, generarán ahorros considerables para la organización.

Como toda filosofía de mantenimiento, la implementación del mantenimiento clase mundial conlleva esencialmente un cambio cultural, dejando por un lado la idea de que el mantenimiento es un costo para la empresa y orientado al mantenimiento como el beneficio necesario para mantener la competitividad y rentabilidad del negocio.

1.2.2.2. Bases del modelo de mantenimiento

Existen bases fundamentales que apoyan la implementación de este modelo de mantenimiento, que aplicadas correctamente y de manera sistemática permiten reorientar la estrategia convencional del mantenimiento hacia una nueva y estandarizada estrategia de mantenimiento, el enfoque del mantenimiento clase mundial se centra en los siguientes pilares:

- Procesos de excelencia
- Calidad y rentabilidad
- Motivación, satisfacción y capacitación
- Fiabilidad de cumplimiento de producción
- Seguridad
- Protección ambiental

1.2.3. Mantenimiento centrado en confiabilidad

La definición y las bases del modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad son:

1.2.3.1. Definición

El modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM (por sus siglas en inglés) fue desarrollado y presentado por primera vez en la década de los setenta como modelo para la gestión del mantenimiento en la rama de la aeronáutica civil con la finalidad de garantizar altos índices de fiabilidad en los medios de transporte aéreos.

Este modelo de mantenimiento centra sus esfuerzos en determinar cuáles deben de ser las actividades idóneas de mantenimiento para los activos de la organización y de esta manera se busca definir planes de mantenimiento óptimos capaces de analizar y pronosticar las fallas de los equipos, en la actualidad este modelo de mantenimiento es aplicado con éxitos en todas las ramas de la ingeniería ya que además de analizar y pronosticar fallas permite a las industrias clasificar cada falla según los diferentes impactos que puedan tener en seguridad, medio ambiente, operación, calidad y costos.

El objetivo del RCM se enfoca en garantizar las funciones específicas de cada activo más que garantizar el activo como tal, es por eso por lo que el RCM asegura el funcionamiento de los equipos de forma productiva de acuerdo con la correlación existente con el tiempo de uso del equipo, es decir; un equipo nuevo deberá de funcionar como equipo nuevo, pero con relación al incremento del tiempo de uso el equipo deberá únicamente asegurar la productividad. El RCM permite a los colaboradores e involucrados en la implementación de este modelo, adquirir las habilidades y conocimientos necesarios para pronosticar y anticipar las fallas o averías que reduzcan dicha productividad. Con la implementación de este modelo no solo se aseguran activos más confiables sino también se asegura productividad, calidad y cumplimiento, aunque el éxito de este modelo depende de las decisiones tomadas y de la calidad de datos e información, otra gran parte depende de las bases del modelo y de la integración de involucrados con el modelo de mantenimiento.

1.2.3.2. Bases del modelo de mantenimiento

El modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM establece sus bases en tres pilares o fases según, Bloom, Neil, 2006 en su libro *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. estas fases son:

- En orden de prelación identificar el equipo que tiene mayor impacto en seguridad, producción y protección de activos.
- Especificar las tareas de mantenimiento con base en lo identificado en la primera fase o pilar.
- Aplicación correcta de las tareas especificadas en el pilar 2.

Además, es primordial según Bloom lo siguiente:

- Identificar cuando un análisis contingente simple es aceptable o no.
- Identificar fallas no visibles.
- Identificar cuando un análisis de contingencia múltiple se requiere.

Por último, la norma SAE JA1011, establece preguntas fundamentales de todo proceso RCM, estas preguntas son:

- ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
- ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
- ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de fallas?
- ¿Cuáles son los efectos de cada falla?
- ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
- ¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir la falla?
- ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

1.3. Industria de embotellado de bebidas

A continuación, se presenta la información teórica referente al modelo industrial del embotellado de bebidas en Guatemala:

1.3.1. Definición

Las actividades destinadas a la fabricación y embotellado de bebidas no alcohólicas o alcohólicas industrialmente entran en la categoría de industria

alimenticia productora de bebidas o como se le conoce, industria de embotellado o envasado. Esta industria en la actualidad ocupa el primer lugar en consumo mundial de alimentos debido a la amplia cartera de productos que llegan a ofrecer al consumidor, aun con una gran variedad de productos, el proceso industrial generalmente es el mismo y se compone a grandes rasgos de: preparación de materia prima, mezcla, pasteurizado, llenado, taponado, etiquetado y empacado.

Como todo alimento procesado actual, la industria de bebidas a lo largo de la historia evolucionó de ser productos artesanales o productos producidos de manera rudimentaria a ser productos en masa, en parte por la necesidad de conservar las bebidas por periodos más largos. “Los primeros registros de esta industria datan de finales del siglo XVIII con el inicio de la revolución industrial”², específicamente en el ámbito farmacéutico, posteriormente fue separado de este ámbito y se empezaron a producir los primeros refrescos de manera industrial teniendo como materia prima fundamental: agua, frutos y miel. En este mismo siglo fue introducido el término soda o gaseosa al ser mezclada la bebida base anteriormente descrita con bicarbonato de sodio y anhídrido carbónico.

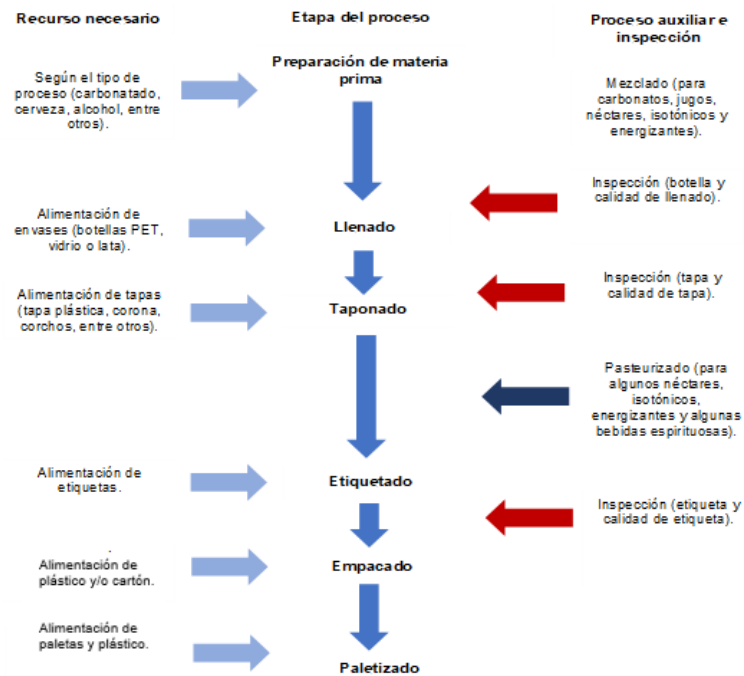
En el siglo XX fue impulsada y diversificada esta industria partiendo de la variedad de productos que es posible embotellar como, por ejemplo: leche, agua, refrescos, bebidas espirituosas, mermeladas, bebidas alcohólicas, entre otros. De la mano de la diversificación creció la industrialización, desarrollando sistemas altamente productivos y tecnológicos tal y como se le conoce. Debido a la demanda de estos productos en la actualidad, las industrias de embotellado son auxiliadas por otras industrias productoras de sistemas que de la mano de la mecánica, eléctrica y electrónica industrial diseñan y desarrollan tecnología para cumplir con dicha demanda.

² Corporación Unificada Nacional de Educación Superior. *Revolución Industrial*. <https://es.slideshare.net/VirtualizacinDistanc/revolucion-industrial-unidad-1>.

1.3.2. Proceso de embotellado

El proceso de embotellado, entendiendo que varía mínimamente según el tipo de bebida, se compone de:

Figura 1. Proceso general de envasado



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

1.3.3. Segmentación de la industria

Con el crecimiento del consumo de bebidas embotelladas, crece también la diversidad de opciones ofrecidas al consumidor, dicho en otras palabras, la demanda hace necesaria la oferta variada. Se puede decir que la segmentación de esta industria cambia según la necesidad de los compradores.

Ante un mercado tan exigente y variado, claramente ya no solo se basa la decisión de compra, en el precio del producto, sino también en los beneficios que aporta, en el tamaño, en forma de la botella, en el diseño de la botella, el color del producto y el valor agregado del producto. En términos generales se puede segmentar la industria en dos grandes grupos, el primero de ellos las bebidas alcohólicas que incluye bebidas como los destilados, el vino, cidra, cervezas, bebidas espirituosas, entre otras; y el segundo gran grupo son las bebidas no alcohólicas que incluye, carbonatados, jugos, néctares, bebidas isotónicas y bebidas hipertónicas.

Figura 2. **Segmentación de industria de embotellado**

Segmentación de la industria de embotellado o envasado			
Bebidas alcohólicas	Bebidas no alcohólicas	Comestibles envasados	No comestibles envasados
Fermentados: vino, fermentados, entre otros.	Agua	Mieles/Siropes	Detergentes
Destilados: Whisky, Ron, tequila, entre otros	Sodas	Mermeladas	Desinfectantes
Espirituosas: Martini, gin, entre otros	Néctares	Aceites	Cuidado personal
Fortificadas: Jerez, madeira, entre otros.	Leches y Yogures	Salsas	Medicinales
Licores cremas	Bebidas isotónicas o hidratantes	Confiterías	Lubricantes
Gasificados con alcohol	Bebidas hipertónicas o energizantes	Lácteos diferentes a leches o yogures	Pesticidas

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

1.3.4. Industria guatemalteca de embotellado

Para fines de esta investigación se centró únicamente en ampliar la información de la industria de embotellado en la rama de bebidas alcohólicas y no alcohólicas. En resumen, según Gabriel Obregón:

En Guatemala, la industria de embotellados ha experimentado un crecimiento considerable, en parte por la gran demanda interna y externa de los productos aquí fabricados, siendo Guatemala líder centroamericano exportador de bebidas saborizadas, no saborizadas, fermentadas y destiladas, generando al año 2011 ganancias aproximadas de \$ 220 millones anuales, esto ha permitido el crecimiento tecnológico, competitivo, social y productivo de la industria guatemalteca en esta rama, en la actualidad existen alrededor de 39 embotelladoras en el país, repartidas en todo el territorio, generando un aproximado de 18 000 empleos y teniendo como principal base de operaciones la Ciudad de Guatemala y la costa sur del país.

Haciendo un resumen de las principales embotelladoras que operan y sustentan esta industria en el país se puede mencionar, en la rama de fermentados, Cervecería Centroamericana que opera en el país desde el año 1886 como el mayor productor de cervezas, también se puede mencionar, Vinícola Centroamericana que ofrece al mercado vinos, vinos espumantes y sidras. En el área de destilados desde 1940 opera Industrias Licoreras de Guatemala, líderes en la producción de ron, vodka, whisky, ginebra y aguardiente.

En la rama de gasificado opera desde el año 1885 fábrica de Bebidas Gaseosas “La centroamericana” que se conoce hoy en día como Fábrica de Bebidas Gaseosas “La Mariposa”, parte del grupo multinacional CBC y que además forma alianza estratégica con la multinacional belga-brasileña AB INBEV para la producción de cerveza y distribución de productos. En 1976 es fundada Fabrica de Bebidas Gaseosa Salvavidas, como una extensión de Cervecería Centroamericana, para la producción de bebidas gaseosa y agua natural embotellada, como parte de una estrategia de mercado, este mismo grupo funda en el año 1983 Alimentos Maravilla, para la producción de bebidas y néctares. The Coca Cola Company también tiene presencia en Guatemala con 3 embotelladoras para abastecer el norte, centro y sur del país, y que luego de una compra intermedia a United Fruit Company, en 2003 es adquirida por el grupo multinacional FEMSA. Otras embotelladoras ganan fuerza en el país, de las cuales se pueden mencionar grupo AJE, multinacional peruana, fundada en Guatemala en el año 2005, Embotelladora La Fortuna que opera en el sur del país y que además cuenta con un aproximado de 800 empleados, en Huehuetenango embotelladora “El Manantial”, y finalmente, fundada en 1926 y con operación en el occidente del país embotelladora India Quiché.³

³ OBREGÓN JERÉZ, Gabriel Alejandro. *Diseño de investigación del cumplimiento de prerequisites de un sistema de gestión integral con referencia en normas FSSC22000, ISO 14001:2004 Y OHSAS 18001:2007 en el departamento de mantenimiento de una planta de embotellado de bebidas carbonatadas.* p. 1-3.

1.4. Generalidades de las máquinas de taponado

Existen diferentes generalidades de las máquinas de taponado que necesariamente deben ser remarcadas en este trabajo de graduación, estas son:

1.4.1. Funcionabilidad

Usualmente, el taponado es una de las actividades más complicadas en el proceso de embotellado, ya que por lo general la industria tiene que lidiar con problemas como: la variación en geometrías y tamaños de tapas, combinaciones poco ideales entre botellas-tapas y las limitantes de un proceso de producción relativamente rápido junto con la limitante de una aplicación netamente vertical.

Las máquinas taponadoras son la respuesta de las empresas desarrolladoras de tecnología a los retos que representa esta actividad en la industria de embotellado, este tipo de máquinas resuelve los problemas que la industria de embotellado enfrenta y abre la oportunidad a la aplicación y uso de tapas plásticas roscadas, coronas metálicas, corchos, tapas de seguridad, tapas de aluminio "Roll-on" y tapas plásticas deportivas, asegurando un proceso altamente productivo, rápido y sin olvidar la limitante de la aplicación vertical.

La mayoría de equipos con los que cuenta la industria, son especializados, por lo que la limitante es que, únicamente pueden aplicar un tipo de tapa, aunque en la actualidad el avance en el desarrollo de este tipo de maquinaria ya permite procesos híbridos, es decir maquinarias que aplican más de un tipo de tapa, la realidad es que aún son equipos altamente costosos, si bien, la inversión por lo general tiene un tiempo de retorno muy corto, muchas industrias aún no migran a estos equipos híbridos.

1.4.2. Tipos de máquinas de taponado

Los tipos de máquinas de taponado, según el tipo de tapa que se encuentran normalmente en la industria de embotellado, son:

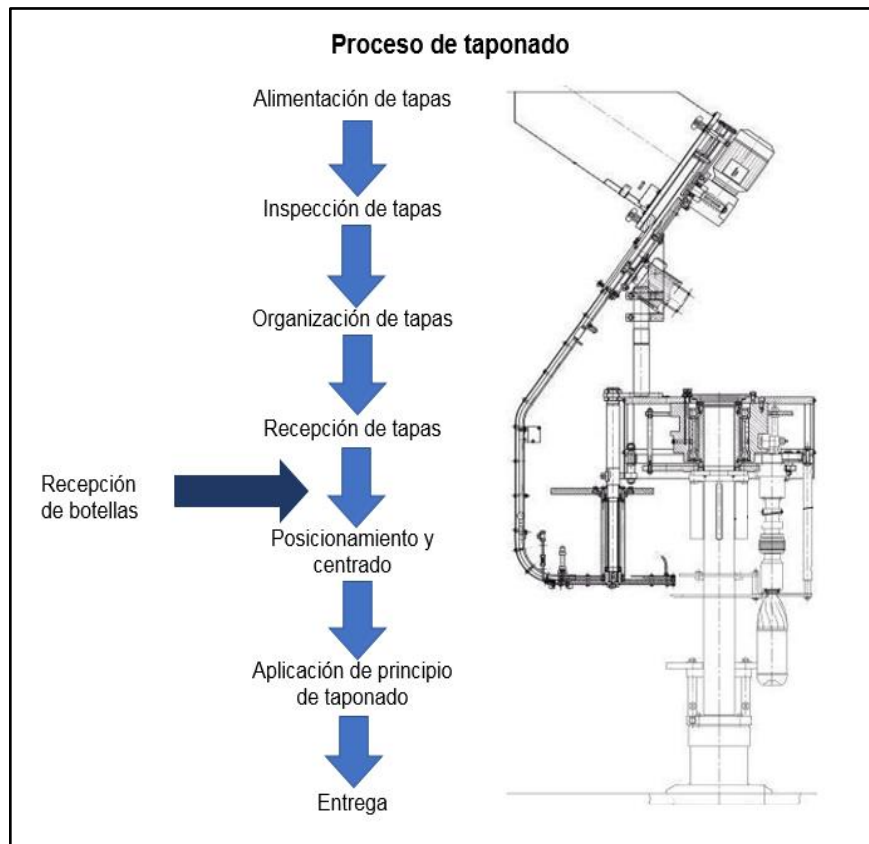
- Taponadora o capsuladora para tapa plástica: diseñada para el proceso de taponado de tapas plásticas y tapa deportiva, el principio de funcionamiento está basado en la aplicación de un torque constante en conjunto a una carga axial.
- Taponadora con servo accionamientos: esta taponadora está diseñada para tapas plásticas de rosca y tapas plásticas deportivas, esta máquina es una variación mucho más moderna, pero con el mismo principio que la taponadora convencional.
- Taponadora de procesos asépticos: diseñada para procesos asépticos, esta taponadora trabaja en un entorno cerrado en el cual las tapas son previamente esterilizadas.
- Coronadores: diseñado para la aplicación de coronas y coronas con anillo, esta máquina precisa de un precentrado en el cabezal de taponado, esta taponadora por lo general es fabricada en su mayoría de acero inoxidable.
- Taponador de anillos de seguridad: esta taponadora está diseñada para colocar anillos de seguridad sobre las tapas, ya que en algunos casos se precisa de este anillo como protección para productos que no deben ser abiertos por menores.

- Capsuladora para tapa aluminio “Roll-on”: diseñada para tapa de aluminio “Roll-on”, fabricado todo en acero inoxidable y polímeros de grado alimenticio.
- Corchadores: Diseñada para suplir las necesidades de la industria de embotellado en la rama de fermentados específicamente para el embotellado de vinos, la corchadora basa su funcionamiento en la aplicación de compresión térmica y aplicación de fuerzas axiales.

1.4.3. Proceso de taponado

El proceso de taponado es un proceso relativamente sencillo que lleva atado una serie de actividades minuciosas y ajustes dedicados al ingeniero especialista de esta máquina, a continuación, se presenta gráficamente el proceso general de taponado en la industria embotelladora.

Figura 3. Descripción de proceso de taponado



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

1.5. Krones

A continuación, se presenta la información necesaria para comprender las generalidades de esta empresa y su importancia en este trabajo de graduación.

1.5.1. Historia

Krones, es una empresa fundada en el año 1951 en Alemania por Hermann Kronseder y con centro de operaciones en la ciudad de Neutraubling, su inicio se remota a los primeros años post guerra, dedicada exclusivamente a la fabricación

de etiquetadoras basadas en los dibujos diseñados por su fundador. Con el pasar de los años y con el éxito rotundo de sus equipos, a partir del año 1980 la compañía adquirió pequeñas empresas que aportaron para la construcción de lo que es hoy en día Krones, con presencia a nivel mundial, socio para la industria de embotellado de bebidas y alimentos líquidos, cuenta con una plantilla de alrededor de 16 500 empleados. ⁴

1.5.2. La empresa en la actualidad

En la actualidad Krones cuenta con una red internacional con más de 100 subsidiarias para abastecer su mercado, según información obtenida en la página web de Krones, el 90 por ciento de las soluciones que esta empresa ofrece son utilizadas fuera de Alemania. Como líder mundial y principal socio de las empresas de embotellado, Krones actualmente planifica, desarrolla y fabrica todo el equipo para ingeniería de procesos, embotellado y embalaje por lo que no es de extrañarse que las máquinas y líneas de producción Krones procesen diariamente millones de litros en botellas PET, vidrio y lata. Entre los equipos más vendidos del catálogo de Krones, se encuentran las etiquetadoras, llenadoras y taponadores como solución en la primera etapa productiva de las empresas embotelladoras. ⁵

1.5.3. Krones en la región

En Guatemala, Krones tiene presencia a través de su subsidiaria, Autómata S.A. desde hace más de 20 años, Krones-Autómata ofrece soluciones técnicas por medio de ingenieros de servicio a las empresas de embotellado de Centroamérica y el Caribe, de igual forma ofrece a la región el catálogo de productos y servicios necesarios posteriores a la adquisición de la maquinaria de embotellado, embalado e ingeniería de procesos.

⁴ Krones. *Historia*. www.krones.com. Consulta: 01 de diciembre de 2020

⁵ *Ibíd.*

2. ASPECTOS TÉCNICOS DEL EQUIPO DE TAPONADO KRONES PARA TAPA ROSCADA

2.1. Tecnología de taponado Krones y tipos de taponadoras

Las taponadoras Krones se aseguran de ofrecer las soluciones adecuadas para facilitar la colocación de todos los tipos de tapones en las botellas que la industria embotelladora maneja.

Krones actualmente cuenta con varios modelos de taponadoras en su catálogo, el diseño de estas taponadoras le permiten alcanzar velocidades de producción desde las 10 000 hasta las 110 000 botellas por hora, su tecnología se divide según el sistema de sujeción de las botellas, ya sea por el cuello o por la base, así también existe una subdivisión dependiendo el tipo de contenedor que se va a tapar, por ejemplo, PET, vidrio, entre otros. además, aseguran modelos altamente higiénicos para la conservación de la inocuidad en todo el proceso productivo.

2.1.1. Tapa roscada plástica

Estas máquinas son diseñadas específicamente para la colocación de tapas plásticas en botellas PET o botellas de vidrio, el principio de funcionamiento no varía según el tipo de sujeción del contenedor, entre las ventajas que estos equipos ofrecen se encuentran: la versatilidad a la hora de un cambio en el diseño de la tapa a un costo relativamente bajo, la facilidad de contención de ambientes inocuos y las velocidades de producción disponibles. Es en este tipo de máquina en la que se centran las bases de la investigación presentada.

2.1.2. Coronas para botella de vidrio

Las máquinas coronadoras, como su nombre lo indica, son exclusivamente utilizadas en la industria de embotellado para la colocación de tapas o coronas en botellas de vidrio, estas máquinas a diferencia de las taponadoras de rosca plásticas, se limitan a ser utilizadas en la sujeción por base de los contenedores, otras de las mayores limitantes son la poca versatilidad para cambio de diseño sin incurrir en altos gastos y la complicidad para obtener ambientes más inocuos debido a la humedad del sistema. Sin embargo, esta máquina ofrece sistemas de mantenimiento mucho más sencillos, así como altas velocidades productivas.

2.1.3. Corchos para botella de vidrio

Las máquinas taponadoras de corchos o coloquialmente llamadas corchadoras, son por lo general utilizadas en la industria de embotellado vinícola, por diseño generalmente son máquinas poco versátiles, sin embargo, no dejan de garantizar la funcionabilidad, inocuidad, las velocidades productivas requeridas y procesos de mantenimiento accesibles.

2.2. Taponadora Krones principios de funcionamiento del equipo

Los fundamentos técnicos para el entendimiento mecánico y descriptivo de este equipo productivo marca Krones son:

2.2.1. Leva de ejecución

La máquina taponadora para tapa roscada cuenta en la parte superior con una leva de ejecución operacional, que básicamente define la dirección y el proceso de taponado por el que cada tapa deberá pasar desde que es recibida

por el equipo hasta que es entregada a la estrella de transferencia, esta leva de ejecución cuenta con el área de recepción, el punto de transferencia, el área de posicionamiento, área de sellado, área de seguridad, área de elevación, punto de transferencia y área de inactividad.

Figura 4. **Leva de ejecución**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.2.2. Juego de engranes planetarios

Para que el proceso de taponado se ejecute y a su vez cumpla con las necesidades o requerimientos de acuerdo con las especificaciones de calidad, se necesita de la aplicación de dos fuerzas físicas, una llamada carga axial o carga sobre el eje de la botella y la otra el torque de aplicación, dependiendo de las especificaciones del equipo estas pueden ser aplicadas simultáneamente o bien una después de la otra durante el recorrido de la botella a lo largo de la leva de la taponadora.

Para que estas dos fuerzas entren en juego mientras el equipo gira a altas revoluciones, siguiendo el flujo de la leva de aplicación, Krones, utiliza en las taponadoras un juego de engranes planetarios o engranes orbitales con los que logra transmitir movimientos paralelamente al giro de la máquina logrando aplicar la carga axial y torque específico a cada botella envasada.

2.2.3. Antirotación

Los platos anti rotacionales o platos dentados fueron diseñados con la finalidad de sujetar y centrar la botella durante el proceso de aplicación de fuerzas en la colocación de las tapas, tomando como referencia la leva de aplicación, los antirotacionales, también tienen ajustes necesarios de acuerdo con el proceso que ejecuta la leva de aplicación, un mal ajuste de los antirotacionales y de la guía externa puede causar problemas especialmente con cuellos y tapas dañados.

Figura 5. **Antirotación**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.2.4. Carga axial

La carga axial o carga sobre el eje es la fuerza necesaria para lograr que la tapa, conducida por los elementos taponadores, logre la posición vertical y la alineación correcta, previa a la aplicación del torque, la carga axial es aplicada mientras la botella durante su recorrido rotacional pasa por el área establecida para esta tarea en la leva de aplicación, que a su vez es ayudada por cilindros elevadores como medio mecánico de transmisión de fuerza.

2.2.5. Torque

Por medio del principio físico de la histéresis magnética, así como de la utilización de engranes planetarios para transmisión de movimiento, de la leva de aplicación de la taponadora y finalmente por medio de las cabezas de sellado como elemento mecánico intermedio, se logra la aplicación del torque de sellado o torque de remoción de tapa, el cual funciona como parámetro para medir la calidad de taponado obtenido por nuestra máquina taponadora.

2.3. Descripción de grupos de construcción

Debido al proceso de crecimiento natural de la compañía, Krones se vio en la necesidad de organizar la compañía en todos sus niveles con la finalidad de mejorar y estandarizar el acceso a la información que dentro de la compañía se maneja.

Esta organización, dado el momento pertinente, llegó a impactar en el proceso de fabricación de todos los equipos, a tal manera, de diseñar un sistema de grupos constructivos, el cual sirve como modelo de trabajo, para el proceso de producción, instalación y funcionamiento de cada máquina Krones. A

continuación, se presenta la descripción de los grupos de construcción referentes a las taponadoras de tapa roscada.

2.3.1. Entrada y descarga

Este grupo constructivo comprende mecánicamente todos los elementos o subsistemas, necesarios para que la botella pueda moverse a través de la máquina y realizar el proceso de taponado.

Tabla I. **Elementos de entrada y salida**

No.	Elemento	No.	Elemento
1	Estrella de transferencia	4	Chasis o mesa de la máquina
2	Sensor de presencia de botellas	5	Estrella de descarga
3	Sistema de rociado de tapas	6	Cinta Transportadora

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

2.3.1.1. Chasis o mesa de la máquina

La mesa o base de la máquina es el soporte mecánico que contiene todos los sistemas de alimentación del equipo, adicionalmente la mesa de la máquina ejecuta la función de *frame* o chasis diseñado para soportar las fuerzas rotacionales de la operación.

Figura 6. Mesa de la máquina



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.1.2. Estrellas de transferencia

Los envases previamente llenados entran en la taponadora a través de una estrella de transferencia. La taponadora y la estrella de transferencia deberán marchar de forma sincronizada para que la entrega y la recepción de envases se realicen correctamente.

Figura 7. **Estrella de transferencia**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.1.3. Sensores de presencia de botellas

El flujo de envases es monitorizado por dispositivos de control en diversos puntos. En la estrella de transferencia se encuentra un sensor que comprueba la presencia de botellas.

Figura 8. **Sensores de presencia de botellas**

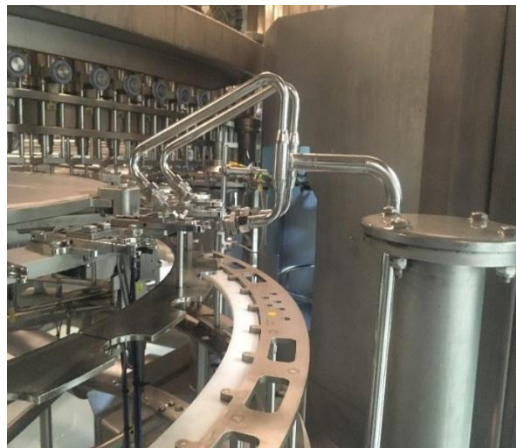


Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.1.4. Sistema de rociado de tapas

Este sistema remueve restos de productos de la boca de los envases.

Figura 9. **Sistema de rociado de tapas**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.1.5. Estrella de descarga

Esta estrella recibe de la taponadora los envases ya cerrados y los coloca sobre la banda de descarga. Al igual que en todos los puntos de transferencia, la taponadora y la estrella de descarga deberán moverse de manera sincronizada.

Figura 10. **Estrella de descarga**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.1.6. Cinta transportadora

Una vez finalizado el proceso de taponado los envases se transfieren a una cinta transportadora y abandonan la máquina.

Figura 11. **Cinta transportadora**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.2. **Alimentación de tapas**

Este grupo constructivo tiene la función de sistema periférico y como su nombre lo indica es el encargado de distribuir tapas de manera sincronizada al sistema de colocación de tapas o cabezal de taponadora.

Tabla II. **Elementos de la alimentación de tapas**

No.	Elemento
1	Canaleta de transporte
2	Estrella de transferencia de tapones
3	Sistema de Rociado

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

2.3.2.1. Canal de transporte

Una vez los tapones son clasificados, organizados y posicionados, son transportados hacia la máquina por medio de la canaleta de transporte, esta canaleta vertical utiliza la gravedad para transportar las tapas, aunque ocasionalmente se apoya de aire comprimido para el transporte.

Figura 12. **Canal de transporte**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.2.2. Estrella de transferencia de tapones

Los tapones son transferidos al cabezal para posteriormente ser colocados en los envases, por medio de la estrella de transferencia de tapones. El diseño de esta estrella permite entregar a las cabezas de taponado, un solo tapón a la vez.

Figura 13. **Estrella de transferencia de tapones**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.2.3. Sistema de rociado de tapones

El sistema de rociado de tapones es un elemento opcional que enjuaga con una mezcla de agua y cloro la parte interna de las tapas, durante su recorrido por la canaleta de alimentación.

2.3.3. Cabezal de taponadora

Este grupo constructivo tiene la función de ejecutar la acción de taponado, ejerciendo fuerzas en diferentes direcciones.

Tabla III. **Elementos del cabezal de taponadora**

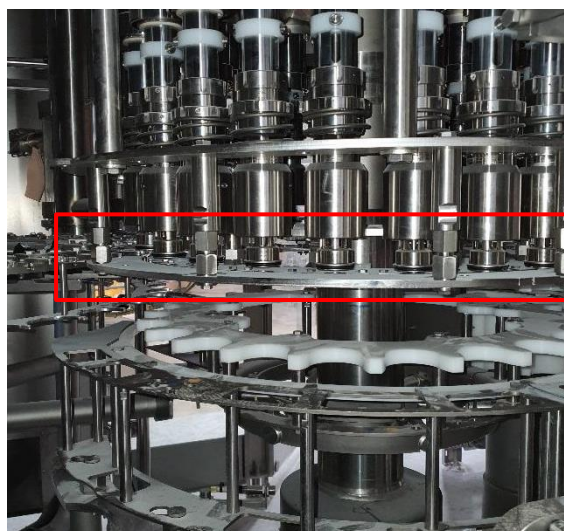
No.	Elemento	No.	Elemento
1	Sistema de direccionamiento por cuello	3	Cilindros elevadores
2	Leva	4	Cabezas de taponado

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

2.3.3.1. **Sistema de direccionamiento por cuello**

Durante el proceso de taponado, los envases ingresan a la máquina por medio de las transferencias y se sincronizan con la posición del cabezal, posteriormente son transportados por medio del sistema de direccionamiento por cuello que direcciona la botella sosteniéndola del área del cuello.

Figura 14. **Sistema de direccionamiento por cuello**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.3.2. Leva

La subida y bajada de los elementos taponadores es controlado por la leva. Mientras el servo hace girar el cabezal, la leva se mantiene fija permitiendo a los cilindros moverse verticalmente mientras rotan sobre el eje principal de la máquina.

Figura 15. **Leva**

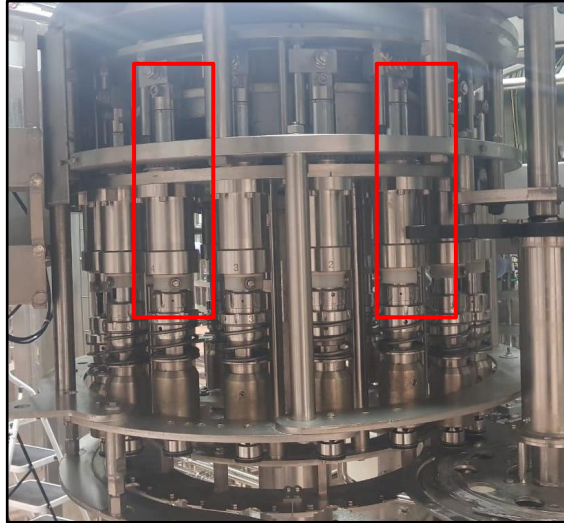


Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.3.3. Cilindros elevadores

Los cilindros elevadores son el mecanismo utilizado para transferir el movimiento vertical producido por la leva mientras la máquina gira sobre el eje principal, hacia los cabezales de taponado.

Figura 16. **Cilindros elevadores**

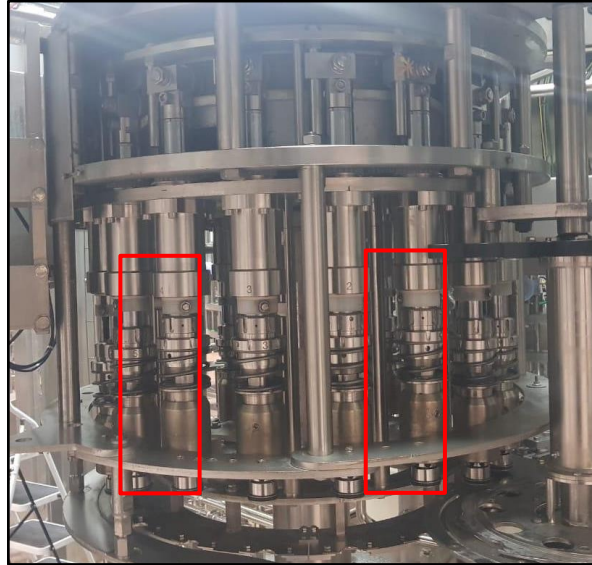


Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.3.4. Cabezas de taponado

Las cabezas de taponado descienden gracias a los cilindros elevadores, sobre los envases mientras giran y enroscan el tapón. El proceso de taponado estará completo una vez el envase esté cerrado y haya alcanzado el torque requerido.

Figura 17. **Cabezas de taponado**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.4. **Accionamientos**

Este grupo constructivo está formado por los servomotores o accionamientos encargados de generar los movimientos rotacionales de cada uno de los grupos constructivos mencionados anteriormente.

Tabla IV. **Accionamientos**

No.	Elemento
1	Servomotor principal
2	Servomotores de estrellas de transferencia
3	Servomotor de cabezal de taponadora

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

2.3.4.1. Servomotor principal

El rodamiento principal de la taponadora es accionado por un servomotor ubicado en la mesa de la máquina. Este accionamiento incluye:

- Motor
- Caja reductora

Figura 18. **Accionamiento principal**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.4.2. Servomotor de estrella de transferencias

Las estrellas de transferencia son accionadas por servomotores ubicados justo en la columna o base de cada estrella, estos servomotores se encuentran completamente aislados y protegidos de agua, polvo y residuos de producto.

Figura 19. **Servomotor de estrella de transferencia**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

2.3.4.3. Servomotor de cabezal de taponadora

Todo el cabezal de la máquina es accionado por un servomotor ubicado en la parte superior de la máquina, este servomotor está diseñado para que el sistema principal rote alrededor de la leva completamente fija.

Figura 20. **Servomotor de cabezal de taponadora**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

3. DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.1. Inspecciones

Con la finalidad de salvaguardar la integridad de los colaboradores de la empresa, así como la vida útil de los equipos, es necesario realizar y registrar inspecciones, según sea requerido por el gestor del PMP. Estas inspecciones deberán proporcionar toda la información necesaria sobre las condiciones previas a operar o manipular la taponadora, las condiciones del entorno de la máquina, los sistemas de seguridad, los riesgos energéticos y las condiciones mecánicas de la máquina, previo, durante y posterior a alguna actividad diseñada en el PMP.

3.1.1. Condiciones de operación del equipo

Existen condiciones o requerimientos obligatorios que exige la taponadora Kronos previo a cualquier tipo de manipulación o actividad ya sea operativa o de mantenimiento, asegurando que el entorno de la máquina está listo y a la disposición de una actividad completamente segura y, además, productivamente eficiente.

Una temperatura ambiental entre los 12 °C y lo 35 °C, calidad de aire de operación de grado alimenticio, con una presión constante de 6 bares, ambientes inocuos y niveles óptimos de lubricación, aseguran una eficiencia productiva. En tema de seguridad ocupacional, es de requerimiento obligatorio el correcto funcionamiento de todos los dispositivos de seguridad, la accesibilidad para el

fácil bloqueo de las energías inmersas en nuestro proceso tanto productivo como de mantenimiento y finalmente es de carácter obligatorio que tanto el personal operativo como el personal a cargo de las actividades del programa de mantenimiento preventivo, cuenten con los entrenamientos o capacitaciones mínimas para operar e intervenir la máquina taponadora.

3.1.2. Inspección del equipo

Las inspecciones son incluidas como parte del programa de mantenimiento preventivo y deberán ser registradas por el gestor del programa, la intención de las inspecciones es asegurar un entorno seguro para el operador y el equipo, pero esencialmente asegurar actividades de mantenimiento idóneas y libres de cualquier riesgo potencial, previo a la ejecución de las mismas, asimismo es necesario que los registros de inspecciones segreguen o separen las inspecciones a realizar sin interrupción de energías y las inspecciones posibles únicamente con la interrupción de las energías requeridas por la máquina taponadora, como agua, electricidad y aire comprimido.

3.1.2.1. Inspección del entorno

Las inspecciones del entorno serán necesarias para asegurar un medio de trabajo idóneo libre de peligros y listo para la ejecución de cualquier actividad de mantenimiento, estas inspecciones deberán incluir:

- Inspección de suciedad o desechos en el exterior de la máquina.
- Inspección de suciedad o desechos en el interior de la máquina.
- Iluminación de la máquina.
- Humedad en el entorno de la máquina.

- Otras inspecciones requeridas por el gestor de mantenimiento referentes al entorno de la máquina.

3.1.2.2. Inspecciones sin interrupción de energías

Las inspecciones sin interrupción de las energías de la máquina deberán incluir:

- Condición de la grasa en los puntos donde es posible.
- Residuos de aceite visibles dentro de la máquina.
- Estado general de la máquina.
- Estado visual de los elementos taponadores.
- Estado de los elementos periféricos de la máquina.
- Inspección de residuos de producción dentro de la máquina.
- Otras inspecciones requeridas por el gestor del programa.

3.1.3. Inspecciones con interrupción de energías

Para realizar este tipo de inspecciones se deberá interrumpir la alimentación eléctrica de la máquina, el suministro de agua y aire comprimido. Las inspecciones con interrupción de las energías de la máquina deberán incluir:

- Inspección visual de los servomotores.
- Estado de la grasa en la leva de ejecución.
- Estado de los cartuchos lubricantes.
- Restos metálicos o extraños dentro de la máquina.
- Estado físico de los cabezales y los cilindros elevadores.
- Estado de las estrellas de la máquina.
- Residuos de lubricantes debajo de la máquina.

- Otras inspecciones que sean requeridas por el gestor del programa.

3.2. Seguridad

Es necesario asegurar la seguridad tanto del equipo como del operador y de los técnicos de mantenimiento que ejecutarán las actividades del programa, basados en este principio se deben identificar los riesgos por energías residuales y los sistemas de seguridad con los que el equipo cuenta para actividades de producción y actividades de mantenimiento.

3.2.1. Sistemas de seguridad del equipo

La máquina taponadora Krones, cuenta con los más altos sistemas de seguridad para reducir en gran escala todos los eventos no deseados tanto en producción como en la ejecución las actividades del programa de mantenimiento, durante la producción la máquina asegura lo siguiente:

- Bloqueo del movimiento de la máquina si algún acceso a la misma se encuentra abierto.
- El sistema de seguridad se activa e impide el movimiento de la máquina si algunas de las condiciones de seguridad no se cumplen.
- Si alguno de los requerimientos energéticos supera el límite inferior o superior, se activan tanto los sistemas de seguridad en el sistema eléctrico, como en el suministro de producto y aire comprimido.

Durante la ejecución de las actividades de mantenimiento la máquina asegura lo siguiente:

- Bloqueo con candado de seguridad de los accesos de la máquina.
- Bloqueo con candado de seguridad de los suministros energéticos.
- Sistema de confirmación de actividades realizadas.
- Llave de modo ajuste que permite la realización de actividades de mantenimiento.
- Sistemas de paros de emergencia y bloqueo de motores con desconexión.
- Sistema opcional de llaves para la ejecución de actividades.

3.2.2. Riesgos por energías residuales

A pesar de que la máquina taponadora cumple las exigencias técnicas y garantiza una operación segura. Es posible que puedan persistir algunos riesgos implícitos por energías residuales, tanto para el personal como para la máquina, dadas las características de esta. Pueden persistir energías residuales producto de la energía eléctrica, las presiones neumáticas, los medios de producción y los recursos auxiliares, así como en menor medida las emisiones producidas.

3.2.3. Requerimientos mínimos del personal

Hay requerimientos mínimos que se deben cumplir por parte del operador de la taponadora, del personal de mantenimiento y de los supervisores de área, estos requerimientos aseguran la reducción de riesgos en la ejecución de actividades y además aseguran que, ante cualquier evento inesperado, el personal tendrá la capacidad de actuar para mitigar los riesgos, los requerimientos mínimos del personal deben incluir:

- Capacitación mínima en los conceptos básicos de la taponadora.
- Conocimiento en la aplicación de los sistemas de seguridad LOTO.
- Manejo de extintores y métodos de sofocación de fuego.

- Conocimientos técnicos en el área eléctrica y mecánica para el personal de mantenimiento.
- Capacitación en primeros auxilios.

3.2.4. Bloqueo y etiquetado de seguridad

El sistema de bloqueo y etiquetado de seguridad (LOTO) es un sistema que garantiza la desconexión de la máquina a cualquier fuente de energía peligrosa antes de realizar alguna actividad.

Para ello se han colocado dispositivos de desconexión en la máquina. Las fuentes de energía peligrosas pudiendo ser la energía mecánica, eléctrica, neumática, hidráulica, de fluidos, entre otras. Para desconectar la máquina de forma segura de las fuentes de energía peligrosas es necesario seguir un determinado procedimiento y se deben tener en cuenta las energías residuales.

3.3. Lubricación

Como en todo equipo de producción industrial, la lubricación forma parte esencial del programa de mantenimiento preventivo, a continuación, se presenta el programa diseñado para la lubricación de la taponadora Krones, es importante mencionar que la lubricación inicial es realizada por Krones durante el ensamble de la máquina.

3.3.1. Lubricantes recomendados

Para el diseño de este programa de mantenimiento, se tomaron en cuenta las recomendaciones de Krones referentes a los lubricantes a utilizar, estas recomendaciones son presentadas por Krones luego de haber testeado y

aprobado dichos lubricantes, por lo que utilizar lubricantes inadecuados, puede llegar a causar un daño inesperado en la taponadora. En la siguiente tabla se observa el nombre del lubricante y código utilizado por Krones. Los lubricantes recomendados son:

Tabla V. **Tabla de lubricantes**

Identification no.	Lubricant type	Lubricant Initial Lubrication	KIC - Krones Order no.	Pack size	Basis	Designation in accordance with DIN 51502	Viscosity quoted as ISO-VG	Consistency as classified by NLG	NSF registration	*em/ro* compliant
10-08	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 7208	0905018438	20 l container	Synthetic	CLP PG 220	220	-	H1	x
10-10	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 7210	0905042591	20 l container	Synthetic	CLP PG 680	680	-	H1	x
10-12	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 7212	0905042650	20 l container	Synthetic	CLP PG 460	460	-	H1	x
10-14	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 7214	0905042692	20 l container	Synthetic	CLP HC 460	460	-	H1	x
10-16	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 7216	0905042690	5 l container	Synthetic	CLP E 220	220	-	H1	x
10-17	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 7201	0902813197 0903139410	205 l barrel 10 l container	Synthetic	CLP HC 220	220	-	H1	x
10-19	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 7202	0902813159 0902813191	205 l barrel 10 l container	Synthetic	CLP HC 100	100	-	H1	x
10-20	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 7203	0903150669	5 l container	Synthetic	-	150	-	H1	x
10-21	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 7221	0905006647	1 l container	Synthetic	-	100	-	H1	x
20-01	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 10	0901769226	1 l container	Synthetic	-	1	-	H1	x
20-05	Oil	KIC KRONES KRONES celerol FL 7205	0904993189	5 l container	Synthetic	HLP HC 68	68	-	H1	x
30-02	Grease	KIC KRONES KRONES celerol L7009	0904902934 0904902828	19 kg hobbock 500 g cartridge	Synthetic	KPHCTK-30	-	1	H1	x
30-06	Grease	Replaced by: 30-19, for rotary media manifolds			-	-	-	-	-	-
30-09	Grease	KIC KRONES KRONES celerol L 7003	0901856261 0901856218 0904173452 0902415750	180 kg barrel 25 kg hobbock 500 g cartridge 90 g tube	Synthetic	-	-	1-2	H1	x
30-13	Grease	KIC KRONES KRONES celerol L 7010	0904989529 0904908635 0904908478 0904903079	25 kg hobbock 1 kg can 500 g cartridge 180 g dispenser	Synthetic	-	-	2	H1	x
30-14	Grease	KIC KRONES KRONES celerol L7006	0904173559 0904671982 0902700432	1000 g cartridge 100 g tube 4 g sealed pouch	Synthetic	KFFK2U-40	-	2	H1	x

Fuente: Krones. *Product ID Lubrication Chart*. p. 4.

Tabla VI. **Tabla de lubricantes**

Identification n.o	Lubricant type	Lubricant Initial Lubrication	KIC-Krones Order n.o	Pack size	Base	Designation in accordance with DIN 51502	Viscosity grade as ISO-VG	Consistency as classified by NLGI	NSF registration	*enviro* compliant
30-16	Grease	KIC KRONES KRONES celerol L 7007	0902813150 0903141575 0904173639	170 kg barrel 19 kg hobbock 500 g cartridge	Synthetic	KPHC2K-30	1	2	HI	x
30-18	Grease	Replaced by: 30-16								
30-19	Grease	KIC KRONES KRONES celerol L 7008	0903953063 0903952915	25 kg hobbock 500 g cartridge	Synthetic			1-2	HI	x
40-05	Oil	KIC KRONES KRONES celerol SP 7402	0904460658	400 ml spray	Synthetic		15		HI	x
40-06	Grease	KIC KRONES KRONES celerol SP 7401	0902813203	400 ml spray	Synthetic			2	HI	x
40-07	Oil	Interflon Food Lube	0902970330	500 ml spray	Mineral/ synthetic		15		HI	x
40-08	Oil	Replaced by: 40-05								
40-09	Grease	KIC KRONES KRONES celerol SP 7409	0904985488	400 ml spray	Synthetic			2	HI	x
76-02	Grease	KIC KRONES KRONES celerol LU 7602 Lubrication period 6 months	0903088789	1 lubricator + activator	Synthetic			1	HI	
76-03	Oil	KIC KRONES KRONES celerol LU 7603 Lubrication period 6 months	0903088941	1 lubricator + activator	Synthetic		1		HI	
76-04	Oil	KIC KRONES KRONES celerol LU 7604 Lubrication period 6 months	0903088942	1 lubricator + activator	Synthetic		220		HI	
76-05	Grease	KIC KRONES KRONES celerol LU 7610 Lubrication period 3 months	0905225724	1 lubricator + activator	Synthetic			2	HI	
76-07	Grease	KIC KRONES KRONES celerol LU 7607 Lubrication period 6 months	0904137676	1 lubricator + activator	Synthetic			2	HI	
76-08	Grease	KIC KRONES KRONES celerol LU 7608 Lubrication period can be set from 1 to 12 months	0904632758	1 lubricator	Synthetic			1	HI	
76-50	Oil	KIC KRONES KRONES celerol LU 7650 Electromechanically controlled lubrication period	0905199646	1 lubricant cartridge for lubricator	Synthetic		1		HI	
76-51	Grease	KIC KRONES KRONES celerol LU 7651 Electromechanically controlled lubrication period	0905199972	1 lubricant cartridge for lubricator	Synthetic			1	HI	

Fuente: Krones. *Product ID Lubrication Chart*. p. 5.

3.3.2. Frecuencia de lubricación

La frecuencia de lubricación dependerá exclusivamente del lubricante utilizado y de la actividad que realice el mecanismo de la máquina taponadora a lubricar, segmentando en actividades a realizar diariamente, semanalmente, anualmente, cada tres años y cada cinco años.

3.3.2.1. Lubricación sin interrupción de energías

Estas son las actividades del programa de mantenimiento preventivo que pueden ser programadas y posteriormente realizadas sin necesidad de interrumpir cualquiera de las energías implícitas en la operación de la máquina, sin embargo, esto no quiere decir que sean actividades que se puedan realizar con la máquina en funcionamiento ya que toda actividad de mantenimiento debe ser realizada con la taponadora en posición de modo ajuste.

3.3.2.1.1. Actividades de lubricación diaria

Las actividades del programa de mantenimiento preventivo a realizar sin interrupción de energías, con frecuencia diaria son:

- Cabezales taponadores

Figura 21. **Punto de lubricación para cabezal**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: los engranes del cabezal se deben lubricar en intervalos de cada 8 horas de servicio o por lo menos una vez al día.

Tabla VII. **Resumen para ruedas dentadas**

Componente	Ruedas dentadas
Ubicación	Cabezal de la taponadora
Lubricante	30-16, cantidad: aprox. 1,5 cm ³ .
Trabajos	Lubricar con pistola de engrase manual.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de lubricación:
 - Inyectar el lubricante con poca presión a través de la boquilla de engrase.
 - Limpiar el lubricante sobrante con un paño suave.
 - Hacer avanzar la máquina con marcha paso a paso para que el lubricante se distribuya uniformemente en las ruedas dentadas.

- Fin de actividad: las ruedas dentadas de los cabezales taponadores están lubricadas.

3.3.2.1.2. Actividades de lubricación semanal

No hay actividades de lubricación necesarias en el programa de mantenimiento preventivo a realizar sin interrupción de energías, con frecuencia semanal.

3.3.2.1.3. Actividades de lubricación mensual

Las actividades de lubricación del programa de mantenimiento preventivo a realizar sin interrupción de energías, con frecuencia mensual son:

- Pernos de guía y superficies deslizantes

Figura 22. **Pernos de guía y superficies deslizantes**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: la lubricación de los pernos de guía y de las superficies de deslizamiento se deben realizar en intervalos de cada 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla VIII. **Resumen para pernos de guía y superficies de deslizamiento**

Componente	Pernos de guía y superficies de deslizamiento
Ubicación	Cabezales taponadores
Lubricante	40-08, cantidad: Pulverizar moderadamente
Trabajos	Lubricar con botella de rociado

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de Lubricación:
 - Desmontar el resguardado.
 - Retirar con un paño que no suelte pelusa los residuos causados por la abrasión de las superficies de deslizamiento.
 - Aplicar moderadamente con lubricante todos los pernos de guía y las superficies deslizantes accesibles.
 - Hacer avanzar la máquina paso a paso hasta que sea posible acceder los siguientes cabezales taponadores.
 - Repetir la lubricación en todos los pernos de guía y superficies de deslizamiento.
 - Montar de nuevo el resguardo.

- Fin de actividad: los pernos de guía y las superficies deslizantes están lubricados.

3.3.2.2. Lubricación con energías interrumpidas

Estas actividades del programa de mantenimiento preventivo deben realizarse bajo la primicia del bloqueo y etiquetado de seguridad bajo el sistema LOTO, de todas las energías implícitas en el proceso operativo de la máquina, como: la energía eléctrica, suministros de agua, suministro de producto, aire de alta y baja presión o dióxido de carbono si aplica.

3.3.2.2.1. Actividades de lubricación mensual

Las actividades del programa de mantenimiento preventivo a realizar con interrupción de energías, con bloqueo de seguridad LOTO y con frecuencia mensual son:

- Transferencia de tapas

Figura 23. Transferencia de Tapas



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: la lubricación de la unidad de transferencia de tapas se debe realizar en intervalos de 500 horas de operación o más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla IX. **Resumen unidad de transferencia de tapas**

Componente	Unidad de transferencia de tapas
Ubicación	Alimentador de tapas
Lubricante	30-16, cantidad: aprox. 1,5 cm ³ .
Trabajos	Lubricar con pistola de engrase manual

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de lubricación:
 - Aplicar el lubricante con poca presión a través de la boquilla de engrase.
 - Limpiar el lubricante sobrante con un paño suave.
- Fin de actividad: la unidad de transferencia de tapones esta lubricada.
- Leva de ejecución.

Figura 24. **Punto de lubricación para variante sin sistema de lubricación central**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: la lubricación se debe realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla X. **Resumen de leva de ejecución**

Componente	Sistema de ajuste de altura, rodamientos
Ubicación	Leva elevadora
Lubricante	30-16, cantidad: aprox. 1,5 cm ³ .
Trabajos	Lubricar con pistola de engrase.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de lubricación:
 - Para la taponadora con la variante de sistema automático de lubricación central, los puntos son abastecidos por el sistema automático de lubricación central.

Para la taponadora sin sistema automático de lubricación central.

- Inyectar el lubricante con poca presión a través de las boquillas de engrase.
 - Limpiar el lubricante sobrante con un paño suave.
 - Si el sistema de ajuste de altura se utiliza poco, una vez efectuada la lubricación, subir el sistema y volver a bajarlo para que los pernos se engrasen bien en toda su longitud.
- Fin de actividad: el sistema de ajuste de altura y los rodamientos de la leva elevadora se han lubricado.
- Rodamiento principal de cabezal.

Figura 25. **Boquilla de engrase**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: la lubricación del rodamiento principal se debe realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XI. **Cabezal de la taponadora**

Componente	Rodamiento principal
Ubicación	Cabezal de la taponadora
Lubricante	30-16, Cantidad: aprox. 1,5 cm ³ .
Trabajos	Lubricar con pistola de engrase manual

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de lubricación:
 - Inyectar el lubricante con poca presión a través de la boquilla de engrase hasta que se expulse el lubricante nuevo. Cambiar todo el lubricante usado.
 - Limpiar el lubricante sobrante con un paño suave que no suelte pelusa.
- Fin de actividad: el rodamiento principal del cabezal de la taponadora está lubricado.
- Acoplamiento de parte inferior de la taponadora.

Tabla XII. **Elementos del acoplamiento**

No.	Elemento
1	Boquilla de engrase de la rueda motriz
2	Boquilla de engrase del vástago de acoplamiento
3	Boquilla de engrase de la rueda motriz

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Figura 26. **Ubicación de los puntos de engrase del acoplamiento**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: la lubricación de los puntos del acoplamiento se debe realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XIII. **Resumen parte inferior de la taponadora**

Componente	Acoplamiento
Ubicación	Parte inferior de la taponadora
Lubricante	30-16, cantidad: aprox. 1,5 cm ³ .
Trabajos	Lubricar con pistola de engrase manual

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de lubricación:
 - Inyectar el lubricante con poca presión a través de las boquillas de engrase.
 - Limpiar el lubricante sobrante con un paño suave que no suelte pelusa.

- Fin de actividad: el acoplamiento está lubricado.

3.3.2.2.2. Actividades de lubricación anual

Las actividades del programa de mantenimiento preventivo a realizar con interrupción de energías, con bloqueo LOTO y con frecuencia anual son:

- Rodamiento principal de la parte inferior.

Tabla XIV. **Elementos del rodamiento principal**

No.	Elemento
1	Orificios de control
2	Boquillas de engrase

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Figura 27. **Ubicación del punto de engrase del rodamiento principal de la parte inferior de la taponadora**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: la lubricación del rodamiento principal se realiza en intervalos de 6 000 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un año, esta opción aplica únicamente en la máquina con la variante de servomotor principal.

Tabla XV. **Resumen de parte inferior de la taponadora**

Componente	Rodamiento principal
Ubicación	Parte inferior de la taponadora
Lubricante	30-16, cantidad: Hasta que el lubricante nuevo salga por el orificio de control.
Trabajos	Lubricar con pistola de engrase manual.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de lubricación:
 - Retirar la cubierta
 - Engrasar con poca presión a través de las boquillas de engrase hasta que el lubricante nuevo salga por orificios de control.
 - Cambiar todo el lubricante usado.
 - Limpiar el lubricante sobrante con un paño suave que no suelte pelusas.
 - Volver a colocar la cubierta.

- Fin de actividad: el rodamiento principal de la parte inferior de la taponadora esta lubricado.

3.3.2.2.3. Actividades de lubricación luego de 3 años de operación

Las actividades del programa de mantenimiento preventivo a realizar con interrupción de energías, con bloqueo y etiquetado LOTO y con frecuencia tres años son:

- Servomotores

Figura 28. **Servomotor del cabezal principal**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: el cambio de lubricante se debe realizar en intervalos de 18,000 horas de funcionamiento o a más tardar una vez transcurridos 3 años y aplica únicamente con la variante de la taponadora con servomotores.

Tabla XVI. **Resumen de lubricación para servomotores**

Componente	Servomotores
Ubicación	En cabezal, en parte inferior y en estrellas de transferencia
Lubricante	10-12, cantidad: según el servomotor
Trabajos	Cambiar el lubricante del servoaccionamiento que disponga de reductor

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de lubricación:
 - Por motivos técnicos en la máquina se emplean servomotores de diversos modelos, tamaños y fabricantes.
 - Esto presupone que los procedimientos de mantenimiento requeridos también cambien.
 - En determinados casos los servomotores son libres de mantenimiento por un tiempo establecido por el fabricante.
 - Seguir el procedimiento sugerido por el fabricante para el motor a lubricar.

- Fin de actividad: los servomotores de la taponadora están ahora lubricados.

3.3.2.2.4. Actividades de lubricación luego de 5 años de operación

Las actividades del programa de mantenimiento preventivo a realizar con interrupción de energías, con bloqueo LOTO y con frecuencia cinco años son:

- Cajas reductoras de motores

Tabla XVII. **Elementos del reductor del motor principal**

No.	Elemento
1	Tornillo de purga
2	Tornillo de control
3	Tornillo del orificio de llenado

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: el cambio de lubricante se realiza en intervalos de 15 000 horas de funcionamiento o a más tardar una vez transcurrido 5 años, esta actividad del programa de mantenimiento está sujeta únicamente a la variante de la taponadora con motores convencionales y con cajas reductoras.

Tabla XVIII. **Resumen de lubricación para motores reductores**

Componente	Reductor del motor principal
Ubicación	Parte inferior de la taponadora
Lubricante	10-08, cantidad: Según la placa del motor
Trabajos	Cambiar el lubricante

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de lubricación:
 - Colocar un recipiente colector adecuado debajo del orificio de purga.
 - Retirar el tornillo del orificio de llenado.
 - Desenroscar el tornillo de purga.
 - Esperar que purgue el aceite.
 - Volver a enroscar y apretar el tornillo de purga.
 - Desenroscar el tornillo de control.
 - Añadir aceite nuevo a través del orificio de llenado hasta que salga el aceite sobrante por el orificio de control.
 - Volver a enroscar y apretar el tornillo de control.
 - Volver a enroscar y apretar el tornillo del orificio de llenado.

- Fin de actividad: el lubricante de la caja reductora del motor principal ha sido cambiado.

3.3.3. Cartilla para la ejecución de la lubricación

A continuación, el modelo para la cartilla para la ejecución de las actividades de lubricación para este programa de mantenimiento.

Tabla XIX. Guías para la ejecución de la lubricación

Actividad	Frecuencia	Sin interrupción de energías			Con energías interrumpidas			Lubricante
		Diaría	Semanal	Mensual	Mensual	Anual	3 años	
Cabezales de taponadora		X						30-16
Pernos de guía y superficies deslizantes				X				40-08
Transferencia de tapas					X			30-16
Leva elevadora					X			30-16
Rodamiento principal de cabezal					X			30-16
Acoplamiento de parte inferior					X			30-16
Rodamiento principal de parte inferior						X		30-16
Servomotores							X	10-12
Cajas reductoras							X	10-08

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

3.4. Actividades de mantenimiento

Las actividades del programa de mantenimiento preventivo tienen como principal objetivo, asegurar que las actividades productivas se cumplan eficientemente mientras el equipo mantiene las condiciones deseadas.

3.4.1. Herramientas, repuestos e insumos

De acuerdo con las actividades propuestas para el programa de mantenimiento preventivo de la taponadora Krones, se ha establecido una lista de herramientas, repuestos e insumos mínimos, con los que se debe contar en planta para cumplir con cada una de las actividades establecidas en este programa de mantenimiento. El listado propuesto es:

- Dos métricos sets de llaves cola-corona
- Set métrico de socket
- Juego de destornilladores mecánicos
- Juego de punzones
- Martillos de goma y de metal
- Vernier o pie de rey
- Juego de galgas milimétricas
- Torquímetro de 0-100 n/m
- Kit de herramientas especiales Krones para taponadora
- Kit de repuestos Krones para semanales y mensuales
- Paños para limpieza
- Desengrasante
- Aceite para desmontaje
- Grasas de ensamble
- Guantes de seguridad

- Lentes de seguridad
- Detergentes y desinfectantes
- Equipo de limpieza a presión

3.4.2. Frecuencia de mantenimiento

La frecuencia de las actividades de mantenimiento, se han establecido con la finalidad de obtener ciclos de mantenimiento adecuados para la taponadora, con los que se pueden asegurar periodos productivos de acuerdo con las exigencias de la planta.

Es por esta razón que se han establecido actividades con frecuencia diaria, semanales y mensuales, además se han establecido frecuencias previo a producción y especiales, todas estas actividades son segmentadas en; actividades a realizar durante producción, actividades a realizar sin interrupción de energías, actividades a realizar con interrupción de energías y actividades a realizar por especialistas Krones.

3.4.2.1. Actividades por realizar durante producción

Estas actividades se pueden realizar durante periodos productivos y es responsabilidad del gestor del programa de mantenimiento preventivo, programar paros de la mano del departamento de producción, para cumplir con las comprobaciones requeridas por el programa, sin embargo, es posible cambiar la frecuencia de estas actividades dependiendo el rendimiento del equipo, de los criterios de comprobación y de la información histórica pertinente que de pauta a una ampliación o reducción de la frecuencia de estas actividades.

3.4.2.1.1. Actividades de mantenimiento diarias

Las actividades de mantenimiento preventivo a realizar durante periodos de producción y con frecuencia diaria son:

- Toberas de limpieza

Figura 29. Estrella de transferencia-boquillas



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se debe realizar en intervalos de 8 horas de servicio o por lo menos una vez al día.

Tabla XX. **Comprobación de toberas**

Componente	Boquillas
Ubicación	Estrella de transferencia
Criterios de comprobación	Interrupción del funcionamiento.
Trabajo	Comprobar las boquillas

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Las boquillas no deben presentar daños.
 - Las boquillas no deben estar obstruidas ni presentar incrustaciones de cal.
 - Comprobar el patrón de rociado de las boquillas.
 - Comprobar la posición de las boquillas rociadoras.

- Procedimiento:
 - Efectuar una inspección visual durante la producción
 - Comprobar si las boquillas se encuentran deterioradas
 - Si las boquillas se encuentran deterioradas:
 - ✓ Interrumpir el suministro de energía eléctrica y la alimentación de fluidos de la máquina.
 - ✓ Sustituir las boquillas.

 - En caso de que las boquillas estén obstruidas o presenten incrustaciones de cal:
 - ✓ Desmontar las boquillas.
 - ✓ Limpiar las boquillas.

- ✓ Desinfectar las boquillas con un desinfectante a base de alcohol.
- ✓ Volver a montar las boquillas.
- Restablecer el suministro de energía y de fluidos de la máquina.
- Repetir el proceso para comprobar todas las boquillas
- Fin de actividad: la comprobación de las boquillas ha finalizado.

3.4.2.1.2. Actividades de mantenimiento mensuales

Las actividades de mantenimiento preventivo a realizar durante periodos de producción y con frecuencia mensual son:

- Piezas de formatos

Figura 30. **Ejemplo de piezas de formato**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se realizan en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXI. **Comprobación de la entrega de los envases**

Componente	Piezas de formato
Ubicación	En todo el componente
Criterios de comprobación	Ajuste
Trabajos	Comprobar la transferencia de envases

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - La entrega debe realizarse sin golpes en todos los puntos de transferencia.

- Procedimiento:
 - Observar durante la producción la entrega de los envases desde una pieza de formato hasta la siguiente.
 - Si la transferencia de los envases se realiza con sacudidas o tirones:
 - Solicitar de nuevo el ajuste de las estrellas de transferencia.
 - Repetir de nuevo el ajuste de las estrellas de transferencia.

- Fin de actividad: la comprobación de la transferencia de los envases ha finalizado.

3.4.2.2. Actividades por realizar sin interrupción de energías

Al igual que en las actividades de lubricación, se han segmentado un grupo de actividades de mantenimiento del programa que pueden realizarse sin interrupción de las fuentes de energía de la taponadora, pero si, fuera de periodos productivos ya que, como condición para realizar estas actividades, la máquina debe estar completamente detenida y en modo ajuste.

3.4.2.2.1. Actividades de mantenimiento semanal

Las actividades a continuación descritas, se pueden realizar sin interrupción de las energías implícitas y deberán tener una frecuencia de realización semanal, estas actividades son:

- Estaciones de taponado

Figura 31. Estación de cabezal taponador



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: comprobación de los cabezales taponadores y de los anillos de apoyo se deben realizar en intervalos de 120 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrida una semana.

Tabla XXII. **Comprobación de estaciones de taponado**

Componente	Estacones de taponado
Ubicación	Cabezal de la taponadora
Criterios de comprobación	Deterioro, integridad
Trabajos	Comprobar los conos, juntas tóricas, bolas y anillos de apoyo.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Los conos, las juntas tóricas y las bolas de los cabezales taponadores no deben faltar ni estar dañados.
 - Los anillos de apoyo no deben encontrarse deteriorados.

- Procedimiento:
 - Comprobar si están dañados los conos, las juntas tóricas o las bolas.
 - En caso de que algún cono, junta tórica o bola se encuentre deteriorado:
 - ✓ Personal especializado y debidamente cualificado deberá sustituir las piezas afectadas.

- En caso de que falte algún cono, junta tórica o bola:
 - Personal especializado y debidamente cualificado deberá sustituir las piezas afectadas.
 - Hacer avanzar la máquina paso a paso hasta que sea posible acceder a los restantes cabezales taponadores.

- Repetir el mismo proceso para comprobar las demás estaciones de taponado.
- Comprobar si las pequeñas púas se encuentran deterioradas.
- Si las púas se encuentran deterioradas:
 - Sustituir el anillo de apoyo.
- Hacer avanzar la máquina con marcha paso a paso hasta que sea posible acceder a los restantes anillos de apoyo.
- Repetir el proceso para comprobar todos los anillos de apoyo.
- Fin de actividad: La comprobación de las estaciones de taponado está completada.

3.4.2.2.2. Actividades de mantenimiento mensuales

Las actividades de mantenimiento preventivo a realizar sin interrupción de energías y con frecuencia mensual son:

- Cabezal de la taponadora

Figura 32. **Cabezal Principal de taponadora**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

Tabla XXIII. **Elementos de cabezal**

No.	Elemento
1	Rodillos de apoyo
2	Pernos y casquillos
3	Leva elevadora

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: la comprobación de los rodillos de apoyo, leva elevadora, los pernos y los casquillos se deben realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXIV. **Comprobación de cabezal de taponadora**

Componente	Rodillos de apoyo, leva elevadora, pernos y casquillos
Ubicación	Cabezal de la taponadora
Criterios de comprobación	Deterioro
Trabajos	Comprobar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Los rodillos de apoyo no deben encontrarse deteriorados.
 - La superficie de rodadura superior e inferior de la leva elevadora no debe encontrarse dañada.
 - Los pernos y los casquillos no deben encontrarse deteriorados.

- Procedimiento:
 - Quitar el resguardo.
 - Comprobar si están dañados los rodillos de apoyo, los pernos o los casquillos.
 - En caso de que haya rodillos de apoyo, pernos o casquillos dañados:
 - ✓ Personal especializado y debidamente cualificado deberá reparar o sustituir las piezas afectadas.

- Hacer avanzar la máquina paso a paso, hasta que sea posible acceder a los restantes rodillos de apoyo, pernos y casquillos.

- Repetir el mismo proceso para comprobar todos los rodillos de apoyo, pernos y casquillos.
 - Comprobar si se encuentra deteriorada la superficie de rodadura superior e inferior de la leva de ejecución.
 - En caso de que se encuentre deteriorada la superficie de rodadura superior o inferior:
 - Personal especializado y debidamente cualificado deberá reparar o sustituir la leva elevadora.
 - Volver a montar el resguardo.
 - Fin de actividad: Los componentes del cabezal están comprobados.
- Piezas de cambio de formato.

Figura 33. **Estrella de descenso y curvas y guías**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: Estas se realizan en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXV. **Comprobación de las piezas de cambio de formato**

Componente	Piezas de formato
Ubicación	En todo el componente
Criterios de comprobación	Deterioro, sujeción y grado de suciedad
Trabajos	Comprobar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Las piezas de formato tienen que estar bien apretadas.
 - Las piezas de formato no deben presentar deterioros.
 - Las piezas de formato no deben estar sucias.
- Procedimiento:
 - Comprobar si las piezas de formato están bien apretadas.
 - En caso de que haya piezas que no estén bien apretadas:
 - ✓ Apretar las piezas de formato afectadas.
- Comprobar si las piezas de formato están deterioradas.
- Si las piezas de formato están deterioradas:
 - Personal especializado y debidamente cualificado deberá reparar o sustituir las piezas afectadas.
- Comprobar si los perfiles de desgaste están extremadamente gastados.

- En caso de que los perfiles de desgaste estén extremadamente gastados:
 - Aflojar la unión roscada y desmontar el perfil que se encuentre gastado.
 - Colocar un nuevo perfil sobre el soporte y volver a apretar la unión roscada.

- Comprobar si las entradas de las estrellas se corresponden con la forma del envase.
- Si los senos de las estrellas no se corresponden con la forma de los envases:
 - Reemplazar las estrellas

- Comprobar si las piezas de formato están sucias.
- En caso de que las piezas de formato estén sucias:
 - Limpiar las piezas de formato

- Repetir el proceso para comprobar todas las piezas de formato.
- Fin de actividad: ha finalizado la comprobación de las piezas de formato.

- Estrella de transferencia.

Figura 34. **Pinzas de sujeción**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: las comprobaciones de las pinzas de sujeción de envases por el cuello se realizan en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXVI. **Comprobación de estrella de transferencia**

Componente	Pinzas de sujeción de envases
Ubicación	Estrella de transferencia
Criterios de comprobación	Fijación, deterioro y funcionamiento
Trabajo	Comprobar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Las pinzas de sujeción de envases por el cuello deben poder abrirse y cerrarse con facilidad.
 - Los resortes o los imanes tienen que abrir las pinzas de sujeción de manera fiable.
 - Las pinzas de sujeción de envases por el cuello tienen que cerrar bien y de manera fiable.
 - Las pinzas de sujeción de envases por el cuello deben estar bien fijadas a la estrella de transferencia.
 - La estrella de transferencia no debe estar dañada.
 - El balancín de la unidad de control no debe estar deteriorado ni presentar dificultad en los movimientos.
 - Comprobar si las pinzas de sujeción de envases por el cuello se abren y cierran haciendo girar su eje de rotación.
 - Si los ejes de rotación están dañados o no se pueden girar fácilmente:
 - ✓ Sustituir las piezas deterioradas.

- Procedimiento:
 - Comprobar si las pinzas de sujeción de envases por el cuello se encuentran dañadas, si se cierran de manera fiable o si los resortes abren correctamente las pinzas.
 - En caso de que las pinzas de sujeción de envases por el cuello se encuentren dañadas, no cierran bien o los resortes no abran correctamente las pinzas:
 - ✓ Aflojar los tornillos de la placa portante.
 - ✓ Retirar la pinza de sujeción de envases por el cuello que esté dañada.

- ✓ Fijar la nueva pinza de sujeción de envases por el cuello y la placa portante a la porta pinzas.
- Comprobar si están bien apretados los tornillos de las estrellas de transferencia, de la porta pinzas, de las pinzas mismas y de las placas portantes.
- En caso de que las uniones roscadas estén demasiado flojas.
 - Apretar los tornillos
- Hacer avanzar la máquina con marcha paso a paso hasta que sea posible acceder a las demás pinzas de sujeción de envases por el cuello.
- Repetir el mismo proceso para comprobar las demás pinzas de sujeción de envases por el cuello.
- Despresurizar la unidad de control.
- Comprobar si el balancín de la unidad de control se puede mover manualmente.
- En caso de que el balancín no se mueva, se mueva con dificultad o esté dañado:
 - Personal especializado y debidamente cualificado deberá reparar o sustituir la unidad de control.
- Presurizar nuevamente la unidad de control.
- Fin de actividad: Se ha comprobado la unidad de control.

3.4.2.3. Actividades por realizar con energías interrumpidas

El siguiente grupo de actividades diseñadas para el programa de mantenimiento preventivo, se han segmentado en el grupo de actividades que requieren la interrupción de las energías implícitas en la operación de la taponadora, así también requieren el bloqueo del suministro de estas energías a través del sistema de bloqueo y etiquetado LOTO.

3.4.2.3.1. Actividades previas a producción

Las actividades de mantenimiento preventivo a realizar con interrupción de energías, con bloqueo LOTO y previamente a iniciar producción son:

- Alimentador de tapones

Figura 35. **Alimentador de tapones**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

Tabla XXVII. **Elementos del alimentador de tapones**

No.	Elemento
1	Canaleta de tapones
2	Unidad de transferencia de tapones

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: la comprobación de la canaleta de tapones y de la unidad de transferencia de tapones se realiza antes del comienzo de la producción.

Tabla XXVIII. **Comprobación de alimentador de tapones**

Componente	Canaleta de tapones, unidad de transferencia de tapones
Ubicación	Alimentador de tapones
Criterios de componentes	Deterioro, nivel de suciedad
Trabajos	Comprobar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - El alimentador de tapones no debe presentar daños.
 - El alimentador de tapones no debe estar sucio.
- Procedimiento:
 - Desconectar las mangueras neumáticas del alimentador de tapones.
 - Comprobar si el alimentador de tapones presenta daños.

- En caso de que el alimentador de tapones presente daños:
 - ✓ Personal especializado y debidamente cualificado deberá reparar el alimentador de tapones.
- Comprobar el grado de suciedad del alimentador de tapones.
- En caso de que el alimentador de tapones esté sucio:
 - Limpiar el alimentador de tapones.
- Fin de actividad: el alimentador de tapones está comprobado.

3.4.2.3.2. Actividades de mantenimiento mensual

Las actividades de mantenimiento preventivo a realizar con interrupción de energías, con bloqueo LOTO y con frecuencia mensual son:

- Sistema de lubricación

Figura 36. **Sistema de lubricación**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se debe realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXIX. **Comprobación del sistema de lubricación central**

Componente	Sistema de lubricación central
Ubicación	Cabezal de la taponadora
Criterios de comprobación	Estanqueidad
Trabajos	Comprobar las conexiones y las tuberías

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Las tuberías no deben estar obstruidas.
 - Las conexiones y los conductos tienen que estar estancos.
 - El ciclo de lubricación debe desarrollarse sin incidentes hasta el final.

- Procedimiento:
 - Para la variante sin sistema automático la comprobación debe realizarse durante el funcionamiento del sistema de lubricación.
 - Comprobar si durante la lubricación sale lubricante a través del extremo del conducto de lubricación o a través de los puntos de lubricación.
 - Si no sale lubricante por estos puntos:
 - ✓ Personal especializado y debidamente cualificado deberá eliminar la causa de las obturaciones.

- Comprobar si hay fugas de lubricante a través de las conexiones o en los conductos.
- Si hay fuga de lubricante:
 - Personal especializado y debidamente cualificado deberá eliminar las fugas.

- Para el sistema automático de lubricación comprobar si el ciclo de lubricación se desarrolla sin incidentes hasta el final.
- Si durante el ciclo de lubricación se visualizan incidentes en la pantalla táctil:
 - Personal especializado y debidamente cualificado deberá eliminar la causa del incidente.

- Fin de actividad: el sistema de lubricación central está comprobado.
- Sistema de lubricación central con servomotor.

Figura 37. **Sistema de lubricación**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se realiza en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXX. **Comprobación el sistema de lubricación central**

Componente	Sistema de lubricación central
Ubicación	Cabezal de la taponadora
Criterios de comprobación	Estanqueidad
Trabajos	Comprobar las conexiones y las tuberías.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Las tuberías no deben estar obstruidas.
 - Todos los puntos de conexión y tuberías deben estar conectados.

- Procedimiento:
 - Comprobar si durante la lubricación sale lubricante a través del extremo del conducto de lubricación o a través de los puntos de lubricación.
 - Si no sale lubricante por estos puntos:
 - ✓ Personal especializado y debidamente cualificado deberá eliminar la causa de las obturaciones.

- Comprobar si hay fugas de lubricante a través de las conexiones o en los conductos.
- Si hay fuga de lubricante:
 - Personal especializado y debidamente cualificado deberá eliminar las fugas.

- Fin de actividad: el sistema de lubricación central está comprobado.

- Ruedas dentadas para la variante con motor reductor.
 - Frecuencia: se debe realizar con intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXXI. **Comprobación de las ruedas dentadas**

Componente	Ruedas dentadas
Ubicación	En todo el componente
Criterios de comprobación	Deterioro
Trabajos	Comprobar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Las ruedas dentadas no deben estar deterioradas.
- Procedimiento:
 - Comprobar si las ruedas dentadas están dañadas.
 - Si las ruedas dentadas están dañadas:
 - ✓ Las ruedas dentadas deberán ser sustituidas por personal especializado debidamente cualificado.
- Fin de actividad: se han comprobado las ruedas dentadas.
- Motores reductores de variante con engranajes

Tabla XXXII. **Elementos de motor reductor**

No.	Elementos
1	Tornillo de purga
2	Tornillo/ Orificio de control
3	Tornillo del orificio de llenado

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: se debe realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXXIII. **Comprobación de motores reductores**

Componente	Reductor del accionamiento principal
Ubicación	Parte interior de la taponadora
Criterios de comprobación	Nivel de llenado, estanqueidad
Trabajos	Comprobar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - El lubricante debe verse en el borde inferior del orificio de control.
 - El reductor principal tiene que ser estanco.
- Procedimiento:
 - Desenroscar el tornillo de control.
 - Comprobar el nivel de llenado.
 - Si hay escaso lubricante en el reductor:
 - Personal especializado y debidamente cualificado deberá descubrir el motivo de la pérdida de lubricante.
 - Añadir lubricante hasta que este salga por el orificio de control.
 - Enroscar de nuevo el tornillo de control.
 - Comprobar si existen fugas de lubricante en el reductor.

- Si hay fuga de lubricante:
 - Personal especializado y debidamente cualificado deberá reparar o sustituir el reductor afectado.
- Fin de actividad: el nivel de llenado y la estanqueidad del motor reductor principal están comprobados.
- Sensores ultrasónicos

Figura 38. **Posición de sensores ultrasónicos**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se realiza en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXXIV. **Comprobación de los sensores ultrasónicos**

Componente	Barrera por ultrasonido
Ubicación	Estrella de transferencia
Criterios de comprobación	Deterioro, funcionamiento y grado de suciedad
Trabajos	Comprobar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - La barrera por ultrasonido no debe estar deteriorada ni sucia.
 - La barrera por ultrasonido deberá estar ajustada correctamente a los envases.

- Procedimiento:
 - Comprobar si la barrera por ultrasonido se encuentra dañada.
 - En caso de que la barrera por ultrasonido se encuentre dañada:
 - ✓ Personal especializado y debidamente cualificado deberá reparar o sustituir la barrera por ultrasonido.

- En caso de que la barrera por ultrasonido no esté ajustada correctamente:
 - Solicitar que se efectúe un correcto ajuste de la barrera por ultrasonido.

- Comprobar si la barrera por ultrasonido está sucia.

- En caso de que la barrera por ultrasonido se encuentre sucia:
 - Limpiar la barrera por ultrasonido.
 - Fin de actividad: los sensores ultrasónicos han sido comprobados.
- Unidad de ionización (equipamiento opcional)

Tabla XXXV. **Unidad de ionización**

No.	Elementos
1	Boquillas ionizadoras
2	Manetas giratorias

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: se debe realizar en intervalo de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXXVI. **Comprobación de la unidad de ionización**

Componente	Unidad de ionización
Ubicación	Alimentador de tapones
Criterios de comprobación	Deterioro, nivel de suciedad
Trabajos	Comprobar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Las boquillas ionizadoras no deben presentar daños.
 - La unidad de ionización no debe estar sucia.

 - Procedimiento:
 - Aflojar las palancas giratorias de la carcasa.
 - Apartar la carcasa hacia un lado.
 - Comprobar si las boquillas ionizadoras se encuentran deterioradas.
 - En caso de que haya boquillas ionizadoras deterioradas:
 - ✓ Las boquillas ionizadoras deberán ser sustituidas por personal especializado debidamente cualificado.

 - Comprobar si la distancia entre las boquillas ionizadoras y los componentes metálicos es como mínimo de 40 mm.
 - En caso de que la distancia sea inferior a 40 mm:
 - Ajustar las boquillas ionizadoras correctamente.

 - Comprobar si la unidad de ionización se encuentra sucia.
 - En caso de que la unidad de ionización se encuentre sucia:
 - Limpiar la unidad de ionización

 - Fin de actividad: la comprobación de la unidad de ionización ha finalizado.
- Emisor UV (equipamiento opcional).

Tabla XXXVII. **Elementos del emisor UV**

No.	Elemento
1	Filtro
2	Tornillos

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: se debe realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XXXVIII. **Comprobación el emisor UV**

Componente	Emisor de ultravioletas
Ubicación	Alimentador de tapones
Criterio de componentes	Deterioro, nivel de suciedad
Trabajos	Comprobar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Las placas reflectoras no deben encontrarse deterioradas ni sucias.
 - El emisor UV no debe estar dañado.
 - El filtro no debe estar deteriorado ni sucio.
 - El vidrio protector no debe estar deteriorado ni sucio.

- Procedimiento:
 - Comprobar si las placas reflectoras están dañadas o sucias.
 - En caso de que las placas reflectoras estén deterioradas o sucias:
 - ✓ Personal especializado y debidamente cualificado deberá reparar o sustituir las placas reflectoras.

- Comprobar si el emisor UV está deteriorado.
- En caso de que el emisor UV esté deteriorado:
 - Aflojar los tornillos de la carcasa.
 - Apartar la carcasa hacia un lado.
 - Soltar los tornillos de la cubierta del emisor UV.
 - Retirar la cubierta.
 - Soltar los tornillos y los cables del emisor UV.
 - Liberar el emisor UV de las pinzas de agarre tirando de él.
 - Insertar un nuevo emisor UV dentro de las pinzas de agarre.
 - Apretar el tornillo y volver a conectar los cables del emisor UV.
 - Colocar de nuevo la cubierta y atornillarla.
 - Volver a conectar los cables del ventilador.
 - Cerrar nuevamente la carcasa y apretar los tornillos.

- Comprobar si el filtro se encuentra dañado o sucio.
- Si el filtro se encuentra deteriorado o sucio:
 - Limpiar o reemplazar el filtro

- Comprobar si el vidrio protector del emisor UV está sucio o deteriorado.
- Si el vidrio protector del emisor UV está sucio o deteriorado:

- Limpiar o reemplazar el vidrio protector del emisor UV
 - Fin de actividad: el emisor UV está comprobado.
- Engrasadores de leva

Figura 39. **Engrasadores**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

Tabla XXXIX. **Elementos del engrasador**

No.	Elemento	No.	Elemento
1	Engrasador	3	Fecha de montaje
2	Indicador del nivel de lubricante	4	Fecha de sustitución

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: se debe realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XL. **Comprobación de engrasadores**

Componente	Engrasador
Ubicación	Cabezal de la taponadora
Criterio de comprobación	Nivel de lubricante, duración del lubricante restante
Trabajos	Comprobar el engrasador

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - El engrasador debe estar debidamente instalado.
- Procedimiento:
 - Comprobar el nivel de llenado del engrasador.
 - Calcular el tiempo restante de lubricación.
 - ✓ Para ello observe las fechas de montaje y de sustitución del engrasador.
- En caso de que el nivel de llenado haya llegado al nivel mínimo de la mirilla o en caso de que no se pueda garantizar una lubricación adecuada hasta la próxima inspección a realizar:
 - Reemplazar el engrasador
- Comprobar todos los engrasadores presentes en la máquina.
- Fin de actividad: los engrasadores han sido comprobados.

3.4.2.3.3. **Mantenimiento a servomotores**

Debido a la cantidad de servomotores en las taponadoras actuales y a los diferentes tipos de proveedores de estos equipos, es necesario incluir en este programa de mantenimiento preventivo, esta sección dependiente a las actividades a realizar con bloqueo LOTO e interrupción de energías.

- Servomotores

Figura 40. **Ubicación de servomotor del rodamiento principal**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

Figura 41. **Servomotor de estrellas de transferencia**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

Figura 42. **Servomotor de cabezal**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: según lo indique el proveedor del servomotor a trabajar.

Tabla XLI. **Comprobación de los servomotores**

Componente	Servomotores
Ubicación	En toda la taponadora
Criterios de comprobación	Condiciones extrañas
Trabajos	Según el proveedor.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Servomotor funcional instalado en alguno de los grupos constructivos de la taponadora.
 - Determinar la marca de servomotores instalados y el procedimiento de mantenimiento, de no ser libres de mantenimiento.
- Procedimiento:
 - Según lo indique el fabricante del servomotor.
 - Si el servomotor es libre de mantenimiento, cambiarlo por uno nuevo.
- Fin de actividad: los servomotores han sido comprobados o reemplazados.

3.4.2.3.4. Sustitución de componentes de seguridad

Debido a los requerimientos de seguridad mínimos para la operación de las taponadoras, esta sección define la actividad del programa para la ejecución de estas tareas, con requerimiento único, la realización con bloqueo LOTO e interrupción de energías.

Figura 43. Taponadora para botellas PET marca Krones



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: estos dispositivos deben ser sustituidos cuando el anillo de seguridad falla.

Tabla XLII. **Comprobación de componentes de seguridad**

Componente	Componentes de seguridad
Ubicación	En toda la máquina
Criterios de comprobación	Componente en mal estado y falla de anillo de seguridad
Trabajos	Sustituir los componentes de seguridad

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Criterios de mantenimiento:
 - Sistema de seguridad instalado, pero con falla de confirmación en el anillo de seguridad.

- Procedimiento:
 - Si la pantalla de la máquina indica falla de confirmación en el anillo de seguridad del resguardo de la máquina.
 - Con personal especializado, identifica el o los dispositivos afectados.
 - Comprobar si el daño no es reparable en el dispositivo:
 - Realizar bajo la inspección de personal de Kronos el cambio del dispositivo.
 - Fin de actividad: los sistemas de seguridad han sido reemplazados y comprobados.

3.4.2.4. Actividades por realizar por especialistas Krones

Se debe realizar por parte de especialistas Krones, en intervalos de 6 000 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un año, una inspección general de las condiciones de la taponadora. Con base en los resultados de la inspección se deben programar las actividades de mantenimiento mayor recomendadas por Krones y las cuales deben ser supervisadas por personal especializado. En este contexto, también es posible cambiar la grasa y el aceite general. El resultado es una máquina que se caracteriza por su larga vida útil y productividad.

En el marco de una inspección general se realizan las siguientes comprobaciones y trabajos:

- Comprobar los componentes internos de los grupos constructivos de la taponadora, y, si fuese necesario, sustituirlos.

3.4.3. Cartillas para la ejecución de mantenimiento

A continuación, el modelo de cartilla para la ejecución y control de las actividades de mantenimiento presentadas en este programa de mantenimiento.

Tabla XLIII. **Guías para la ejecución de las actividades de mantenimiento**

Actividad	Frecuencia	Especialista Krones	Durante producción		Sin energías interrumpidas		Con energías interrumpidas		
		Anual	Diaria	Mensual	Semanal	Mensual	Diario	Mensual	Según lo requerido
Inspección general de taponadora		X							
Toberas de limpieza			X						
Piezas de formato				X		X			
Estaciones de taponado					X				
Cabezal de taponadora						X			
Estrellas de transferencia						X			
Alimentador de taponos							X		
Sistema de lubricación								X	
Sistema de lubricación con servomotor								X	
Ruedas dentadas (Variante caja reductora)								X	
Motores reductores (Variante con engranes)								X	
Sensores ultrasónicos								X	
Unidad de ionización (Equipo opcional)								X	
Emisor UV (Equipo opcional)								X	
Engrasador de leva								X	
Mantenimiento a Servomotores									X
Componentes de seguridad									X

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

3.5. Limpieza del equipo

Las actividades de limpieza tienen como objetivo principal mantener ambientes de operación inocuos, libres de residuos de producción y de partículas extrañas que afecten el funcionamiento del equipo, las actividades de limpieza para este programa de mantenimiento preventivo serán divididas en: actividades a realizar sin interrupción de energías y actividades a realizar con interrupción de energías, adicionalmente, el encargado del programa de

mantenimiento deberá asegurar el suministro de los utensilios de limpieza, alcohol, detergentes neutros y desinfectantes recomendados por Kronos.

3.5.1. Actividades por realizar sin interrupción de energías

Estas actividades de limpieza pertenecientes al programa de mantenimiento preventivo podrán ser realizadas sin interrupción de energías, sin embargo, la taponadora deberá estar en modo ajustes como único requisito previo a la ejecución de alguna de estas tareas, asimismo, estas tareas serán clasificadas en actividades a realizar diaria y mensualmente.

3.5.1.1. Actividades de limpieza diaria

Las actividades deberán realizarse por lo menos una vez al día o cuando resulte necesario según las necesidades del equipo y el personal operativo, esta limpieza se puede realizar sin interrupción de energías, pero con la taponadora en modo ajuste, las actividades de frecuencia diaria son:

- Eliminar los residuos generados durante la producción.

Figura 44. Ejemplo de limpieza previa



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se realizan a diario o cuando resulte necesario.

Tabla XLIV. Eliminar los residuos generados durante la producción

Componente	Dentro y debajo del resguardo
Ubicación	En todo el componente.
Utensilios	Escoba.
Trabajo	Eliminar los residuos generados durante la producción.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de limpieza:
 - Eliminar a mano los residuos generados durante la producción (envases, tapones, entre otros.) dentro de la máquina.
 - Eliminar los residuos generados durante la producción debajo de la máquina con una escoba.
- Fin de la actividad: los residuos generados durante la producción han sido eliminados.
- Limpieza externa del componente.

Figura 45. Limpieza externa



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se realizará a diario o cuando resulte necesario

Tabla XLV. **Limpieza externa del componte**

Componente	Parte externa de la máquina y superficies externas de la taponadora, como mesa, ejes y cabezal.
Ubicación	En todo el componente
Utensilios	Lanza dispensadora de espuma, manguera de agua, detergentes y desinfectantes
Trabajos	Limpiar el exterior

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de limpieza:
 - Aplicar espuma de limpieza en el exterior del componente por medio de una lanza dispensadora de espuma.
 - Enjuagar los restos de detergente con una manguera y agua.
- Fin de actividad: el exterior del componente está limpio.
- Limpiar y desinfectar las piezas de cambio de formato.

Figura 46. **Pieza de cambio de formato, estrellas de transferencia**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

Figura 47. **Pieza de cambio de formato, curvas y guías**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se debe realizar a diario o cuando resulte necesario.

Tabla XLVI. **Limpiar y desinfectar las piezas de cambio de formato**

Componente	Piezas de formato
Ubicación	Mesa de la máquina, carro de piezas de formato
Utensilios	Cepillo, esponja, paño, agua, espuma limpiadora alcalina, desinfectante, baño de esterilizador
Trabajos	Limpiar y desinfectar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de limpieza con las piezas montadas en la taponadora:
 - Aplicar espuma alcalina sobre todas las superficies posibles.
 - Dejar actuar el detergente durante 10 minutos.
 - Frotar todas las superficies con un cepillo, pasar un paño o una esponja y, a continuación, enjuagar con agua.
 - En caso de que las piezas de cambio de formato no queden suficientemente limpias:
 - ✓ Repetir la limpieza hasta que las piezas de formato queden completamente limpias.
- Repetir el procedimiento en todas las piezas de cambio de formato.
- Procedimiento de limpieza y desinfección con las piezas desmontadas:
 - Desmontar las piezas de formato.
 - Si es preciso, hacer avanzar la máquina con marcha paso a paso.

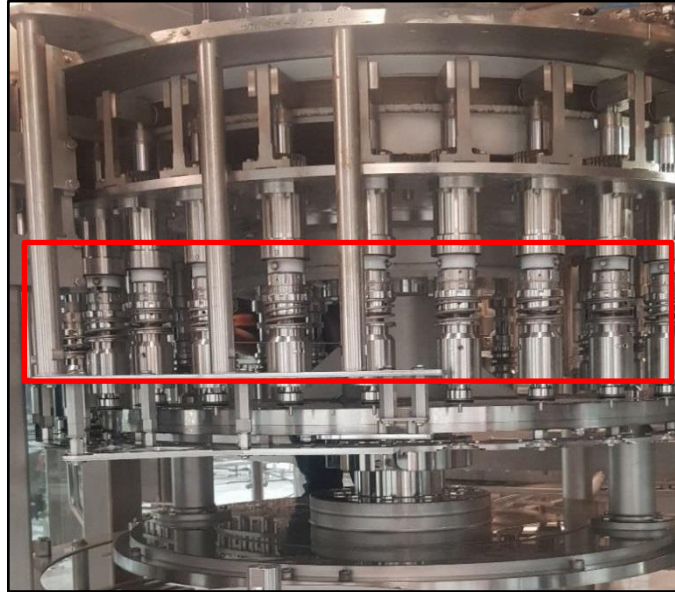
- Depositar las piezas de formato sobre una superficie limpia
 - Aplicar espuma alcalina sobre todas las superficies y puntos de unión.
 - Dejar actuar el detergente durante 10 minutos.
 - Frotar todas las superficies con un cepillo, pasar un paño o una esponja y, a continuación, enjuagar con agua.
 - En caso de que las piezas de cambio de formato no queden suficientemente limpias:
 - ✓ Repetir la limpieza hasta que las piezas de formato queden completamente limpias.
- Desinfectar las piezas de formato limpias con un desinfectante y almacenarlas en un lugar seco y sin polvo hasta su nuevo montaje.
 - Desinfectar las piezas de formato antes de su montaje dentro de un baño de esterilización.
 - Fin de la actividad: Las piezas de formato desmontadas están lavadas y desinfectadas.

3.5.1.2. Actividades de limpieza mensual

Estas actividades deberán realizarse por lo menos una vez al mes o cuando sea requerido por el personal operativo y de producción, esta limpieza se puede realizar sin interrupción de energías, pero con la taponadora en modo ajuste, las actividades de frecuencia mensual son:

- Limpieza de los cabezales taponadores.

Figura 48. **Cabezales taponadores**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se debe realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XLVII. **Limpieza de los cabezales taponadores**

Componente	Cabezales taponadores
Ubicación	Cabezal de la máquina
Utensilios	Paño, Pincel, agua, espuma limpiadora alcalina
Trabajos	Limpiar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de limpieza:
 - Aplicar espuma limpiadora alcalina sobre todas las superficies.
 - Dejar actuar el detergente durante 10 minutos.
 - Pasar un paño sobre todas las superficies y limpiar con un pincel.
 - Enjuagar con agua todos los residuos de detergente.
 - Hacer avanzar la máquina con marcha paso a paso hasta que sea posible acceder a los restantes cabezales taponadores.
 - Repetir el proceso para limpiar todos los cabezales taponadores.

- Fin de la actividad: los cabezales taponadores, del cabezal de la máquina están limpios.

3.5.2. Actividades por realizar con energías interrumpidas

Estas actividades del programa podrán ser realizadas, únicamente si son interrumpidas las energías, implícitas en la operación de la taponadora, como; energía eléctrica, agua de producción, aire de alta y baja presión, el suministro de estas energías deberá estar bloqueado mediante el sistema de LOTO.

3.5.2.1. Actividades de limpieza mensual

Estas actividades se realizarán por lo menos una vez al mes o cuando sea requerido por el de producción y deberán ser interrumpidas las fuentes energéticas con bloqueo LOTO, las actividades de limpieza mensual son:

- Alimentador de tapones

Figura 49. **Alimentador de tapones**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

Tabla XLVIII. **Elementos del alimentador de tapones**

No.	Elemento
1	Canaleta de tapones
2	Unidad de transferencia de tapones

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: Limpieza de la canaleta de tapones y de la unidad de transferencia de tapones se realiza en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla XLIX. **Alimentador de tapones**

Componente	Canaleta, unidad de transferencia de tapones
Ubicación	Alimentador de tapones
Utensilios	Cepillo, esponja, detergente neutro
Trabajos	Limpiar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de limpieza:
 - Aplicar detergente neutro espumante con una esponja sobre la canaleta y la unidad de transferencia de tapones.
 - Dejar actuar el detergente durante 10 minutos.
 - Frotar todas las superficies con un cepillo y terminar de limpiar con una esponja.
 - Limpiar los restos de detergente neutro.
 - Enjuagar el alimentador de tapones con agua.

- Fin de actividad: la limpieza del alimentador de tapones ha finalizado.

- Leva de ejecución.

Figura 50. **Pista de rodadura de la leva elevadora**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: la limpieza de la pista de rodadura se realizará en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

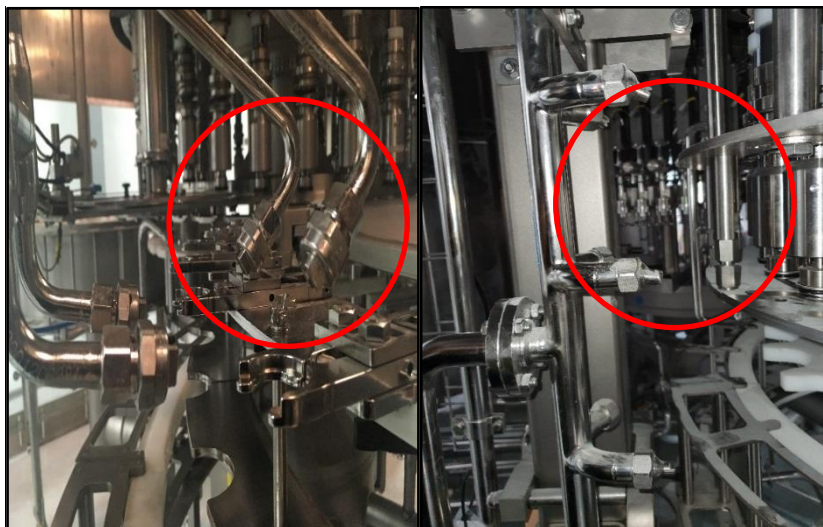
Tabla L. **Leva elevadora**

Componente	Pista de rodadura de leva elevadora
Ubicación	Cabezal de la taponadora
Utensilios	Paño y detergente neutro
Trabajos	Limpiar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de limpieza:
 - Quitar el resguardo.
 - Eliminar el lubricante acumulado y la suciedad con un paño y detergente neutro.
 - Una vez realizada la limpieza debe quedar una fina capa de lubricante sobre la pista de rodadura.
 - Si no se aprecia la capa de lubricante sobre la pista de rodadura:
 - ✓ Lubricar ligeramente la pista de rodadura.
 - Volver a montar el resguardo.
 - Fin de actividad: La limpieza de la pista de rodadura de la leva de ejecución ha finalizado.
- Limpiar las toberas.

Figura 51. **Boquillas**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se debe realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla LI. **Limpiar las toberas**

Componente	Boquillas
Ubicación	Estrella de transferencia y cabezal de máquina
Utensilios	Cepillo, esponja, paño, agua, espuma limpiadora alcalina
Trabajos	Limpiar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento:
 - Aplicar espuma limpiadora alcalina sobre todas las superficies.
 - Dejar actuar el detergente durante 10 minutos.
 - Frotar todas las superficies con un cepillo y terminar de limpiar con una esponja o un paño.
 - Enjuagar las boquillas con agua abundante.
- Fin de actividad: la limpieza de las boquillas ha finalizado.

- Sensores ultrasónicos.

Figura 52. **Sensores ultrasónicos**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se realizará en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla LII. **Limpeza de sensores por ultrasonido**

Componente	Sensores por ultrasonido
Ubicación	Estrella de transferencia
Utensilios	Cepillo, esponja, bayeta, agua, agua y jabón, detergente alcalino, alcohol.
Trabajos	Limpiar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de limpieza:
 - Limpiar el receptor y el emisor con agua y jabón y, a continuación, terminar de limpiar con un paño que no suelte pelusa y alcohol.
 - Limpiar toda la superficie de la barra de retención con detergente alcalino.
 - Dejar actuar el detergente durante 10 minutos.
 - Frotar todas las superficies con un cepillo y terminar de limpiar con una esponja, especialmente los puntos de conexión.
 - Enjuagar con agua la barra de retención.
- Fin de actividad: Los sensores ultrasónicos han sido limpiados
- Panel electroneumático

Figura 53. **Cuadro electroneumático**



Fuente: elaboración propia, línea 3 de gasificado, Bepensa Dominicana S.A.

- Frecuencia: se realizará en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla LIII. **Limpieza y desinfección del panel electroneumático**

Componente	Panel
Ubicación	Cabezal de la taponadora
Utensilios	Paño que no suelte pelusa, trapo, desinfectante a base de alcohol
Trabajo	Limpiar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de limpieza:
 - Retirar la grasa sobrante con un paño que no suelte pelusa.
 - Limpiar toda la superficie externa del cuadro electrónico con un paño y desinfectante la base con alcohol.
- Fin de actividad: el panel electrónico ha sido limpiado
- Motores y cajas reductoras.

Tabla LIV. **Reductor del accionamiento principal**

No.	Elemento
1	Reductor del accionamiento principal
2	Rodete del ventilador

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: la limpieza del ventilador para la variante con motor reductor se realizará en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla LV. **Motor reductor**

Componente	Rodete del ventilador
Ubicación	Reductor
Utensilios	Aire comprimido
Trabajos	Soplar el rodete del ventilador para limpiarlo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento:
 - Limpiar el rodete del ventilador con aire comprimido.
- Fin de actividad: las aspas del ventilador han sido limpiadas.
- Unidad de ionización (equipamiento principal).

Tabla LVI. **Elementos de la unidad de ionización**

No	Elemento
1	Carcasa
2	Boquillas ionizadoras
3	Palancas giratorias

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: se realizará en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla LVII. Limpieza de la unidad de ionización

Componente	Carcasa
Ubicación	Unidad de ionización
Utensilios	Paño que no suelte pelusa, detergente neutro
Trabajos	Limpiar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de limpieza:
 - Limpiar con detergente neutro la superficie externa de la carcasa.
 - Aflojar las palancas giratorias de la carcasa.
 - Apartar la puerta de la carcasa hacia un lado.
 - Limpiar las boquillas ionizadoras y el interior de la carcasa con un paño suave que no suelte pelusa.
 - Cerrar la puerta de la carcasa y apretar las palancas.
- Fin de actividad: La unidad de ionización está limpia.
- Emisor de UV (equipamiento opcional).

Tabla LVIII. Elementos del emisor UV

No.	Elementos
1	Filtro
2	Tornillos
3	Vidrio protector

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Frecuencia: la limpieza del filtro y del vidrio protector se deberá realizar en intervalos de 500 horas de servicio o a más tardar una vez transcurrido un mes.

Tabla LIX. **Emisor UV**

Componente	Filtro, vidrio protector
Ubicación	Emisor de ultravioletas
Utensilios	Detergente neutro
Trabajos	Limpiar

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

- Procedimiento de limpieza:
 - Aflojar el tornillo.
 - Retirar la carcasa del filtro hacia arriba.
 - Retirar el filtro y limpiarlo con un detergente neutro.
 - Volver a colocar el filtro.
 - Volver a montar la carcasa de filtro y apretar el tornillo.
 - Aflojar los tornillos de la carcasa.
 - Apartar la carcasa hacia un lado.
 - Limpiar el vidrio protector con detergente neutro.
 - Cerrar nuevamente la carcasa y apretar los tornillos.

- Fin de actividad: el emisor UV se ha limpiado.

4. COSTOS DE MANTENIMIENTO

4.1. Costos de mantenimiento

A todo desembolso que realiza la organización, destinado a la preservación de equipos productivos, se le llama costos de mantenimiento, estos pueden incluir: el costo de mantenimiento directo a los activos, costos de caída de productividad, costo de vida útil, costos de almacenamiento y costos de respaldo, entre otros.

En los inicios de la era moderna de la industrialización aún se tenía la mala práctica de asignar como tarea principal al encargado del mantenimiento, la responsabilidad de bajar los costos de mantenimiento al mínimo, obligándolo a limitar las actividades realizadas y que posteriormente se veían reflejadas en deterioros prematuros, reducción de vida útil y caída de productividad significantes. En la actualidad son menos las empresas que aun comparten dicha ideología y la industria moderna ha desarrollado para un mejor manejo del mantenimiento el control de costos.

El control de costos de mantenimiento es una función de la filosofía de mantenimiento, el patrón de operación, el tipo de sistema y los procedimientos y las normas adaptadas por la organización. Es un componente importante en el ciclo de vida de los equipos. El control de costos de mantenimiento optimiza todos los costos de mantenimiento, logrando al mismo tiempo los objetivos que se ha fijado la organización, como disponibilidad, “porcentaje de calidad” y otras medidas de eficiencia y eficacia.⁶

⁶ DUFFUAA, Salih. *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. p. 40.

El control y manejo de costos tiene obligatoriamente que ir de la mano en el desarrollo del plan de mantenimiento diseñado en este documento, para la máquina taponadora marca Krones. Y es fundamental para que el equipo alcance la ventaja competitiva que le permita suministrar aquello para lo que esta máquina ha sido diseñada. Además, un correcto manejo de los costos de mantenimiento permitirá actualizar el plan de mantenimiento, así como diseñar nuevos planes de mantenimiento según las necesidades que la taponadora requiera con el paso de los años.

A continuación, se presentan las estrategias y costos implícitos a nuestro programa de mantenimiento sugerido, tomando en cuenta que la versatilidad del programa de mantenimiento diseñado en este trabajo de graduación permitirá ser aplicado en cualquier organización, siempre y cuando cumpla con ser una empresa embotelladora de bebidas y contar con la taponadora de botellas PET marca Krones.

4.2. Estrategias de costeo

Existen dentro del control de costos, dos estrategias fundamentalmente necesarias que, al ser aplicadas durante la fase inicial, la fase de implementación y de verificación del programa de mantenimiento, permitirán la considerable reducción de costos de mantenimiento y de gastos innecesarios relacionados a actividades de mantenimiento.

4.2.1. Capacitación de personal

La capacitación del personal de mantenimiento es parte importante en el diseño del programa de mantenimiento, ya que es imperativo que todo el personal que tenga contacto con la taponadora Krones adquiera recursos tecnológicos y

habilidades que le permitan desarrollar todo el potencial, logrando a través de esto que con personal altamente capacitado se reduzcan los costos de mantenimiento desde los niveles más bajos de la organización, gestionando mejores estrategias que permitan la ejecución del plan de mantenimiento con altos grados de confiabilidad en todo el ciclo de mantenimiento.

Aunque parezca contradictorio es necesario invertir correctamente en un buen programa de capacitación enlazado directamente al programa de mantenimiento, para que posteriormente se reduzcan gastos en diversos rubros del gasto general de mantenimiento, la inversión asertiva en el programa de capacitación dependerá única y exclusivamente del nivel de destreza que se identifique en el personal a capacitar, donde de manera exponencial decreciente se reducirá el costo de la inversión por capacitación respecto a la necesidad de capacitaciones en el tiempo.

Son 4 los niveles de destreza que se necesitan identificar antes de implementar un programa de capacitación y que serán útiles para adaptar al programa de capacitación, estos son:

- La persona carece de conocimiento teórico y habilidad práctica.
- La persona está familiarizada con la teoría, pero carece de capacitación práctica.
- La persona posee experiencia práctica, pero carece de conceptos teóricos.
- La persona está familiarizada adecuadamente con los aspectos teóricos y tiene competencia práctica.

Un buen programa de capacitación deberá estar diseñado a la medida para adaptarse a diversos niveles de destrezas. Para que la capacitación sea eficaz, debe tenerse el debido cuidado en programar la capacitación apropiada en el momento adecuado.⁷

Nuevamente es necesario resaltar que la capacitación del personal de mantenimiento como estrategia de reducción de costos siempre tendrá un costo implícito que deberá ser considerado en el costo general de mantenimiento, por

⁷ DUFFUAA, Salih. *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. p. 329-330.

último, durante la etapa de verificación y seguimiento del plan de mantenimiento será necesario medir la destreza y el desarrollo del potencial de nuestro personal en todos los niveles de la organización donde exista contacto directo e indirecto con nuestra taponadora, esto quiere decir que, desde los operadores y técnicos hasta los jefes, gerentes y personal administrativo indirecto como compradores de repuestos, debe ser evaluado el nivel de destreza personal según su función en el programa de mantenimiento con la finalidad de generar un ciclo de aprendizaje continuo para el aseguramiento del cumplimiento y ejecución correcta del programa propuesto para la taponadora de botellas PET marca Krones.

4.2.2. Outsourcing

El outsourcing o subcontratación del mantenimiento como estrategia de reducción de costos es una de las prácticas más comunes en la era moderna de la industrialización y además funge como estrategia complementaria y no excluyente a la capacitación del personal, esto quiere decir que, no por subcontratar personal externo para actividades de mantenimiento, el personal interno deje de recibir capacitación o no la necesite.

La estrategia de reducción de costos a través del outsourcing fundamenta su éxito principalmente en la flexibilización de costos, convirtiendo costos fijos en costos variables, en la obtención de conocimiento y tecnología según la necesidad que requiera la empresa y finalmente permite diseñar economías de escala.

Aplicado directamente a nuestro programa de mantenimiento diseñado para la taponadora de botellas PET marca Krones, se recomienda el outsourcing únicamente bajo las siguientes dos opciones:

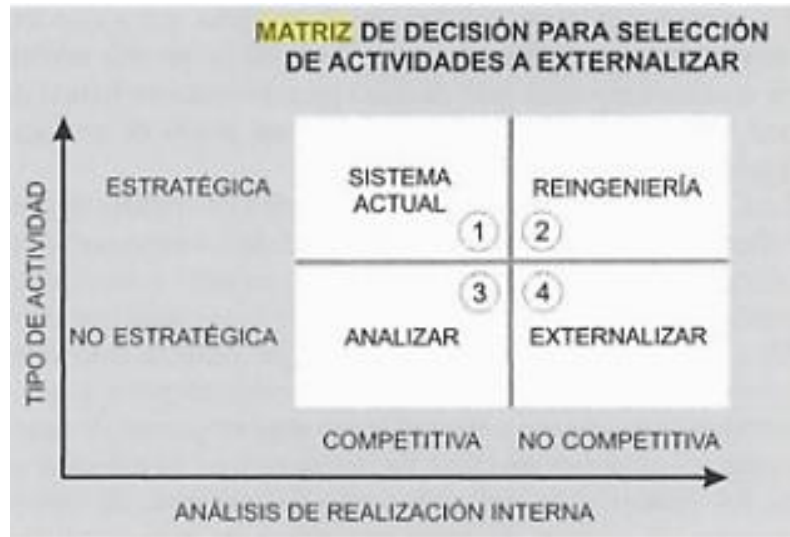
- Actividades sencillas pero masivas y considerables en costos.
- Actividades de mantenimiento muy complejas o especializadas.

Si bien el subcontratar las actividades de mantenimiento es una buena práctica estratégica de reducción de costos, es únicamente efectiva hasta el punto donde nuestro personal supera las capacidades del personal de empresas terceras, y es por esta razón que tanto la capacitación de personal como el *outsourcing* son estrategias complementarias, adicionalmente hay que tomar en cuenta que nuestro plan de mantenimiento requiere que la empresa que ofrece el servicio de *outsourcing* brinde estabilidad a largo plazo por lo que, si existe esta incertidumbre, se aconseja buscar otras opciones de *outsourcing*.

Muestra una matriz de decisión estratégica en el marco del mantenimiento contratado y la cual deberá ser aplicada para la toma de decisión referente a nuestro programa de mantenimiento propuesto. En esta matriz se encuentran los cuatro cuadrantes de las actividades de mantenimiento en la que se decidirá externalizar o no según el tipo de actividad y la relación interna que se tenga con la actividad de mantenimiento a realizar.⁸

⁸ GONZÁLEZ, Francisco. Contratación avanzada del mantenimiento. p. 19.

Figura 54. **Matriz de decisión para la selección de actividades a externalizar**



Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Contratación avanzada del mantenimiento*. p. 19.

La subcontratación del mantenimiento es una estrategia de mantenimiento que generalmente ayuda a la reducción de gastos sin embargo existen algunas desventajas que es necesario tomar en cuenta a la hora de adaptar esta estrategia a nuestro programa de mantenimiento propuesto, estas desventajas son:

- Se puede encontrar con costos imprevistos que afectan los ahorros esperados.
- El servicio puede llegar a ser poco flexible según se desarrolle el negocio.
- Si no se maneja un correcto plan de capacitación la organización puede llegar a depender de más del servicio de outsourcing.

4.3. Costo integral del mantenimiento

La implementación y seguimiento del programa de mantenimiento preventivo, propuesto para las taponadoras de tapa roscada, marca Krones, utilizadas en empresas embotelladoras de Guatemala, tiene implícito un costo integral de mantenimiento o en otras palabras una inversión a capital traducida en diferentes costos, que permitirá la preparación del personal, la contratación de personal externo, la herramienta adecuada, los repuestos y los insumos necesarios, entre otros.

Dichos costos de implementación y seguimiento se dividen en costos fijos y costos variables, los cuales a diferencia de los gastos que puedan existir, estos tienen el beneficio de un resultado tangible que hace posible la operación.

4.3.1. Costos fijos

A diferencia de los costos fijos generales de la empresa, los costos fijos a los que se hace referencia en este punto son todos aquellos necesarios para ejecutar el plan de mantenimiento preventivo y que de alguna forma u otra se podrá presupuestar durante un periodo de tiempo, por esa razón costos como los relacionados a los suministros energéticos no entrarán en este rubro, pero si en los costos variables.

4.3.1.1. Mano de obra directa

La mano de obra directa hace referencia a los costos que incurren en la contratación del personal de planta técnico que estará a cargo en todos los niveles de la ejecución del programa de mantenimiento, por lo tanto, incluirá, técnicos de mantenimiento, operador de la taponadora, gestores documentales y

encargado de programa de mantenimiento preventivo, así mismo toda preparación o capacitación de nuestro personal de planta debe ser incluido en este rubro.

4.3.1.2. Herramienta

La máquina de taponado para tapa roscada marca Krones, cuenta con un alto grado de desarrollo tecnológico tanto en la parte mecánica, como en la parte de la electrónica y eléctrica del equipo, por lo que las tareas de mantenimiento suelen ser más exigentes de lo normal, por esta razón es necesario considerar en nuestros costos fijos, el costo que representa tener en planta toda la herramienta requerida para ejecutar tanto las tareas de mantenimiento más complejas propuestas en el programa de mantenimiento, como, las tareas más triviales que requerirán herramienta común de trabajo.

4.3.1.3. Repuestos

Es responsabilidad de la persona encargada en gestionar el programa de mantenimiento preventivo, presupuestar y contar con los repuestos necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento programadas, así también deberá identificar la diferencia entre repuestos consumibles y repuestos de mantenimiento programado, para separar los gastos en esas dos líneas. Los repuestos para la ejecución del mantenimiento de la máquina taponadora, constan generalmente de engranes, sellos, resortes, imanes, rodamientos, seguros y sellos mecánicos, entre otros, de cualquier manera, estos repuestos deberán ser gestionados única y exclusivamente por medio de Krones y sus representantes de ventas, el uso de repuestos genéricos puede ser un factor en contra de la eficiencia del programa de mantenimiento.

4.3.1.4. Lubricantes

Aunque muchas personas consideran los lubricantes con un gasto relacionado directamente a los gastos variables, una correcta gestión de mantenimiento incluye los lubricantes dentro del rubro de gasto fijo ya que el programa de mantenimiento permite identificar en periodos de tiempo establecidos la cantidad necesaria de lubricantes a utilizar y a través de esto es posible definir un valor específico fijo a los lubricantes dentro del programa de mantenimiento preventivo, en un sistema ideal la cantidad de lubricante que requiere el equipo de taponado no cambiará en relación al tiempo de operación.

4.3.2. Costos variables

A todos aquellos costos que influyen de manera indirecta en el programa de mantenimiento preventivo y que pueden o no coexistir a lado de los costos fijos se le llamará costos variables, los costos variables se pueden estimar en el presupuesto de ejecución del programa sin embargo no puede establecerse un valor exacto, solamente un tope de presupuesto para los rubros que entren como costos variables. Además, los costos variables como su nombre lo indica pueden variar según el nivel de cumplimiento y la necesidad de mantenimiento, mientras mayor sea el indicador de tiempo de cumplimiento mayor serán los costos variables.

4.3.2.1. Mano de obra indirecta

Cuando el gestor del programa de mantenimiento utiliza como estrategia de reducción de costos, la subcontratación de las actividades de mantenimiento debe considerar los gastos que incurren en ello como gastos variables. Es cierto que en los años más jóvenes de implementación y ejecución del programa de

mantenimiento los gastos de mano de obra indirecta serán mayores en comparación a los años siguientes esto debido al proceso de preparación y capacitación por el que nuestro equipo deberá pasar como parte de la curva de aprendizaje en la operación y funcionamiento de la taponadora Krones.

Aunque existen métodos para reducir los tiempos de aprendizaje del personal, como por ejemplo, la contratación de personal con experiencia en este tipo de máquina, la recomendación más clara es subcontratar personal experimentado o personal representante de Krones para garantizar las actividades más complejas del programa de mantenimiento, por lo general la contratación de mano de obra indirecta repercute en nuestros gastos variables ya que no se puede predecir la cantidad de horas hombre necesarias exactas debido a los imprevistos de mantenimiento.

4.3.2.2. Insumos varios

Todos los insumos o consumibles necesarios o no para la ejecución de las actividades establecidas en el programa, son considerados gastos variables estos pueden llegar a representar un valor monetario alto, si el gestor del programa no controla la rotación y utilización de estos, referente a nuestra máquina de taponado, los insumos más comunes que se encuentran van desde, repuestos consumibles, tornillos y desengrasantes, hasta, papelería, utensilios de limpieza y equipo de protección personal, los insumos varios por lo general ocuparán un espacio destinado especial en nuestro almacén ya que no requieren permisos especiales en el movimiento de almacenes.

4.3.2.3. Suministros energéticos

A diferencia de los gastos fijos en relación a la energía que considera la organización en general, los gastos variables de suministros energéticos para el programa de mantenimiento serán todos aquellos suministros que pueden llegar a ser utilizados en menor o mayor escala al momento de la ejecución de las actividades del programa, la energía eléctrica utilizada para el mantenimiento, el aire comprimido para limpieza o el agua que llegase a ser necesitada, entrarán en el rubro de suministros energéticos variables, si bien en algún punto la organización lo considerará como gasto fijo, el programa de mantenimiento no puede ser considerado de esa manera, ya que según las actividades a realizar, el tiempo de ejecución y otros factores, estos suministros energéticos llegarán a variar.

4.3.3. Costos de almacenamiento

Los costos de almacenamiento es quizás el pilar más débil, del costo integral del programa de mantenimiento, a ciencia cierta se sabe que, los repuestos, consumibles y herramientas, deben ser almacenados en un espacio físico mientras no son utilizados, espacio con el que la organización puede o no contar. Estos costos varían, exclusivamente de dos factores los cuales son: cantidad en existencia de los artículos inventariados y el tiempo de rotación de estos.

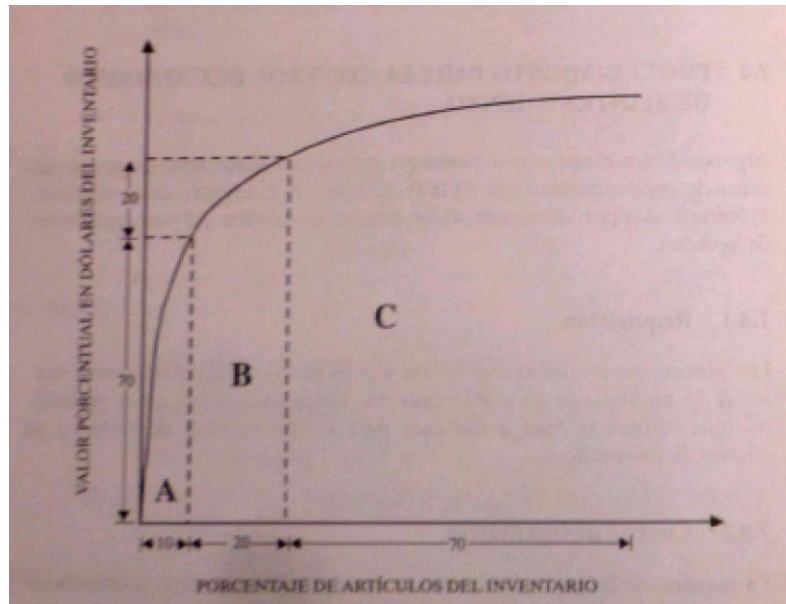
Además se sabe que todo artículo existente o que esté por ingresar en nuestro inventario tiene implícitamente gastos relacionados, los cuales pueden ser por deterioros en almacén, pérdidas o robos, pagos de fletes, pagos de alquileres cuando no se cuenta con un espacio físico y pagos de seguros, es decir cada ingreso que se realice al inventario puede llegar a ser una pérdida

para la organización y por ende pérdida para el programa de mantenimiento, es responsabilidad del gestor del programa asegurar la correcta rotación y disponibilidad para reducir el costo de almacenaje y los gastos relacionados a cada ingreso a inventario, sin llegar a minimizar la efectividad del programa. Por lo general se estima que el costo por tener un artículo inventariado para el departamento de mantenimiento representa anualmente una pérdida entre el 15 % y 20 % del costo del artículo.

Una práctica común en la industria es mantener disponibles los repuestos necesarios para ejecutar el plan de mantenimiento preventivo, todos los repuestos para realizar reparaciones generales o actividades de mantenimiento no rutinarias deben ser controladas por el ingeniero o gestor del programa de mantenimiento, con la intención de clasificar el inventario para reducir los costos de almacenaje se propone el análisis ABC para control de inventarios. “El análisis ABC se basa en la ley de Pareto, que establece que los artículos significativos de un grupo generalmente constituyen solo una pequeña porción del número total de artículos de dicho grupo”⁹.

⁹ DUFFUAA, Salih. *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. p. 336.

Figura 55. **Análisis ABC para gestión de costos de almacenamiento**



Fuente: DUFFUAA, Salih. *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. p. 336.

Como se puede ver en la gráfica propuesta por Salih O. Duffuaa, al aplicar la ley de Pareto para la gestión o reducción de costos de almacenamiento el 80 % de valor de nuestros artículos inventariados, comprenden solo un 20 % del número total de existencias y de esta manera se tiene toda la información necesaria para la toma de decisiones respecto al costo de almacenamiento. Para ello la recomendación es que los artículos A que tienen elevados costos de inversión se soliciten con base a las cantidades necesarias para reducir el precio del pedido y se recomienda tener solo una cantidad mínima como existencia de seguridad, en el caso de los artículos B se recomienda solicitar cantidades más grandes y mantener mayores *stocks* que los artículos de clase A, por último los artículos que pertenecen a la clase C, ascienden al 10 % de la inversión por lo que no existe problema al mantener existencias para plazos mayores de tiempo así también los controles aplicados a estas artículos deberán ser menores.

4.3.4. Costos por pérdida

El programa de mantenimiento también deberá considerar dentro de sus costos de mantenimiento, el costo que representan todas aquellas pérdidas que pueden ser controladas por actividades de mantenimiento, para la taponadora se va a considerar aquellas pérdidas por el descenso de productividad de la máquina debido a algún problema de *hardware* o *software* y la pérdida por rechazos de calidad en la tapa, únicamente excluyendo rechazos por niveles de producto bajos o altos en la botellas, calidad de la botella o calidad de la etiqueta si fuese el caso.

4.3.4.1. Descenso de productividad

El costo por descenso de productividad representa toda pérdida cuando, por algún problema mecánico o eléctrico relacionado directamente a nuestra máquina taponadora, se ven caídas de eficiencia productiva en nuestro equipo, dicho en otras palabras, la cantidad de botellas perdidas, o no producidas, debido a paros de mantenimiento durante horas programadas de producción asignados a nuestra máquina de taponado por el costo de fabricación será igual al costo por descenso de productividad, la fórmula que deberá ser utilizada para calcular la pérdida en un periodo de tiempo establecido será:

Costo por descenso productivo $Q = \text{botellas no producidas} * \text{Precio de fabricación } Q$

Este costo deberá ser absorbido o ser adjudicado al Departamento de Mantenimiento y por ende al programa de mantenimiento preventivo, si bien con todas las herramientas actuales, se pueden predecir fallas y evitar paros en horas programadas de producción, siempre será necesario establecer un tope máximo de pérdidas por descenso de productividad en nuestros costos totales del

programa de mantenimiento, para que, al sobrepasar ese tope financiero se tome como referencia para ajustar o actualizar el programa actual, el programa de mantenimiento deberá tener como un objetivo primordial, no aumentar sino disminuir el costo debido a pérdida productiva a lo largo del tiempo, a través de retroalimentación al programa y a la estandarización de la eficiencia del equipo.

4.3.4.2. Rechazo de calidad

Por otro lado, al costo que representará el total de botellas rechazadas debido a tapa mal colocada durante horas planificadas de producción, y que son rechazadas debido únicamente a un mal ajuste del equipo de taponado, se le llamará costo por rechazo de calidad, este costo se determinará multiplicando el total de rechazos por calidad de tapa por el costo de fabricación de cada botella del producto que la fábrica produzca.

$$\text{Costo por rechazo de calidad } Q = \text{Numero de rachzos por tapa} * \text{Precio de fabricación } Q$$

Para el costo de rechazo de calidad al igual que el costo de pérdida productiva deberá establecerse un valor o parámetro máximo para el ajuste o rediseño del programa de mantenimiento, se recomienda evaluar mensualmente o según lo requiera el gestor del programa, este valor de identificar las causas concretas que generaron las pérdidas por calidad de tapa, esto con la finalidad de generar información suficiente para la toma de decisiones y para la reducción del tope máximo de rediseño del programa de mantenimiento de la taponadora.

4.4. Costo total de mantenimiento sugerido

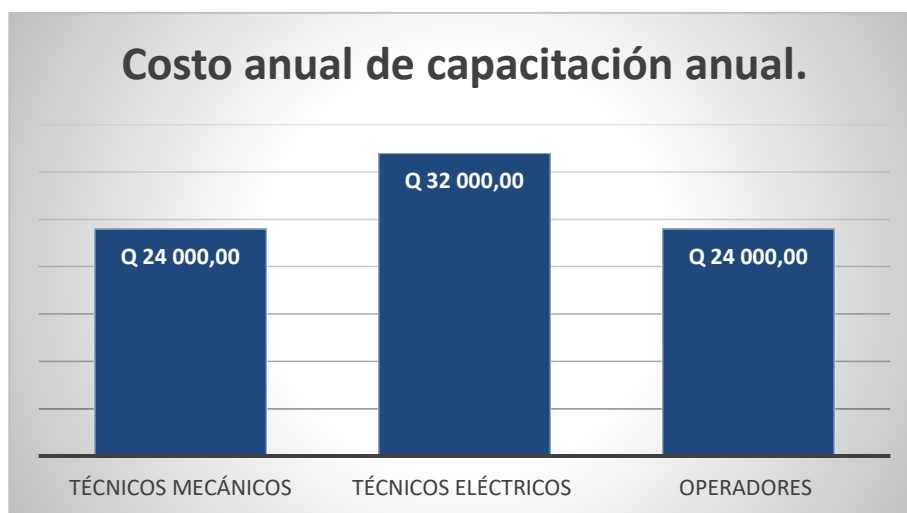
Con base a la información anteriormente recolectada, a continuación, se presenta la propuesta presupuestaria o de costeo sugerido, para tomar en consideración en el estudio de implementación y seguimiento del programa de mantenimiento preventivo de la taponado de tapa plástica Kronos, para las empresas de embotella de Guatemala.

Tabla LX. **Costos por capacitación de personal, datos aproximados**

No.	Concepto	Costo trimestral Q.	Costo anual Q.
1	Dos técnicos mecánicos	Q 6 000,00	Q 24 000,00
2	Dos técnicos eléctricos	Q 8 000,00	Q 32 000,00
3	Tres operadores	Q 6 000,00	Q 24 000,00
	Total.	Q 20 000,00	Q 80 0000,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Figura 56. **Costos por capacitación de personal, datos aproximados**



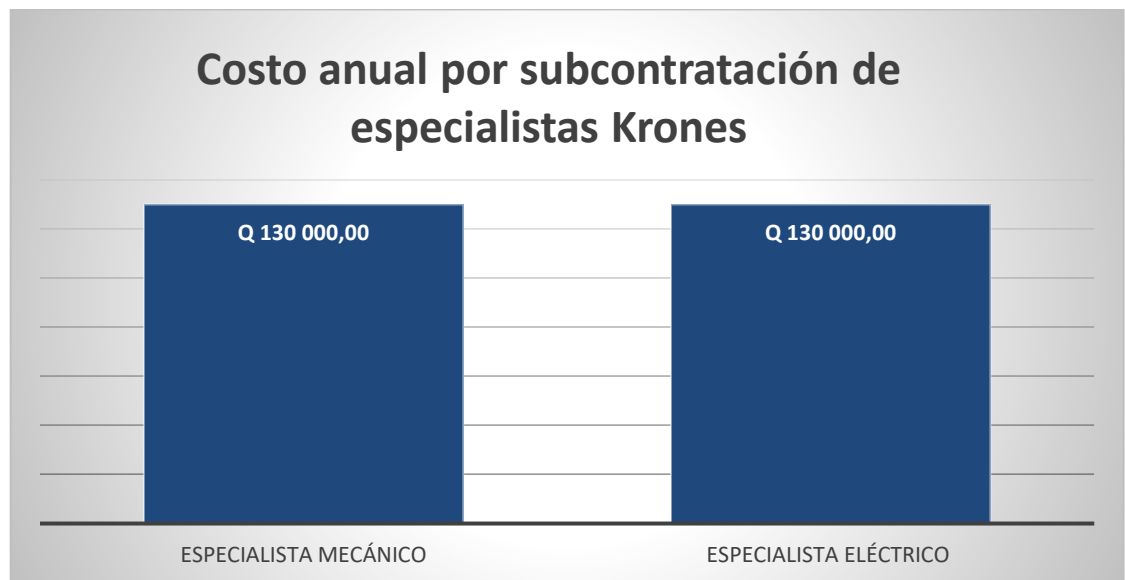
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXI. **Costos por subcontratación de especialistas Krones**

No.	Concepto	Costo semestral Q.	Costo anual Q.
1	Un especialista mecánico	Q 65 000,00	Q 130 000,00
2	Un especialista eléctrico	Q 65 000,00	Q 130 000,00
Total.		Q 130 000,00	Q 260 000,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Figura 57. **Costos por *outsourcing* o subcontratación de especialistas Krones**



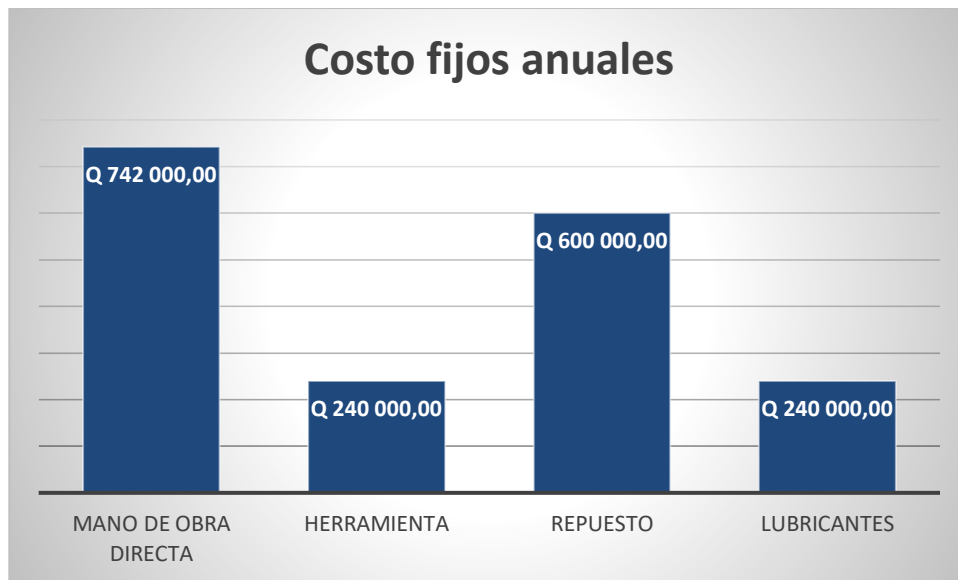
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXII. **Costos fijos**

No.	Concepto	Costo mensual Q.	Costo Anual Q.
1	Dos técnicos mecánicos	Q 13 000,00	Q 182 000,00
2	Dos técnicos eléctricos	Q 15 000,00	Q 210 000,00
3	Tres operadores	Q 15 000,00	Q 210 000,00
4	Un gestor del programa	Q 10 000,00	Q 140 000,00
5	Dos kits de herramienta mecánica	Q 10 000,00	Q 120 000,00
6	Dos kits de herramienta eléctrica	Q 10 000,00	Q 120 000,00
7	Repuestos	Q 50 000,00	Q 600 000,00
8	Lubricantes	Q 20 000,00	Q 240 000,00
Total.		Q 143 000,00	Q 1 822 000,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Figura 58. **Costos fijos**



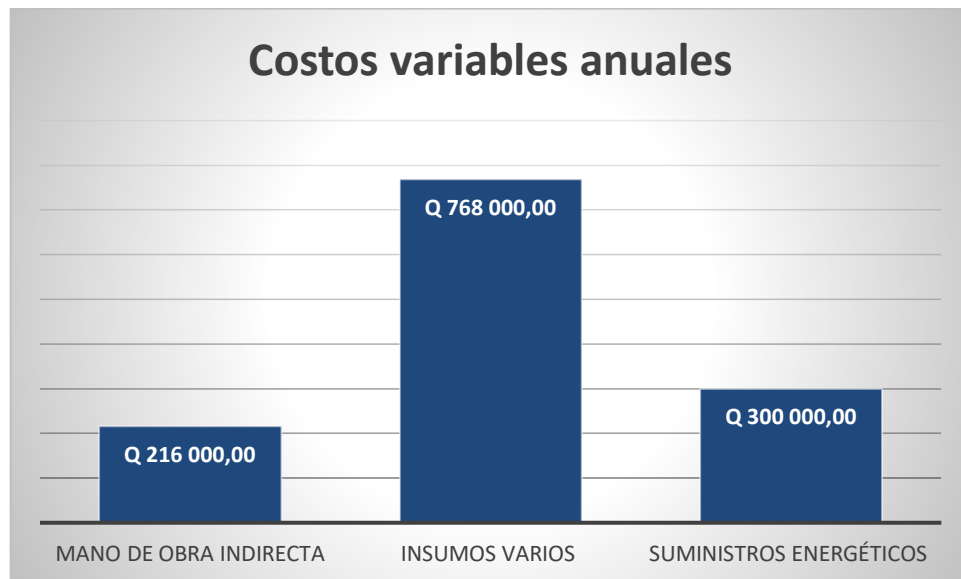
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXIII. **Costos variables**

No.	Concepto	Costo mensual Q.	Costo Anual Q.
1	Ayudantes mecánicos	Q 9 000,00	Q 108 000,00
2	Ayudantes eléctricos	Q 9 000,00	Q 108 000,00
3	Utensilios de limpieza	Q 7 000,00	Q 84 000,00
4	Repuestos consumibles	Q 20 000,00	Q 240 000,00
5	Desengrasantes	Q 10 000,00	Q 120 000,00
6	Hardware	Q 8 000,00	Q 96 000,00
7	EPP	Q 12 000,00	Q 144 000,00
8	Útiles de oficina	Q 7 000,00	Q 84 000,00
9	Suministros energéticos	Q 25 000,00	Q 300 000,00
	Total.	Q 107 000,00	Q 1 284 000,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Figura 59. **Costos variables**



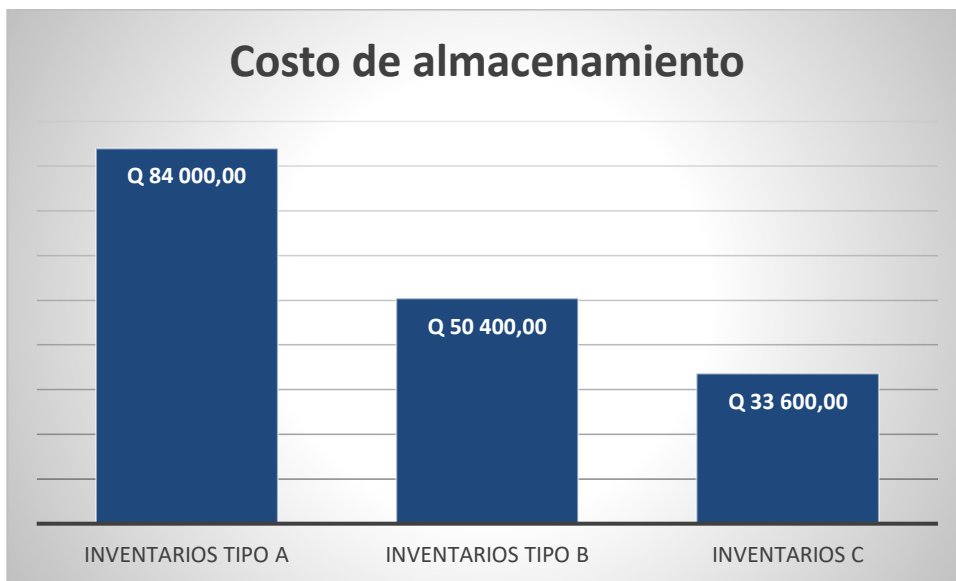
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXIV. **Costos de almacenamiento**

No.	Concepto	Costo Trimestral Q.	Costo Anual Q.
1	Inventarios A	Q 7 000,00	Q 84 000,00
2	Inventario B	Q 4 200,00	Q 50 400,00
3	Inventarios C	Q 2 800,00	Q 33 600,00
Total.		Q 14 000,00	Q 168 000,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Figura 60. **Costos de almacenamiento**



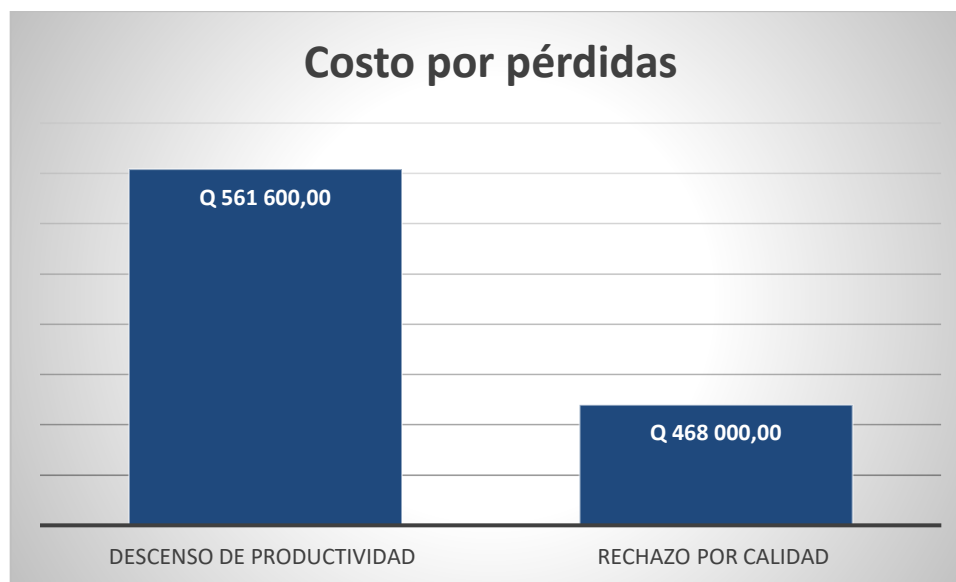
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXV. **Costos por pérdidas estimadas para una jornada de 24 horas 6 días por semana**

No.	Concepto	Costo mensual Q.	Costo Anual Q.
1	Descenso de productividad (0.30% del tiempo planificado, permisible de paro)	Q 43 200,00	Q 561 600,00
2	Rechazo por calidad (0.25% de rechazo máximo calculado para una máquina de 20,000b/h)	Q 36 000,00	Q 468 000,00
Total.		Q 79 200,00	Q 1 029 600,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Figura 61. **Costos por pérdidas estimadas para una jornada de 24 horas 6 días por semana**



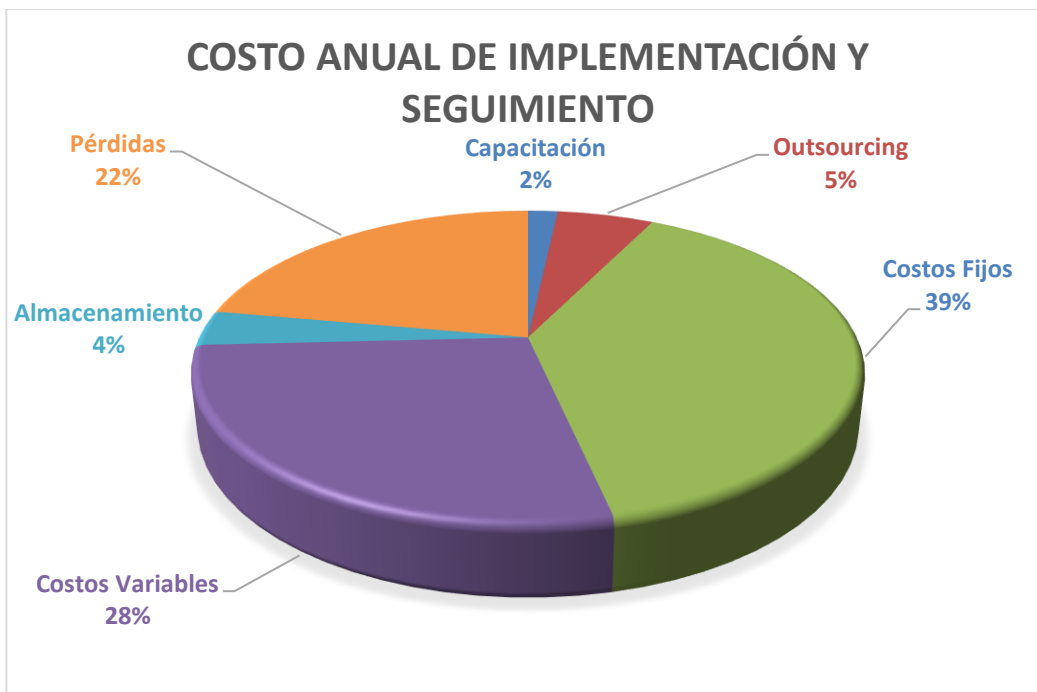
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXVI. **Costo anual de implementación y seguimiento**

No.	Concepto	Costo Anual Q.
1	capacitación	Q 80 000,00
2	<i>Outsourcing</i>	Q 260 000,00
3	Costos fijos	Q 1 822 000,00
4	Costos Variables	Q 1 284 000,00
5	Almacenamiento	Q 168 000,00
6	Pérdidas	Q 1 029 600,00
Total.		Q 4 643 600,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Figura 62. **Representación de costos de mantenimiento por categoría**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

5. VERIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.1. Responsabilidad del departamento de mantenimiento

En este punto se presentan todas las responsabilidades del Departamento de Mantenimiento para el seguimiento y verificación del programa.

5.1.1. Capacitación del personal

La capacitación del personal o desarrollo del personal es el conjunto de actividades didácticas y prácticas que debe llevar a cabo la organización para desarrollar diversas habilidades, destrezas o aptitudes del personal que ejecutará las diversas actividades que demande el programa de mantenimiento. Al enfocarnos en la capacitación del personal técnico de líneas de embotellado, se puede decir que es de fundamental importancia que el personal desarrolle habilidades tecnológicas y las aptitudes necesarias para la resolución de los problemas cotidianos específicamente con la máquina de taponado que cuenta con alto grado de industrialización.

Antes de realizar la capacitación del personal para las líneas de embotellado es necesario poder identificar si el personal cuenta con las destrezas necesarias para llevar a cabo cada una de las actividades requeridas para el equipo de taponadoras Krones, el programa de capacitación deberá estar diseñado a la medida para la adaptación de los niveles de destrezas de cada una de las personas que recibirá dicha capacitación. Se recomienda para el personal de la línea de embotellado que estará encargado de la ejecución y operación, tener la

capacitación de la máquina directamente con personal de Krones, talleres con ingenieros de servicio de Krones, reuniones entre el personal de planta para la retroalimentación sobre la taponadora.

Tabla LXVII. **Programa de capacitación**

Actividades de capacitación trimestral					
No.	Personal	1er. Trimestre	2do. Trimestre	3er. Trimestre	4to. Trimestre
2	Eléctricos	Fundamentos eléctricos	Electricidad avanzada	Resolución de problemas	Eléctrica de taponadora
3	Mecánicos	Fundamentos mecánicos	Mecánica avanzada	Resolución de problemas	Mecánica de taponadora
4	Operarios	Conocimiento básico	Operación de taponadora	Puesta en marcha	TPM

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

5.1.2. Registros y bitácoras

Es responsabilidad del gestor de mantenimiento llevar a cabo el desarrollo de los registros y bitácoras necesarias para que el programa de mantenimiento se actualice correctamente.

Para las taponadoras marca Krones se recomienda tener registros generales de mantenimiento como; ordenes de trabajo, bitácora de mantenimiento preventivo, registro de lubricación, actividades de mantenimiento correctivo, registros de actividades de limpieza, actualizaciones de software y hardware.

El registro de la bitácora tiene el fin de mostrar de forma detallada las acciones y procesos de manera cronológica que se han realizado en cada máquina, esto también facilita el monitoreo de las operaciones que ocurren en un intervalo de tiempo real dentro de la organización.

Tabla LXVIII. **Registro de órdenes de trabajo**

Empresa	Orden de trabajo No. de orden: #	Fecha de O.T.: Fecha solicitada: Fecha programada:
Área: Sistema: Subsistema: Equipo: Sección: Zona:	Código ítem: Nombre ítem: Estado: Prioridad: Tipo de O.T.:	
DATOS GENERALES DE LA ORDEN DE TRABAJO		
Proyecto O.T.:	Intervención tipo:	
Descripción adicional:		
Solicitante:	Especialidad:	
Condiciones para la realización:		
Herramientas propuestas/utilizadas:		
LISTA DE TAREAS		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXIX. **Registro de lubricación**

Empresa			Programa de mantenimiento preventivo		
Registro de lubricación					No.
Fecha		Nombre del equipo			
Sección		Ubicación del equipo		Código	
Punto de lubricación	Lubricante	Frecuencia	Método	Cantidad	Responsable
Observaciones:					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXX. **Registro de mantenimiento correctivo**

REGISTRO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
Nombre del equipo:				
Tipo de equipo:				
Marca:				
Modelo:				
Serie:				
Servicio en el que se encuentra ubicado:				
Fecha de realización:				
Falla ocurrida	Tiempo de reparación (Hrs)	Descripción de la actividad realizada	Nombre del personal técnico a cargo	Firma del personal técnico
Observaciones:				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXXI. **Registro de Limpieza en el equipo**

Empresa		Programa de mantenimiento preventivo		
Registro de limpieza				No.
Nombre Equipo		Código	Ubicación	
Marca		Modelo	Serie	
Rutina de limpieza		Sistema/Partes y Criticidad/Observaciones y Recomendaciones para Ejecución de Mantenimiento		
Limpieza general				
Inspección				
Inspección periódica programada				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXXII. **Registro de paro**

Registro de paro				
Nombre del equipo:				
Tipo de equipo:				
Marca:				
Modelo:				
Serie:				
Servicio en el que se encuentra ubicado:				
Fecha	Descripción del paro	Tipo de paro	Paro programado	Paro no programado
Observaciones:				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Tabla LXXIII. **Registro de actualizaciones**

REGISTRO DE ACTUALIZACIONES					
Nombre del equipo:					
Tipo de equipo:					
Marca:					
Modelo:					
Serie:					
Servicio en el que se encuentra ubicado:					
Fecha de última actualización	Descripción de la actualización	Tipo de actualización			Persona a cargo de la actualización
		Mecánica	Eléctrica	Software	
Observaciones:					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

5.1.3. **Contratistas calificados**

Es responsabilidad de la organización contratar especialistas calificados para llevar a cabo las tareas periféricas menores requeridas por la taponadora, por ejemplo, la limpieza. Si además la organización tiene como estrategia de gestión de gastos, implementada la subcontratación para llevar a cabo tareas específicas de taponadora como: la instalación, si fuera necesario, configuración del equipo, actualización de software y los mantenimientos; es de suma importancia contar con opciones de subcontratación altamente calificados y evaluados para asegurar que cuentan con los requisitos mínimos para trabajar con el tipo de tecnología Krones.

Guatemala cuenta con varias empresas que prestan sus servicios para realizar mantenimientos de este tipo, será decisión del encargado de esta gestión, contratar bajo los estándares necesarios, además Krones cuenta con una subsidiaria en el país, la cual aparte de prestar sus servicios de mantenimiento, venta de equipos, repuestos y mejoras, asegura la garantía de los trabajos y el respaldo necesario para todo tipo de taponadoras, siempre y cuando sean marca Krones.

5.2. Medición y verificación del mantenimiento

Una de las metas del programa de mantenimiento es mejorar considerablemente la eficiencia de la maquinaria, para esto se establecen e implementan guías de trabajo para evaluar y mejorar el rendimiento de la operación, en nuestro caso en el equipo de taponado.

Los trabajos de mantenimientos son únicos en comparación de algún otro trabajo de producción, es por lo que gran parte del trabajo de mantenimiento sucede de forma programada, aunque en ocasiones también sucede de manera aleatoria y en lugares inesperados. Las actividades de mantenimiento tienen periodos de duración variables pero controlables. El trabajador por su parte realiza una labor bajo condiciones de ambiente impredecibles, iluminación y nivel de ruido que pueden afectar su rendimiento que directamente afecta en la operación del equipo, estas son algunas de las condiciones que se deben de tomar en cuenta para una correcta medición y verificación del mantenimiento.

La medición y verificación del mantenimiento son estándares de los distintos trabajos empleados en este proceso de mantenimiento que se emplean para evaluar el desempeño de los trabajadores, de las instalaciones y de los equipos, para poder predecir, planificar, programar y controlar el trabajo dentro de la

organización, los costos y las operaciones. Por ello es necesario establecer las técnicas de medición del mantenimiento, estas incluyen los estudios de tiempo, el muestreo de trabajo, la estimación y los datos estándar.

5.2.1. Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento se pueden expresar en función de la eficiencia de nuestros equipos, del estudio de tiempo que se les realiza a diferentes trabajadores desde el punto de inicio hasta el punto de finalización de las actividades requeridas por el mantenimiento, así como también depende del tiempo de falla de la maquinaria y de la persona encargada en gestionar los procesos, entre otros.

El procedimiento del estudio de tiempos consta de seis pasos:

- Seleccionar el trabajo. El trabajo seleccionado deberá estar estandarizado en términos de equipos y materiales y el operador deberá ser un trabajador calificado.
- Descomponer el trabajo en elementos. Identificar los elementos que constituyen un ciclo de trabajo. Un trabajo de mantenimiento se divide en segmentos conocidos como elementos. Algunas consideraciones básicas al descomponer el trabajo en elementos son las siguientes:
 - Los elementos de la máquina deberán separarse de los elementos manuales.
 - Los elementos deberán ser fáciles de identificar y cronometrar.
 - Los elementos asociados con la ejecución del trabajo propio de mantenimiento deberán separarse de las tareas de obtener material, esperar en el cuarto de herramientas, caminar, entre otros.
- Observar el trabajo. El número de veces que un trabajo deberá observarse y cronometrarse aumenta con el grado de exactitud deseado para la norma de trabajo y el nivel de importancia requerido.
- Calcular los tiempos básicos. El tiempo básico para el trabajo es el tiempo que deberá tomarle a un trabajador calificado ejecutar los elementos del

trabajo al trabajar a un ritmo estándar. El tiempo básico se calcula empleado la siguiente fórmula:

$$BT = OT \left(\frac{\textit{Clasificacion}}{\textit{Clasificacion estandar}} \right)$$

Dónde: BT es el tiempo básico, OT es el tiempo observado y la clasificación estándar es igual al 100 %.

- Determinar las tolerancias. Una tolerancia es el porcentaje del tiempo básico que se concede por demoras y fatigas. Las tolerancias pueden ser constantes o variables. Las tolerancias constantes se conceden por necesidades personales y fatiga. Las tolerancias variables están relacionadas con las características del trabajo de mantenimiento.
- Establecer un estándar de trabajo.¹⁰

$$\textit{Estandar de trabajo} = BT(1 + \textit{Tolerancias})$$

5.2.1.1. Tiempo promedio de reparación

Al tiempo promedio que tienen los ingenieros de servicio o el personal técnico en el que efectúan las reparaciones necesarias para resolver fallas, con la finalidad de poner en condiciones normales el equipo nuevamente, se le llama indicador de tiempo promedio de reparación o tiempo medio de reparación (MTTR) por sus siglas en inglés, esta es una de las medidas mayormente utilizadas por los gestores de mantenimiento para la medición del mantenimiento.

El tiempo promedio de reparación se puede calcular tomando los siguientes factores:

$$MTTR (hrs) = \frac{\textit{T total del mantenimiento}}{\# \textit{ de reparaciones}}$$

¹⁰ DUFFUAA, Salih. *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. p. 125.

Es necesario tomar en cuenta que el tiempo de reparación puede incluir desde el momento que ocurre la falla hasta que el equipo está en condiciones de operación normales. En este proceso se debe de tomar en cuenta el tiempo de inactividad por motivos de repuestos no disponibles o alguna otra causa referente a la gestión del programa, ya sea que se calcule el MTTR para actividades de mantenimiento preventivo o correctivo.

Para la reducción del MTTR se recomienda al personal de mantenimiento de líneas de embotellado el cumplimiento de la revisión periódica del proceso de taponado la cual es establecida en el programa de mantenimiento preventivo, la implementación de un sistema de gestión de infraestructuras mayor, la constante capacitación del personal y si fuera necesario la subcontratación para las actividades de mantenimiento.

Finalmente se puede decir que para reducir el MTTR es necesario facilitar la comunicación al momento de que una falla ocurra si se calcula para actividades correctivas, centralizar la información gestionando todas las actividades a través del gestor de mantenimiento y por último estar en la disponibilidad de inversión necesaria que requiera la taponadora.

5.2.1.2. Tiempo promedio para fallar

El tiempo medio entre fallas comunes o MTBCF es el tiempo promedio que es capaz de funcionar el equipo a capacidad sin interrupciones antes de fallar por un mismo tipo de falla. También se puede interpretar como la frecuencia con la que sucede una avería específica de la máquina. Este tiempo también es una estimación que proporciona el departamento de mantenimiento que considera todas las observaciones del equipo de taponado en las líneas de embotellado.

El tiempo promedio para fallar o MTBCF como indicador es de suma importancia, ya que a través de su interpretación es posible para el gestor de mantenimiento actualizar el programa de mantenimiento preventivo y además tomar acciones para evitar fallas repetitivas.

El tiempo promedio para fallar se calcula a través de la siguiente formulas:

$$MTBCF (hrs) = \frac{T \text{ operación}}{\# \text{ de fallas idénticas}}$$

El tiempo medio entre fallas iguales tiene diferentes formas de utilización dentro de la organización:

- Para poder demostrar si un sistema rediseñado es mejor que el sistema anterior en los planes de prueba en la organización.
- Como medida para anticipación para el Departamento de Planeación.

5.2.1.3. Tiempo promedio entre fallas

El MTBF es el indicador de tiempo medio entre fallas e indica un intervalo de tiempo donde es más probable que aparezca una falla después de que haya ocurrido un arranque del equipo. y también se interpreta como el tiempo promedio que ha transcurrido para que ocurra una nueva falla, este es un indicador importante donde principalmente debe ser gestionada la tasa de disponibilidad de nuestra taponadora o en otras palabras el MTBF es el indicador de rendimiento del programa de mantenimiento preventivo, ya que, a mayor número de fallas correctivas, menor nivel de confiabilidad de nuestro programa de mantenimiento preventivo, para su cálculo no se prevén inspecciones o reajustes.

Si bien en el MTTR solo se ve afectada la disponibilidad de la taponadora con el MTBF se ve afectada la disponibilidad, pero especialmente también se ve afectada la confiabilidad del equipo y por ende del programa de mantenimiento preventivo.

El tiempo promedio entre falla se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$MTBF (hrs) = \frac{\text{Tiempo disponible} - \text{tiempo perdido}}{\# \text{ fallas o paradas del equipo}}$$

Mientras mayor sea el valor obtenido, mayor es la confiabilidad del equipo. Este debe ser tomado como indicador que representa el comportamiento del equipo de taponado, como medida de soporte para la toma de decisiones a la par de este indicador se deben estudiar los registros que tiene el gestor de mantenimiento. Por último y de manera más sencilla, el gestor de mantenimiento puede utilizar el MTBF para identificar las fallas más frecuentes de la taponadora y con el MTTR que falla es más grave.

5.2.1.4. Cumplimiento de planificación

La manera más tangible para confirmar la eficacia de nuestro programa de mantenimiento y la capacidad de nuestro equipo de trabajo está dada a través del indicador de cumplimiento de planificación el cual dará la información del número de actividades realizadas entre las actividades programadas. Otra forma de verlo es la cantidad de trabajos concretados en el equipo de taponado considerando los trabajos planificados en un intervalo de tiempo estimado por el gestor de programa. El cumplimiento de planificación se representa como el porcentaje de trabajos que se realizaron a la taponadora.

El cumplimiento de planificación se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Cumplimiento de planificación (\%)} = \frac{\text{Hora estimada en Orden de trabajo}}{\text{Total de horas estimadas}} * 100$$

5.2.2. Indicador general de eficiencia de equipos OEE

El *Overall Equipment Effectiveness* (OEE, por sus siglas en inglés) hace referencia a la eficacia general de los equipos productivos, este es un indicador utilizado por las grandes y medianas industrias como referencia general para la toma de decisiones respecto a las mejoras continuas aplicadas directamente a un equipo, equipos u organizaciones.

En la industria existe con frecuencia la necesidad de poder cuantificar la eficiencia, fiabilidad y productividad de los procesos industriales que se llevan a cabo, el OEE es una herramienta que es capaz de identificar mediante un porcentaje, la eficiencia real de cualquiera de los procesos productivos o maquinaria en la industria en general.

La productividad de las taponadoras claramente repercute de manera directa en nuestro OEE. En términos generales, si la disponibilidad es baja, el desempeño no es el esperado y el porcentaje de pérdidas es demasiado alto, nuestro OEE será muy bajo, pero con alta oportunidad de mejora, mientras que, si nuestro OEE es alto, las posibilidades de mejorar el sistema se reducen al mínimo.

Para aumentar el OEE, la organización deberá: reducir los tiempos en que la máquina está detenida, identificar las causas por las que hay pérdidas en el rendimiento de producción y aumentar el índice de la calidad del producto minimizando las pérdidas ocasionadas por tapones defectuosos, además el OEE

muestra información fiable en tiempo real del proceso, aumenta significativamente la eficiencia de la máquina y facilita el trabajo de los operarios de producción y técnicos de mantenimiento.

El OEE se calcula por medio de tres factores y se representa por medio del siguiente porcentaje:

$$OEE (\%) = Disponibilidad * Desempeño * Calidad$$

5.2.2.1. Disponibilidad

La disponibilidad es la que permite estimar de forma general en la organización el porcentaje del tiempo que realmente estuvo trabajando en óptimas condiciones el equipo de taponado. Esta se ve afectada por las paradas de producción programadas, ajustes de producción, fallas o averías en los equipos y procesos.

La disponibilidad se calcula a través de la siguiente formula:

$$Disponibilidad (\%) = \frac{Tiempo\ de\ operación\ real - Tiempo\ de\ fallas\ externas}{Tiempo\ calendario} * 100$$

5.2.2.2. Desempeño

El desempeño en el equipo de taponado se representa como la cantidad de producto producido en buen estado en un tiempo real de trabajo, el desempeño se ve afectado por las pérdidas de velocidad, operación en vacío y reprocesos de la maquinaria.

El desempeño se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Desempeño (\%)} = \frac{\text{Tiempo promedio entre fallas}}{\text{Tiempo promedio entre fallas} + \text{Tiempo promedio para fallar}} * 100$$

5.2.2.3. Calidad

La calidad para el equipo de taponado se representará como la cantidad de producto que se produjo en el tiempo real trabajado por la máquina. La calidad se ve afectada por los defectos, el desperdicio y el reproceso en la maquinaria.

La calidad se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad (\%)} = \frac{\text{Unidades producidas} - \text{Unidades defectuosas}}{\text{Unidades producidas}} * 100$$

5.3. Seguimiento del programa de mantenimiento preventivo

El Departamento de Mantenimiento tiene la responsabilidad de llevar el conjunto de acciones necesarias para poder mantener el programa de mantenimiento preventivo, y, por ende, del equipo de taponado, reduciendo las desviaciones de calidad, fallas y paros no programados.

El seguimiento del programa de mantenimiento preventivo busca identificar las oportunidades de mejora, a través del resultado de las capacitaciones del personal, resultados de las actividades de mantenimiento ejecutadas y el desarrollo del programa en la organización.

El gestor del programa de mantenimiento debe de tener toda la información que sea relevante para poder agilizar las acciones de trabajo y así evitar errores

comunes, confusiones o resultados no esperados. Adicionalmente para un buen seguimiento es necesario que el gestor incluya los análisis económicos para darle interpretación a los resultados del programa.

5.3.1. Retroalimentación del personal

Es necesario que el personal técnico y de operación retroalimenten al gestor del programa con charlas, fichas de información o algún documento oficial, sobre el comportamiento de la taponadora en operación, sucesos inesperados, situaciones imprevistas durante la ejecución del mantenimiento y cualquier anomalía que presente el equipo de taponado, para que, a través de esta información, aplicando el círculo de calidad, se actualice el programa de mantenimiento. La retroalimentación del personal bien ejecutada implica un crecimiento laboral y oportunidades de mejora dentro de la organización.

5.3.2. Círculo de calidad aplicado en mantenimiento

Es necesario aplicar el círculo de calidad en mantenimiento ya que puede contribuir a desarrollar y perfeccionar el programa, a mejorar las condiciones del área de trabajo, y aprovechar al máximo todas las capacidades del personal.

Las características del círculo de calidad aplicado en mantenimiento recuerdan que se debe planear las necesidades que se atenderán al equipo de taponado, recopilar la información necesaria para poder analizar dichas necesidades, aplicar los trabajos correctos para verificar los resultados alcanzados en el tiempo programado con las metas establecidas, tomar decisiones para los cambios que ayuden a formar y controlar el programa de mantenimiento. Por último, el círculo de calidad aplicado permitirá repetir el ciclo

del programa las veces que sean necesarias hasta minimizar todo tipo de pérdidas.

CONCLUSIONES

1. Según las condiciones promedio de operación de la industria de embotellado de Guatemala, se determinaron las actividades de limpieza, mantenimiento y lubricación que aseguran la confiabilidad en las taponadoras Krones para tapa roscada plástica.
2. Para los equipos de taponado Krones de tapa roscada PET, se diseñó una herramienta fiable, eficiente y funcional como aporte a la industria de Guatemala y que se puede utilizar sin exclusión en las embotelladoras que utilizan estos equipos de alta tecnología.
3. Para definir las rutinas de lubricación del equipo de taponado Krones fue necesario identificar cada mecanismo y grupo constructivo que lo conforman y de esta manera se establecieron los periodos de frecuencia del programa de mantenimiento.
4. Para tener un proceso de taponado adecuado entre otras cosas es necesario, que las actividades de mantenimiento establecidas en este programa se aseguren de que los dispositivos que ejecutan la operación sean intervenidos con la frecuencia establecida en este documento.
5. Este trabajo de graduación propone una estrategia de costeo basado en las condiciones generales de la industria de embotellado, sin embargo, se concluye que esta estrategia de costeo debe ser reevaluada por cada gestor del programa de mantenimiento previo a la ejecución de este.

RECOMENDACIONES

1. Involucrar a la organización en todos los niveles por medio de un equipo especializado liderado por el gestor del programa, para un cumplimiento adecuado del programa de mantenimiento.
2. Usar tecnología adecuada para interpretación de datos recolectados que permita un control de actividades y mejora continua en el programa de mantenimiento.
3. Adquirir servicios técnicos, mecánicos y electricistas, así como los operarios y ejecutores de las actividades de limpieza y lubricación, conozcan y se especialicen en la taponadora, para mejorar los índices e indicadores del programa de mantenimiento.
4. Cumplir con todas las actividades sugeridas en este programa de mantenimiento para asegurar actividades productivas eficientes.
5. Contratar ingenieros de servicio especializados para la realización de las actividades especiales que requiere el equipo de taponado, de esta manera asegurar la garantía de operación y reducir riesgos en equipo y entorno.
6. Usar los lubricantes, repuestos y consumibles, recomendados y aprobados por Krones para mejores resultados de las actividades de este programa de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. BLOOM, Neil. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)*. Nueva York: McGraw-Hill, 2006. 30 p.
2. DUFFUAA, Salih O. *Sistemas de mantenimiento, planeación y control*. México: Limusa Wiley, 2007. 419 p.
3. GONZALES FERNANDEZ, Francisco Javier. *Contratación avanzada del mantenimiento*. España: Diaz de Santos,2007. 278 p.
4. Krones A.G. *Product ID Lubrication Chart*. Alemania: TD11005228_EN_04. 4 p.
5. _____. *Capping technology EN*. Alemania. 3 p.
6. _____. *Screwcapper plastic EN*. Alemania. 17 p.
7. _____. *Taponadora mecánica para tapones de rosca de plástico – Integreda y con sistema de sujeción de envase por el cuello*. Alemania: TD12000491_ES_04. 15 p.
8. Krones. *Sinónimo de ingeniería de sistemas*. [en línea]. <<https://www.krones.com/es/empresa/para-conocernos-mejor.php>>. [Consulta: 01 de diciembre de 2020].

9. LOPEZ VILLEGAS, Gustavo. *Gerencia Estratégica del Mantenimiento*. Colombia: Universidad EAFIT, 2014. 53 p.
10. Norma SAE JA1011, *Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes*. Pennsylvania: SAE, 1999. 272 p.
11. OBREGÓN JERÉZ, Gabriel Alejandro. *Diseño de investigación del cumplimiento de prerrequisitos de un sistema de gestión integral con referencia en normas FSSC22000, ISO 14001:2004 Y OHSAS 18001:2007 en el departamento de mantenimiento de una planta de embotellado de bebidas carbonatadas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica, Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 64 p.