

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN LA
LÍNEA 3 DE ENVASADO DE UNA EMPRESA CERVECERA PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

CARLOS FRANCISCO PORTAL GRANADOS

ASESOR

EDWIN ARTURO JUÁREZ MARCHENA

<https://orcid.org/0000-0002-2407-4683>

Chiclayo, 2020

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO EN LA LÍNEA 3 DE ENVASADO DE UNA
EMPRESA CERVECERA PARA INCREMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD**

PRESENTADA POR:

CARLOS FRANCISCO PORTAL GRANADOS

A la Facultad de Ingeniería de la

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

César Ulises Cama Peláez

PRESIDENTE

Alejandro Segundo Vera Lázaro

SECRETARIO

Edwin Arturo Juárez Marchena

VOCAL

DEDICATORIAS

A mi querida madre Icsolina, por todos los valores y principios enseñados a lo largo de toda mi vida, el apoyo constante, comprensión y perseverancia han sido piezas fundamentales para mi superación.

A mi esposa Claudia, por el sacrificio y comprensión en cada etapa de mis avances y por ser pieza clave en todos mis proyectos de vida.

A mis hijos Luana Brunella, Francisco Mijahil y Emir Francesco, ya que sé de su admiración por cada cosa que hago, por eso trato de superarme para ser el mejor ejemplo que ellos necesitan y así afrontar cada etapa de su vida.

AGRADECIMIENTOS

A los ingenieros Franklin Rioja, Javier Huerta y Jorge Puente por el apoyo brindado en aceptar desarrollar mi tesis en las instalaciones de la empresa, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

Al ingeniero Hope Rodríguez ex jefe de envasado línea 3 por brindarme su tiempo, recursos y sus conocimientos durante el desarrollo de este trabajo.

Al ingeniero Edwin Juárez Marchena mi asesor en tesis, por haberme guiado y apoyado a lo largo del proceso de estudio de mi proyecto.

RESUMEN

El presente estudio se realiza en una planta cervecera que se dedica a la elaboración, envasado y distribución de cerveza la cual abastece de a la zona norte del país, a partir de insumos altamente cualificados y óptimos para el consumidor. Teniendo un proceso natural de cocimiento y fermentación lo que hace que el sabor de la cerveza a nivel nacional sea el mejor. La empresa en el año 2 012 adquirió una línea de envasado totalmente automatizada con dispositivos electrónicos y servomotores, la cual rápidamente empezó a presentar fallas continuas debido a la aplicación de un plan de mantenimiento correctivo, ocasionando paradas de producción por 2 549,00 horas anuales, afectando la productividad de la cervecería y dejando de percibir una utilidad de S/. 19 147 342,15 de soles. En la investigación se evalúa la situación actual de la línea 3 teniendo como productividad actual de 74,32%, para lo cual se propone un plan de mantenimiento en función de los manuales del proveedor de las máquinas, con la finalidad de reducir las fallas y reducir el tiempo de paradas a 173 horas anuales, aumentando la productividad en un 90% que es lo que exige la empresa y la eficiencia de la producción en un 13,34%. Con estos resultados se busca cumplir con la demanda del mercado.

El nuevo diseño del plan de mantenimiento en las máquinas tiene un costo anual de S/. 2 269 350,80 soles con un tiempo de recuperación de un año, siendo una propuesta viable para la empresa cervecera. El VAN S/. 47 862 347,15, el TIR de 356% y el B/C de S/. 22.09, son los datos obtenidos del estudio financiero y por consiguiente avalan el rendimiento del proyecto.

Palabras clave: Mantenimiento, fallos, productividad, eficiencia, disponibilidad de equipos

ABSTRACT

This study is carried out in a brewery plant that is dedicated to the production, packaging and distribution of beer which supplies the northern part of the country, from highly qualified and optimal inputs for the consumer. Having a natural process of cooking and fermentation which makes the taste of beer nationwide the best. In the year 2 012 the company acquired a fully automated packaging line with electronic devices and servo motors, which quickly began to show continuous failures due to the application of a corrective maintenance plan, causing production stoppages for 2 549.00 hours per year, affecting the productivity of the brewery and ceasing to perceive a profit of S /. 19 147 342.15 soles. The investigation evaluates the current situation of line 3 with a current productivity of 74.32%, for which a maintenance plan is proposed based on the machine supplier manuals, in order to reduce failures and reduce downtime to 173 hours per year, increasing productivity by 90%, which is what the company requires, and production efficiency by 13.34%. With these results it is sought to meet market demand.

The new design of the maintenance plan for the machines has an annual cost of S /. 2,269 350.80 soles with a recovery time of one year, being a viable proposal for the brewing company. The VAN S /. 47 862 347.15, the IRR of 356% and the B / C of S /. 22.09, are the data obtained from the financial study and therefore guarantee the performance of the project.

Keywords: Maintenance, failures, productivity, efficiency, equipment availability

ÍNDICE

DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes del problema.....	13
2.2. Fundamentos teóricos	15
2.2.1. Mantenimiento	15
2.2.2. Tipos de mantenimiento	15
2.2.3. Pasos para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo	17
2.2.4. Indicadores de mantenimiento.....	18
2.2.5. Análisis de modo y efectos de fallas (AMEF)	19
2.2.6. Efectividad global de los equipos (OEE)	21
2.2.7. Análisis de criticidad.....	21
2.2.8. Productividad	22
2.2.9. Indicadores de Productividad	25
2.3. Rentabilidad.....	26
2.3.1. Rentabilidad económica	26
III. RESULTADOS	28
3.1. Realizar el diagnóstico actual de la línea 3 de envasado cervezas.	28
3.1.1. Situación actual de la línea 3 de envasado	28
3.1.2. Estructura y funcionamiento de la línea 3 de envasado	28
3.1.3. Proceso de envasado y descripción de los equipos	28
3.1.4. Diagrama de flujo del proceso de envasado en línea 3.	38
3.1.5. Diagnóstico del mantenimiento actual de la línea 3 de envasado	39
3.1.6. Causas de las paradas en línea 3.....	39
3.1.7. Indicadores actuales de productividad y producción	46
3.1.8. Indicadores actuales de mantenimiento.....	51
3.1.9. Impacto económico actual	56
3.2. Elaborar y diseñar el plan de mantenimiento más conveniente para la línea 3 de envasado.	58
3.2.1. Plan de Mantenimiento.	58
3.2.2. Política de mantenimiento.....	58
3.2.3. Determinación del OEE de los equipos.	60

3.2.3. Análisis de criticidad de los equipos.....	62
3.2.4. Análisis de Modo y efecto de fallas de los equipos críticos.	64
3.2.5. Plan de mantenimiento de la Lavadora de Botellas	67
3.2.6. Mejora de la productividad después del plan de mantenimiento	87
3.3. Realizar el análisis costo – beneficio de la propuesta de mantenimiento.....	88
3.3.1. Costos del Plan propuesto de Mantenimiento en envasado línea 3	88
3.3.2. Costos del mantenimiento actual en envasado línea 3	91
3.3.3. Flujo de caja económico	94
IV. CONCLUSIONES	95
V. RECOMENDACIONES	96
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
VII. ANEXOS	99
ANEXO 01: Registro de los equipos de la línea 3 de envasado.	99
ANEXO 02: Fichas técnicas de los equipos que se analizaron en la línea 3 de envasado .	100
ANEXO 03: Formatos para los trabajos de inspección, lubricación, ajuste y acceso seguro de la máquina.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de ponderación del análisis de criticidad.....	22
Tabla 2: Productividad de materia prima del año 2018.....	47
Tabla 3: Productividad de mano de obra año 2018.....	48
Tabla 4: Producción por hora en línea 3 año 2018.....	49
Tabla 5: Producción diaria del 20/04/2018 en velocidad botella/minuto.....	50
Tabla 6: Tiempos de parada en línea 3 de envasado en horas del año 2018.....	53
Tabla 7: : Valor de alarma de la confiabilidad de los equipos	54
Tabla 8: Indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de los equipos año 2018.....	55
Tabla 9: Cálculo de los costos y gastos para producir un SKU Cristal 650ml.....	56
Tabla 10: Costos de elaboración y envasado de una botella Cristal 650ml	57
Tabla 11: Precio de venta de un SKU Cristal 650 ml	57
Tabla 12: Evaluación económica de línea 3 envasado cervezas	57
Tabla 13: OEE de la línea 3 de envasado de cerveza.....	61
Tabla 14: Jerarquización de eventos	62
Tabla 15: Interpretación de la frecuencia de una Falla	62
Tabla 16: Análisis de criticidad de los equipos en envasado de cervezas línea 3.....	63
Tabla 17: Análisis de Modo y Efecto de Fallas en lavadora de botellas.....	65
Tabla 18: Análisis de Modo y Efectos de Fallas en la Encajonadora de botellas	66
Tabla 19: Plan de mantenimiento para el Sistema de Carga en Lavadora de Botellas	68
Tabla 20: Cronograma de mantenimiento para el Sistema Carga en lavadora de botellas	69
Tabla 21: Plan de Mantenimiento para Transportes de Entrada hacia Sistema de Carga de Lavadora de Botellas.....	70
Tabla 22: Cronograma de Mantenimiento para los Transportes de entrada hacia el Sistema de Carga en Lavadora de Botellas.....	71
Tabla 23: Plan de Mantenimiento para el Sistema de Intercambiadores de Calor en Lavadora de Botellas.....	72
Tabla 24: Cronograma de Mantenimiento para el Sistema de Intercambiadores de Calor en Lavadora de Botellas.....	73
Tabla 25: Plan de Mantenimiento para las Bombas de Soda Cáustica en Lavadora de Botellas.....	74
Tabla 26: Cronograma de mantenimiento para las bombas de soda cáustica en lavadora de botellas	75
Tabla 27: Plan de Mantenimiento para el Sistema de Lavado en Lavadora de Botellas	76
Tabla 28: Cronograma de Mantenimiento para el Sistema de Lavado en Lavadora de Botellas.....	77
Tabla 29: Plan de Mantenimiento para los Ablandadores de Agua en Lavadora de Botellas .	78
Tabla 30: Cronograma de Mantenimiento para los Ablandadores de Agua en Lavadora de Botellas.....	78
Tabla 31: Plan de Mantenimiento para el Sistema de Descarga en Lavadora de Botellas.....	79
Tabla 32: Cronograma de Mantenimiento para el Sistema de Descarga en Lavadora de Botellas.....	80
Tabla 33: Plan de Mantenimiento para el Sistema del Cabezal de Agarre en Encajonadora...	81
Tabla 34: Cronograma de Mantenimiento para el Sistema del Cabezal de Agarre en Encajonadora.....	82

Tabla 35: Plan de Mantenimiento para el Sistema Bastidor en Encajonadora.....	83
Tabla 36: Cronograma de Mantenimiento para el Sistema Bastidor en Encajonadora.....	84
Tabla 37: Plan de Mantenimiento para el Sistema de Accionamiento Elevador en Encajonadora	85
Tabla 38: Cronograma para el Mantenimiento del Sistema de Accionamiento Elevador en Encajonadora.....	86
Tabla 39: Comparación antes y después de la propuesta de mejora	87
Tabla 40: Costo de los equipos y herramientas para implementar el área de mantenimiento .	88
Tabla 41: Costo anual de la logística y ejecución de la propuesta del mantenimiento	89
Tabla 42: Costo anual de los materiales para el plan de mantenimiento	90
Tabla 43: Costo del plan actual del mantenimiento en línea 3.....	92
Tabla 44: Flujo de caja económico.....	94
Tabla 45: Cálculo del VAN, TIR y B/C.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Factores de productividad en las empresas.....	23
Figura 2: Depaletizadora – Modul Pal	29
Figura 3: Desencajonadora – Smart Pack.....	30
Figura 4: Lavadora de Botellas – Lavatec KD.....	31
Figura 5: Inspector de Botellas Vacías.....	32
Figura 6: Llenadora de Botellas - Modulfil.....	33
Figura 7: Pasteurizador Túnel	34
Figura 8 Etiquetadoras - Topmatic.....	35
Figura 9: Encajonadora – Smart Pack	36
Figura 10: Paletizadoras – Modul Pal	37
Figura 11: Diagrama de Flujo del proceso de envasado de cerveza	38
Figura 12: Diagrama de Pareto de las paradas en minutos del año 2018 en envasado de línea 3	40
Figura 13: Árbol de fallas en el sistema de descarga	41
Figura 14: Árbol de fallas en el sistema de lavado.....	42
Figura 15: Árbol de fallas en el sistema de carga.....	43
Figura 16: Árbol de fallas en el intercambiador de calor	44
Figura 17: Árbol de fallas en el accionamiento elevador	45
Figura 18: Árbol de fallas del mecanismo bastidor.....	46
Figura 19: Política de Mantenimiento	59

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en cuanto al consumo, China se convirtió en el mayor mercado de cerveza del mundo, superando Estados Unidos. Según el informe de Euromonitor International, en 2015, los chinos bebieron casi la doble cantidad de la cerveza que la de Estados Unidos. Por ahora, los siguientes cinco marcas de cerveza son las que ocupan 80% del mercado chino, China Resource Snow Breweries, Beijing Yangjing beer, Tsingtao Brewery, Carlsberg China y Anheuser-Busch InBev [1]

Según Kirin Beer University, en el 2016 [2] realiza un comunicado sobre el consumo mundial per cápita de cerveza por país, se puede observar que el consumo de cerveza sigue siendo liderado por la región de Asia por noveno año consecutivo siendo China el que representa el mayor porcentaje de consumo, pero de forma global el consumo cae por segundo año.

En tal sentido las empresas de cualquier proceso de manufactura buscan constantemente la reducción de tiempo en sus procesos para así mejorar la productividad. Podemos observar un bajo incremento en la productividad en los países de Sur América. Siendo así hoy en día Perú, Brasil y Colombia se encuentran al mismo nivel [3]

La RAE [4] define la productividad como la capacidad de ser productivo, por lo tanto, se tiene la cualidad de producir más con menos. Esto quiere decir que para ser productivo se debe reducir a cero los desperdicios evitar las pérdidas y tener una relación óptima entre el producto y los procedimientos empleados.

Cervecería Motupe es la empresa pionera de la industria cervecera en el norte del Perú. Cuenta con marcas de prestigio a nivel nacional e internacional, como toda empresa de alto rendimiento y consumo que busca satisfacer a los consumidores a lo largo de todo el país.

La investigación se desarrollará en las instalaciones de cervecería Motupe la cual cuenta con dos líneas de envasado, pero nuestro estudio se enfocará en la línea Krones ya que es la que presenta fallas continuas en las máquinas que intervienen en el proceso. Estas paradas y averías tienen un gran impacto en el tiempo perdido, ya que generan elevados costos en reparación por terceros en su mayoría esto hace imposible el cumplimiento de la demanda programada.

Para resolver estos contratiempos, se propone diseñar el plan de mantenimiento en los equipos de la línea 3 de envasado para incrementar la productividad en la empresa cervecera lo que ayudará a la continuidad del proceso productivo, la prolongación de la vida útil de los equipos y disminuir los costos de mantenimiento en que incurre la empresa.

Analizando cada fase del proceso productivo y así incrementar la productividad, reducir los tiempos de paradas creando un impacto positivo para la empresa cervecera abasteciendo a la demanda.

Para realizar este proyecto se propone como primer objetivo el diagnóstico actual de los equipos de la línea 3 de envasado, proponer el diseño y elaboración del plan de mantenimiento que mejor se adapte a la problemática y finalmente se analizará si la rentabilidad es positiva para la empresa.

Es conveniente indicar que la siguiente propuesta de investigación se basa claramente en información confidencial de la compañía en estudio y de fuentes confiables.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Como sostiene Zuñe [5] en su investigación “Propuesta de mejora del procesamiento de agro negocios Sicán S.A.C. para aumentar la productividad” en este trabajo de investigación se analiza el proceso productivo de dicha empresa donde se recopiló información y así mejorar los indicadores de producción y productividad teniendo un aumento después de la mejora en productividad de materiales en 14,29%, productividad de mano de obra en 15,31%, productividad de maquinarias en 11,43%, siendo así factible la propuesta de mejora.

Como sostiene Albán [6] en su investigación “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias de la empresa Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad” . Construcciones Reyes S.R.L. industria dedicada a la reparación y fabricación ofreciendo diversos servicios a las compañías pesqueras, petroleras y mineras, no tiene una línea productiva establecida, siendo así en el proceso productivo se presentan muchas fallas debido al inadecuado plan de mantenimiento lo cual conlleva a pérdidas económicas, en producción, tiempo y aminora el tiempo de vida útil de los equipos ya que se les exige a seguir trabajando con las averías que se presentan en el proceso. Debido a lo ya mencionado propone la elaboración de programas de mantenimiento preventivo para los equipos que intervienen en el proceso, para luego implementarlas, dando lugar a el aumento de la producción a 7 153 productos, reducción de tiempo de paradas en un 97,81%, frecuencias de fallas en un 81,43%, los costos de las fallas mecánicas en un 75,14%. Finalmente, los indicadores de productividad incrementaron: horas trabajadas en 0,027, la de insumos en 0,76, la de materia prima en 0,145.

Como sostiene Tullume [7] en su trabajo de investigación “Propuesta de mejora del proceso productivo de bebida gaseosa en la empresa complejo industrial San Antonio E.I.R.L. para incremento de su productividad” en el desarrollo del presente trabajo se busca la mejora del proceso productivo y así evitar pérdidas económicas aumentando su productividad. Finalmente, con la propuesta se busca aumentar 20% de productividad de

mano de obra, 22% productividad económica, incremento de la producción en un 20% para satisfacer la demanda del mercado.

Como sostiene Robles [8] en su investigación “Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM para incrementar la vida útil del tren de fuerza de camiones de acarreo marca Caterpillar modelo 793d en sociedad Minera Cerro Verde” teniendo como objetivo el diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM para incrementar la vida útil del tren de fuerza de camiones de acarreo marca Caterpillar modelo 793D en Sociedad Minera Cerro Verde. Luego del diagnóstico del área, análisis de efectos de falla y el análisis de la causa raíz de las fallas de los componentes del tren de fuerza se identificaron. Un aspecto importante y que fue primordial para el desarrollo del proyecto fue el registro de la información histórica. Todos los datos requeridos como horas de operación, horas acumuladas de componentes, informes de falla en campo, informes de reparación del componente en taller, análisis de falla, resultados de análisis de aceites, tapones magnéticos, descargas de información electrónica del equipo fue tomada en cuenta para los análisis de este proyecto. Al término de éste proyecto se pudo cumplir con el objetivo central, el cuál fue aplicar el RCM para incrementar la vida útil del tren de fuerza de los camiones Caterpillar en Sociedad Minera Cerro Verde.

Como sostienen Alfaro y Altamirano [9] en su investigación “Propuesta de mejora para incrementar la productividad de los equipos de carguío y acarreo en mina La Arena S.A. Huamachuco, 2017” expresa en su proyecto herramientas que posibilite aumentar la efectividad de las máquinas de carguío y acarreo de mina la Arena S.A. La metodología utilizada es de investigación descriptiva, es el estudio de datos estadísticos y otros adquiridos de fuentes vitales de la empresa; se hizo un análisis de los documentos de histórico de productividades del año 2017 de los equipos de carguío y acarreo, donde se validó por el Coeficiente de Alfa de Cron Bach se efectuó pruebas estadísticas de normalidad en el minitab de las productividades. En conclusión, se define que al aplicar las mejoras en los equipos aumenta la productividad de los mismos siendo viable las mejoras.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Mantenimiento

Según Pistarelli, [10] define al mantenimiento como una sucesión de actividades agrupadas que se realizan en una máquina, para cuidar y preservar su vida útil, manteniéndolas en perfecto estado con respecto a su rentabilidad y seguridad. Es muy importante la seguridad en el área de trabajo ya que está muy vinculado con el mantenimiento de los equipos. En general el mantenimiento no solo debe limitarse en los trabajos de preservación de los equipos, sino también en el constante mejoramiento en los procesos de manufactura, teniendo en cuenta el avance tecnológico.

2.2.1.1. Objetivos del mantenimiento

- Eliminar las paradas de los equipos por fallas.
- Evitar irregularidades ocasionados por la falta de mantenimiento.
- Disminuir el grado de las fallas.
- Conseguir y alargar el tiempo de vida de los equipos.
- Influir en la conservación óptima de los equipos (seguridad y rentabilidad).
- Reducción en los costos directos e indirectos.
- Coordinación e integración de las áreas de producción y mantenimiento.
- La innovación tecnológica y automatización de los procesos productivos.

2.2.2. Tipos de mantenimiento

Cualquier compañía de producción que opere con maquinarias y equipos, para desarrollarse de forma perfecta debe poseer un modelo de mantenimiento determinado con respecto al proceso productivo que realice. En determinadas ocasiones cuando las compañías son de gran tamaño pueden laborar con más de un plan de mantenimiento, esto se da de acuerdo al índice de mantenibilidad de los equipos de la empresa. A continuación, nombramos los diferentes tipos:

2.2.2.1. Mantenimiento preventivo

En la referencia [11] explica que este modelo de mantenimiento se da inicio por la carencia de corregir las complicaciones del mantenimiento correctivo. Aquí se realizan los cambios de los repuestos o piezas de las máquinas de manera periódica por lo que asegura el correcto desempeño de los equipos. Es así que los cambios de los elementos pueden realizarse posteriormente, o pre programarlos, o al presentarse una falla, si ésta sucede con anticipación. Toda avería tiene carácter aleatorio, es muy difícil que las actividades de mantenimiento preventivo procedan al reemplazo de las piezas antes de que éstas lo necesiten, pues causaría un desaprovechamiento del inventario de uso de los equipos.

El mantenimiento preventivo usualmente comprende una serie de funciones y son:

- Lavado, limpieza e inspecciones frecuentes.
- Preservación de las máquinas y protección contra los agentes ambientales.
- Verificación en la lubricación.
- Recambio y arreglo de los puntos débiles.
- Reparación y recambios de repuestos organizado.

2.2.2.2. Mantenimiento Predictivo

Según [10] dice que las fallas se predicen antes de que se produzcan. Se trata de anticiparse a las fallas o al instante en que la maquinaria deja de producir en perfectas condiciones. Para alcanzar esto se realiza el diagnóstico que se basa en estos parámetros (vibración, radiación infrarroja, tensiones y corrientes de alimentación), que los equipos emiten en el proceso productivo. En conclusión, el mantenimiento predictivo, se adelanta con un periodo de tiempo a los fallos más significativos de las máquinas y así planificar todas las actividades del mantenimiento, para que las averías eviten graves consecuencias en la compañía.

El mantenimiento predictivo se basa en:

- Analizar las características de los equipos y sus potenciales fallas.
- Normalizar los modos de fallos a parámetros predictivos de supervisión y asignarles los límites de aceptación o alarmas correspondientes.

- Sistematizar y establecer los valores de alarma para confirmar su diagnóstico, estimación y acción.

2.2.2.3. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM

Según [12] este tipo de mantenimiento sirve para aumentar la función de los equipos y máquinas que interviene en un proceso productivo y controlar los efectos de sus fallas. El procedimiento se aplica a todo tipo de equipos, sistemas, etc, y ha sido usado en muchas compañías de todo el planeta. Desde industrias petroquímicas de primer nivel hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan RCM para especificar las actividades de mantenimiento de sus equipos.

2.2.3. Pasos para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo

Según [11] para determinar la constitución de un plan de mantenimiento preventivo hay que seguir los siguientes pasos:

2.2.3.1. Administración del plan de mantenimiento

Primero se concentra un equipo de trabajo que comience y realice el plan de mantenimiento preventivo. Se elegirá a un operador como líder del equipo de trabajo, es de suma importancia el involucramiento de la alta dirección para que el plan funcione. Después de desplegar el plan y organizar el equipo necesario para el mismo, el equipo deberá de comenzar la actividad de constituir el plan.

2.2.3.2. Inventario e identificación de equipos

Para este paso se realiza el inventario de todas las máquinas presentes en el proceso de producción la infraestructura, máquinas, piezas, repuestos, todos los detalles que sean de prioridad. Se establecerá una técnica de códigos que servirá para identificar el tipo, ubicación y número del equipo.

2.2.3.3. Ordenes de trabajo

Es un documento donde se detallará el tipo de equipo a intervenir las tareas del plan de mantenimiento, los técnicos que requiere, el número de trabajadores, las piezas que se cambiarán, los métodos que se llevarán a cabo, medidas de

prevención de accidentes, medidas de mitigación de impactos ambientales y pasos a seguir en general.

2.2.3.4. Plan de mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es asignar las actividades de mantenimiento a intervalos de tiempo definido. Cuando se ejecuta debe realizarse con mucha combinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con la demanda de la producción. Es vital un control para observar cualquier desviación con respecto al plan de mantenimiento. El Ingeniero de Mantenimiento Preventivo debe tener en cuenta que establecer un plan de mantenimiento toma tiempo y que no debe esperar resultados inmediatos, sin embargo, al cabo de pocos meses se verá gradualmente el progreso.

2.2.4. Indicadores de mantenimiento

2.2.4.1. Disponibilidad

En la referencia [13] explica que es la capacidad que tienen los equipos o componentes para realizar sus funciones requeridas en un tiempo determinado, se puede decir que es la confianza de las partes en donde se ha hecho mantenimiento funcionen satisfactoriamente. Se puede expresar como el porcentaje de tiempo en operación de los equipos en funcionamiento.

$$D(t) = \frac{\sum \text{tiempo disponible de producción}}{\sum t. \text{disp. prod.} + \sum \text{tiempo de prod.}}$$

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF+TMPR} \dots\dots\dots \text{Ec.1}$$

2.2.4.2. Confiabilidad

En la referencia [13] se explica que confiabilidad es la cualidad de los equipos o sus componentes para funcionar en un tiempo determinado bajo las condiciones habituales de trabajo. En conclusión, confiabilidad es la posibilidad de que no

ocurran fallas de ningún tipo en los equipos, para cumplir con las metas u objetivos de producción.

$$\text{Confiabilidad} = TPEF = \frac{\text{horas de producción}}{\# \text{ total de averías}} \dots\dots\dots \text{Ec.2}$$

2.2.4.3. Mantenibilidad

Según [14] la mantenibilidad es el indicador que determina el tiempo que demora en ser reparado cierto equipo.

$$TPPR = \frac{\text{tiempo de averías}}{\# \text{ de averías}} \dots\dots\dots \text{Ec.3}$$

2.2.5. Análisis de modo y efectos de fallas (AMEF)

Según [15] es un procedimiento que nos proporciona describir las averías en productos, procesos y sistemas, así como determinar de manera imparcial sus efectos, causas y elementos de identificación, para de este modo, evitar su ocurrencia y tener un método acreditado de prevención. Las etapas básicas necesarias para el desarrollo del Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA) son:

1. Detalla las máquinas a evaluar.
2. Establece las funciones de cada equipo.
3. Define las fallas funcionales.
4. Define los modos de fallas.
5. Define los efectos de fallas.

La utilidad probable del AMEF, es que este instrumento es un documento emprendedor, en el cual se puede almacenar y ordenar mucha información acerca de los productos, procesos y el sistema en general. La información es un capital invaluable de las organizaciones.

2.2.5.1. Metodología del AMEF

- **Identificación de los Componentes del producto**, ya sea desde el punto de vista de diseño del producto o del proceso que se vaya a utilizar para su fabricación, y de las funciones que desempeña cada uno de ellos.
- **Determinar la Función del Componente**, es el fin por el cual ha sido elaborado.
- **Identificar la Falla Funcional**, es la anti-función del componente por el cual opera de manera anormal.
- **Identificación del Modo de Fallo**. Aquí se indican todos los modos de fallos potenciales que pueden producirse, pueden ser: AMEF de diseño y AMEF del proceso.
- **Determinación del Efecto de Fallo**. En esta etapa se analizan los efectos causados por cada modo de fallo que se encuentra en el diseño o proceso.
- **Identificación de los Controles Actuales**. Aquí se logran identificar todos los modos de fallo y sus efectos donde se tiene un control de los mismos para lograr evitar que se produzcan o que aparezcan en el proceso.

2.2.5.2. Tipos de AMEF

- **AMEF de Sistema**: Este tipo de herramienta sirve para predecir las fallas en los softwares, incrementando las posibilidades de preverse a las consecuencias que pueden llegar a tener en su función. Asegura la concordancia de los componentes del sistema.
- **AMEF de Diseño**: Aquí el objetivo de análisis es todo lo ligado con su descripción. Por tanto, se orienta a los modos de falla de los componentes causados por el diseño de los mismos ya sea por materiales, dimensiones.
- **AMEF de Proceso**: En este apartado se estudian los defectos del producto final que derivan directamente del proceso productivo aquí se evidencia la falta de capacidad de producir bajo los requerimientos que se persiguen.

2.2.6. Efectividad global de los equipos (OEE)

En la referencia [11] nos dice que es la relación del rendimiento con la disponibilidad operativa y la calidad del proceso, cuando se mide el OEE sirve para mostrar cuan bien la corporación está utilizando los recursos. Esto comprende la maquinaria, trabajo y la experiencia de convencer a sus clientes de la calidad determinada. En conclusión, el OEE evalúa cuan efectiva es una industria en sus procesos.

$$OEE = disponibilidad * tasa de calidad * eficiencia.....Ec.4$$

El OEE permite identificar las pérdidas diferenciadas en los siguientes factores:

- ❖ **Rendimiento:** Es la relación de todo lo producido en un tiempo determinado con todo lo que se ha programado por producir.

$$Rendimiento = \frac{Produccion\ real}{Produccion\ programada} * 100.....Ec.5$$

- ❖ **Calidad:** Aquí vemos a todas las unidades producidas con respecto a las defectuosas.

$$Calidad = \frac{Produccion\ real - Unidades\ defectuosas}{Produccion\ real} * 100...Ec.6$$

2.2.7. Análisis de criticidad

Según la referencia [15], habla sobre la criticidad como un indicador proporcional al riesgo que permite instaurar la categoría o preferencias de los procesos, sistemas y equipos, estableciendo un sistema que facilite la toma de decisiones acertadas y efectivas, y posibilite direccionar el trabajo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo.

Tabla 1: Factores de ponderación del análisis de criticidad

Frecuencia de falla	Factor
Frecuente: mayor a 2 fallas al año	4
Promedio: 1 y 2 fallas al años	3
Bueno: 1 falla al año	2
Impacto a la población	Factor
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%	7
Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	5
Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%	3
Pérdidas de producción menor al 10%	1
Flexibilidad Operacional	Factor
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción	4
Se cuenta con unidades de reserva que logren cubrir de forma parcial la producción	2
Se cuenta con unidades de reserva en línea	1
Costos de mantenimiento	Factor
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 3 000	2
Costos de reparación, materiales y mano de obra entre 1 a 3 000	1
Impacto a seguridad y medio ambiente	Factor
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud	8
Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud e incidente ambiental mayor	6
Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud e incidente ambiental menor	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños al ambiente	1

Fuente: Kanawaty

2.2.8. Productividad

Según Procopenko [16] en concepto, la productividad es la relación entre la producción conseguida por un plan de producción o servicios y los recursos empleados para conseguirla. Por esta razón, el rendimiento se delimita como el uso eficiente de bienes, trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios. Cuando la productividad es grande

significa la producción de más con la misma cantidad de recursos, o el resultado de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo. Esto se suele representar con la fórmula:

$$Productividad = \frac{Producto}{Insumo} \dots\dots\dots Ec.7$$

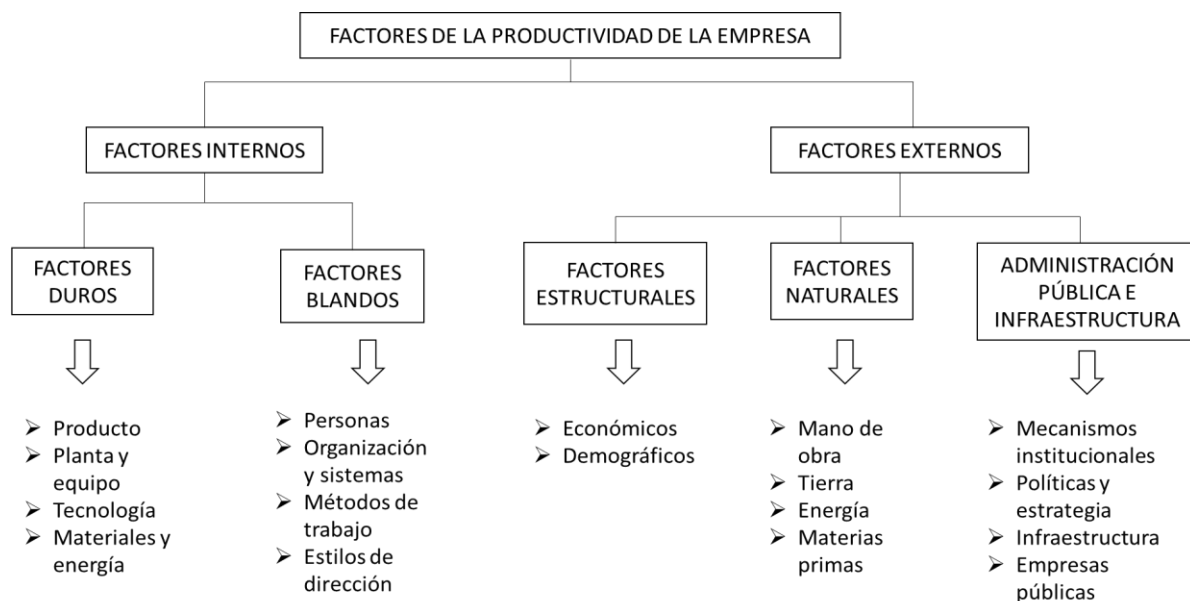
- **Importancia de la Productividad**

Según Procopenko [16] nos manifiesta que un país productivo incrementa el bienestar de la nación. La mayor importancia del ingreso bruto, o del PNB, ocurre a través del mejoramiento de la eficacia y la calidad de la mano de obra, y no mediante el empleo de más trabajo y capital. En otros términos, es el único sendero para que una compañía se mantenga en este mundo altamente competitivo.

- **Factores que afectan la productividad**

Según [17] habla de las diferentes causas que afectan la productividad, se empezará con la descripción realizada, donde se plasma un modelo integrado de los factores de la productividad en una organización.

Figura 1: Factores de productividad en las empresas



Fuente: Adaptado de D'Alessio 2015:631

Este modelo indica que existen dos tipos de factores principales que afectan la productividad Externos e Internos, en el caso de este estudio se enfocará en los de tipo interno entre los que destacan:

- Factores duros, como producto, planta y equipo, tecnología, materiales y energía.
- Factores blandos, como personas, organización, métodos de trabajo y estilos de dirección.

Por otro lado, Gutiérrez [15] responde a la interrogante de cuáles son los agentes que causan la baja productividad proponiendo que más del 90% de las fallas no son responsabilidad directa del personal que labora, sino de los insumos y métodos que utiliza el proceso; añade que se debe revisar primero si los productos y servicios finales cumplen las exigencias de los clientes y si son entregados a tiempo; por último sugiere que la mejor manera de aumentar la productividad es capacitando y rediseñando los procesos y sistemas de la organización, mejorando los métodos utilizados.

- **Criterios de la productividad**

Coexisten una gran diversidad de parámetros que afectan el rendimiento de las tareas, pero singularmente se examinan las causas conocidas como las “M” mágicas, citadas así porque todos ellos en inglés comienzan con EME. Hombres (men), dinero (Money), materiales, métodos, mercados (markets), máquinas (machine), medio ambiente, mantenimiento del sistema, misceláneos: controles, materiales, costos, inventarios, calidad, cantidad, tiempo, etc , manufactura.

Desde este enfoque, se puede analizar la productividad de la siguiente manera:

- ❖ **Productividad de materia prima:**

$$PMP = \frac{\text{Entradas de MP}}{\text{Salidas}} \dots\dots\dots \text{Ec.8}$$

❖ **Productividad del recurso humano:**

$$PMO = \frac{\text{Produccion actual}}{\text{N}^\circ \text{ de operarios}} \dots\dots\dots \text{Ec.9}$$

❖ **Productividad económica:**

$$P. \text{ capital} = \frac{\text{Produccion actual}}{\text{Inversion en materiales}} \dots\dots\dots \text{Ec.10}$$

2.2.9. Indicadores de Productividad

❖ **Capacidad proyectada, de diseño, utilizada y ociosa**

- **Capacidad.** – Según [11], nos dice que la capacidad es la elaboración o número de unidades que una compañía puede gestionar, percibir, acumular o elaborar en un periodo determinado.
- **Capacidad proyectada o diseñada:** es la condición ideal para obtener el máximo rendimiento teórico en un espacio de tiempo designado.
- **Capacidad efectiva o real:** es el volumen que una compañía espera lograr combinando todos los métodos y estrategias empleados.
- **Capacidad utilizada:** es la capacidad actual, dadas las limitaciones operativas.
- **Capacidad ociosa:** es la capacidad por la diferencia entre la capacidad real y la utilizada.

❖ **Utilización**

Es la producción real como porcentaje de la capacidad proyectada.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Produccion real}}{\text{Capacidad Proyectada}} \dots\dots\dots \text{Ec.11}$$

❖ Eficiencia

Según [11] la eficiencia es el resultado de las metas pronosticadas mediante el uso de recursos utilizables y la eficiencia busca la mejor forma de realizar las actividades (métodos) con la finalidad de que los bienes se usen de la manera más razonable posible. Así se tiene que:

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ Efectiva} \dots\dots\dots Ec.12$$

$$Cap.\ usada = Cap.\ disponible - Tiempo\ muerto \dots\dots\dots Ec.13$$

$$\% Eficiencia = \frac{Capacidad\ usada}{Capacidad\ disponible} \times 100 \dots\dots\dots Ec.14$$

$$\% Eficiencia = \frac{Produccion\ real}{Produccion\ programada} \times 100 \dots\dots\dots Ec.15$$

2.3. Rentabilidad

Según [16] nos dice que es un principio que se adapta a toda operación económica en la que se movilizan unos medios, materiales, humanos y financieros con el fin de obtener unos resultados. Esto quiere decir que es la relación entre el beneficio producido y los procedimientos que se usan para alcanzarlos con la finalidad de elegir alternativas o juzgar la eficiencia de las acciones realizadas, según que el estudio realizado sea factible o no.

2.3.1. Rentabilidad económica

Rentabilidad sobre la Inversión (RSI) o Rendimiento sobre los Activos totales (RSA): La RSI es una medida fundamental de la rentabilidad económica y puede ser utilizada en tres áreas de gran importancia, el RSI permite: obtener un indicador de la efectividad de la dirección, medir la capacidad de la empresa para generar un rendimiento satisfactorio de la inversión y ser un método para la proyección de beneficios.

El beneficio neto a ventas mide los resultados de explotación y la rentabilidad; la relación de activo mide la utilización de activos, es decir, la efectividad como se generan ventas utilizando los activos disponibles.

RSI = Beneficio Neto / Activos Totales.....Ec.16

III. RESULTADOS

3.1. Realizar el diagnóstico actual de la línea 3 de envasado cervezas.

3.1.1. Situación actual de la línea 3 de envasado

La empresa en la actualidad es muy distinta a la que fue hace 20 años ya que ha presentado varias modificaciones, tanto en la maquinaria como en las estructuras para las diversas áreas de expansión en sus instalaciones, debido a la creciente demanda en el mercado. Dentro de estas expansiones esta la nueva línea Kronen que consta con 12 máquinas que son operadas por técnicos mecánicos y eléctricos. Por este motivo la empresa comenzó a funcionar y alcanzando muy optimas eficiencias, pero al pasar de los años la falta de un mantenimiento programado y limpiezas, algunos equipos están deteriorados y fuera de servicio. La ubicación de la empresa es muy favorable y estratégica ya que se encuentra en campo abierto, donde hace uso del agua del subsuelo que es muy apreciada y libre de impurezas. Con respecto a los procesos internos de la empresa hay que señalar que cuenta con 2 procesos muy importantes que le representan altas ganancias de producción. Estos procesos son: La elaboración de cerveza y el envasado de cerveza. En donde estamos centrando el trabajo es en el área de envasado de cervezas ya que debido a las numerosas paradas de producción no cumplimos con la meta de la demanda a fin de mes.

3.1.2. Estructura y funcionamiento de la línea 3 de envasado

En el proceso de envasado de línea 3 cuenta con maquinarias modernas marca Kronen (Alemania), el cual inicia desde la recepción de cajas con envases vacíos y termina con la paletización de envases llenos y óptimos para el consumo.

3.1.3. Proceso de envasado y descripción de los equipos

3.1.3.1. Depaletizado

En este proceso el montacarguista coloca dos pallets con envases vacíos y sucios encima del transporte de rodillos el cual es dirigido hacia las dos depaletizadoras. Una vez que están centradas en las maquinas se procede al depaletizado de las

cajas llevándolas por los transportes de cadenas y los pallets vacíos son transportados hacia la paletizadora y al almacén de pallets.

- **Marca:** Krones
- **Modelo:** Modulpal

Figura 2: Depaletizadora – Modul Pal



Fuente: Manuales Krones AG

- **Principio de funcionamiento**

En la viga vertical podemos observar que está acoplado un cabezal que le sirve para el movimiento vertical, este cabezal está compuesto por unas uñas de agarre activada por cilindros neumáticos que sirve para el agarre de las cajas y a la vez son llevadas al pallet. Este movimiento puede ser vertical, horizontal y circular.

- **Campos de aplicación**

Se encuentran en el proceso de paletizado y depaletizado de cajas plásticas o de cartón.

- **Rendimientos**

Varía según la versión, hasta 500 capas/h

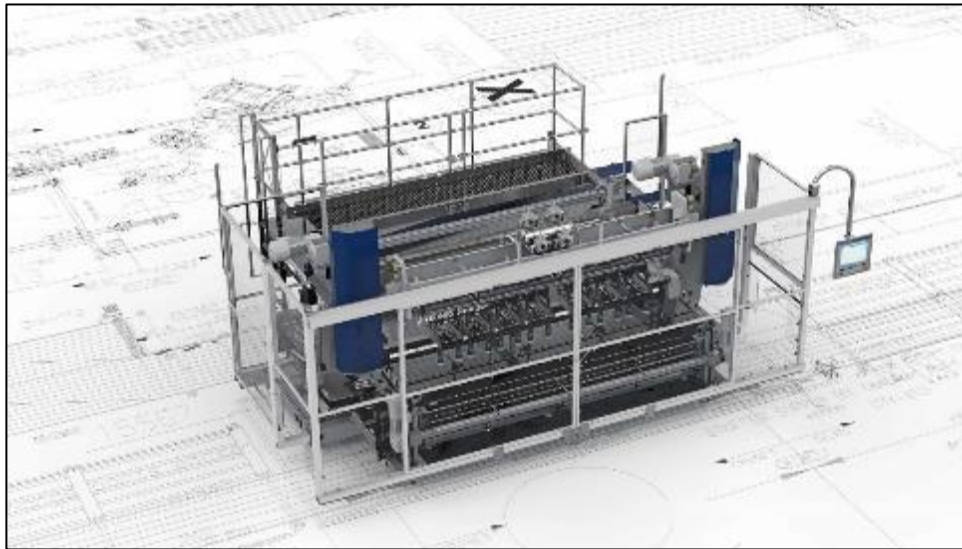
3.1.3.2. Desencajonado

Se cuenta con dos transportes de cadenas de tablilla para el abastecimiento hasta la desencajonadora que viene desde la depaletizadora. La desencajonadora cuenta con un cabezal de movimiento pendular y con tulipas capaces de coger 18 cajas y

colocarlas en la mesa de transporte que se dirige hacia la lavadora de botellas. Las cajas vacías continúan por los transportadores hacia la lavadora de cajas.

- **Marca:** Krones
- **Modelo:** Smartpac

Figura 3: Desencajonadora – Smart Pack



Fuente: Manuales Krones AG

- **Principio de funcionamiento.**

En el funcionamiento de la máquina es importante el movimiento pendular de la misma ya que es sincronizado por el servo accionamiento teniendo una alta capacidad de producción. Consta de una prensa botellas que trabajan con aire comprimido para sujetar las botellas y encajonar o desencajonar.

- **Campo de aplicación.**

En los procesos de desencajonado y encajonado de cajas plásticas o de cartón.

- **Rendimiento.** – Varía según la versión desde 420 hasta 530 impulsos /hora.

3.1.3.3. Lavado de botellas

La lavadora Krones está compuesta por capachos que contienen 54 bolsillos, por donde entran las botellas sucias y son movilizadas. Cuando un canasto recoge las 54 botellas se le denomina un golpe de la lavadora.

- **Marca:** Krones
- **Modelo:** Lavatec D4

Figura 4: Lavadora de Botellas – Lavatec KD



Fuente: Manuales de kronen AG

- **Principio de funcionamiento.**

Esta lavadora ha sido diseñada teniendo en cuenta el ahorro energético y el impacto al medio ambiente ya que consta con un sistema de calefacción que permite ahorrar energía calorífica. Cuenta con conductímetros que aseguran las concentraciones de soda en los tanques de lavado.

- **Campo de aplicación.**

Lavado de botellas retornables de vidrio apto para alimentos.

- **Rendimiento.** – Varía según la versión desde 20000 hasta 135000 bpm.

3.1.3.4. Inspección de botellas vacías

El inspector de botellas es el encargado de rechazar todas las botellas que lleguen en mal estado después del lavado de botellas ya sean sucias con cuerpos extraños externamente como en el interior.

Figura 5: Inspector de Botellas Vacías



Fuente: Manuales kronen AG

○ **Principio de funcionamiento**

Esta máquina se encarga de verificar y analizar en milisegundos todas las botellas a la salida de la lavadora de botellas que tienen fragmentos extraños en su interior o no han sido bien lavadas. Cuenta con varios lentes ópticos que se encargan de eliminar o desechar estas botellas sucias del proceso.

○ **Campo de aplicación.**

Se encarga de eliminar todas las botellas que se encuentren fuera del estándar permisible para su correcto envasado se pueden encontrar en la industria PET o de vidrio.

○ **Rendimiento.** – Varía según la versión desde 70000 hasta 125000 bpm.

3.1.3.5. Llenado y taponado

En esta etapa del proceso las botellas pasan a ser llenadas y taponadas a presión y temperatura dentro de especificaciones. Después del proceso de inspección en esta etapa se garantiza la inocuidad del producto en el interior de la botella debido a la asepsia de la máquina y el área de trabajo.

Figura 6: Llenadora de Botellas - Modulfil



Fuente: Manuales Krones AG

- **Principio de funcionamiento:**

Esta máquina consta de un distribuidor que es el que abastece del líquido que se va a envasar, consta con tarjetas electrónicas que se encargan del llenado en milisegundos. Esta apta para hacer una limpieza CIP en el interior de las tuberías y de la máquina.

- **Campo de aplicación:**

Sirve para el llenado de bebidas carbonatadas en botellas de vidrio y PET.

- **Rendimiento:** Dependiendo del producto a llenar, el sistema puede llenar hasta 72.000 botellas PET por hora.

3.1.3.6. Pasteurizado

En esta etapa la cerveza envasada es pasteurizada por un baño de agua a una temperatura de 60-70 °C para que tenga una duración en el mercado de por lo menos seis meses.

Figura 7: Pasteurizador Túnel



Fuente: Manuales Kronen AG

- **Principio de funcionamiento.**
Este sistema de pasteurización es la que se encarga de proteger al producto ya envasado, teniendo como resultados 20UP que es lo normal en producción.
- **Campo de aplicación.** – Pasteurizado de bebidas carbonatadas envasadas en vidrio.
- **Rendimiento.** – Según la serie va de este 55000 hasta 75000 bpm

3.1.3.7. Etiquetado y codificado

En este proceso las botellas salen del pasteurizador a una temperatura ambiente la cual permite el adecuado pegado de las etiquetas en las botellas, las maquinas son reguladas e inspeccionadas por el personal operativo altamente capacitado.

Figura 8 Etiquetadoras - Topmatic



Fuente: Manuales Kronen AG

- **Principio de funcionamiento.**
Estas etiquetadoras son modulares ya que cuentan con varios tipos de carros que se pueden acoplar a la máquina y así permite su rápida puesta en operación después de algún cambio de formato.
- **Campo de aplicación.**
Esta máquina sirve para el etiquetado de botellas de vidrio y de plástico con etiquetas pre cortadas, envoltentes o autoadhesivas
- **Rendimiento.** – Rendimiento máximo de la máquina dependiendo del modelo de entre 6.000 y 72.000 envases por hora.

3.1.3.8. Encajonado

En esta etapa las botellas están totalmente etiquetadas y envasadas dentro de las especificaciones del proceso pasan a ser encajonadas en cajas de 12 botellas cada una. Esta máquina cuenta con 18 cabezales las cuales recogen las botellas terminadas y las colocan en las cajas limpias para ser llevadas al paletizado.

Figura 9: Encajonadora – Smart Pack



Fuente: Manuales Krones AG

○ **Principio de funcionamiento:**

Separación de las botellas en vías en la mesa porta envases.

Toma de los envases posicionados mediante cabezales de agarre y su inserción en los embalajes preparados.

Colocación segura de la formación de las botellas mediante bastidor de introducción integrado.

○ **Campo de aplicación:**

Encajonado y desencajonado de cajas, cartones y bandejas.

Tratamiento de envases cilíndricos y de envases de forma especial de vidrio y de plástico.

○ **Rendimiento:**

Varía según la versión desde 420 hasta 530 impulsos /hora.

3.1.3.9. Paletizado

Es la etapa final del proceso de envasado ya que las botellas correctamente encajonadas pasan a ser paletizadas hasta 7 capas en pallets de madera para ser llevadas al APT (almacén de producto terminado) y luego a su distribución final.

Figura 10: Paletizadoras – Modul Pal



Fuente: Manuales krones AG

○ **Principio de funcionamiento:**

Los robots de la serie Modulpal le ofrecen una gran variedad de posibilidades para cargar y descargar pallets. Los diferentes elementos del sistema modular se pueden combinar individualmente dependiendo de las necesidades. Así, por ejemplo, se realizan sistemas especializados en la paletización que son muy rápidos, especialmente delicados con los productos o altamente flexibles o que combinan todas estas características a la vez.

○ **Campo de aplicación:**

Paletización y despaletización de cajas retornables.

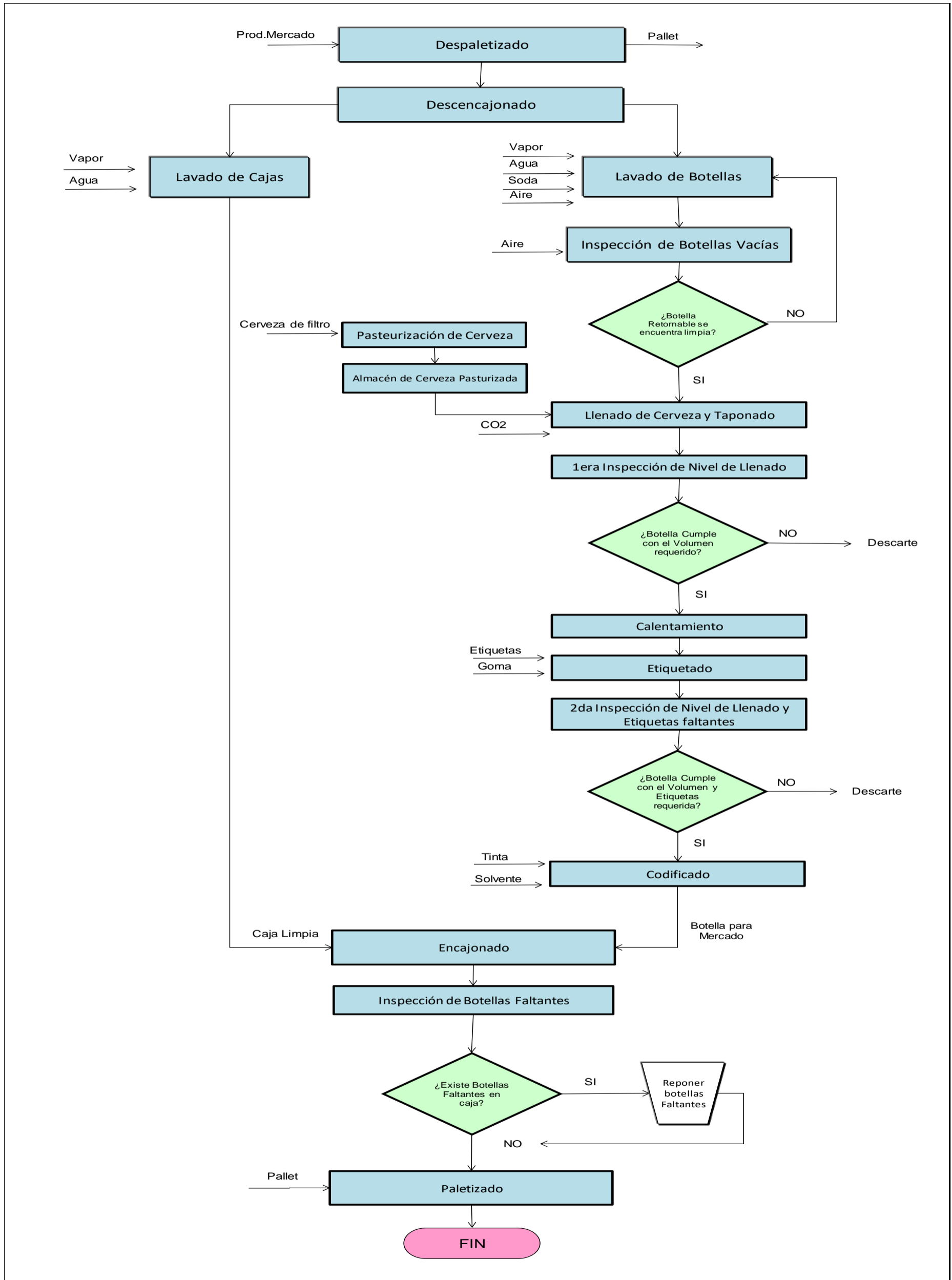
Paletización de cajas de cartón, embalajes con film de plástico y multipacks.

○ **Rendimiento:**

Hasta 600 capas/hora.

3.1.4. Diagrama de flujo del proceso de envasado en línea 3.

Figura 11: Diagrama de Flujo del proceso de envasado de cerveza



Fuente: ABInBev Backus & Jonsthor

3.1.5. Diagnóstico del mantenimiento actual de la línea 3 de envasado

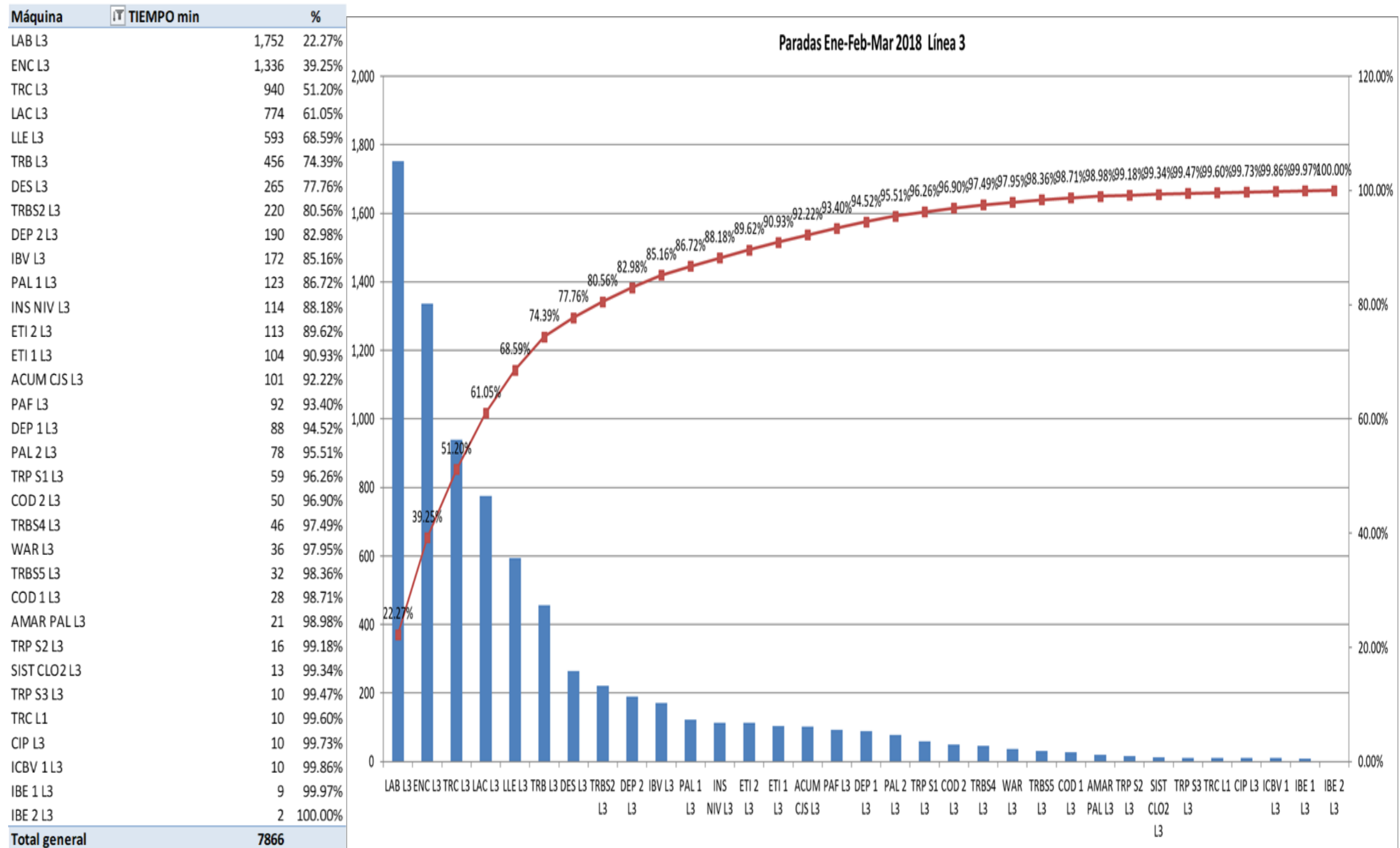
Los trabajos de mantenimiento en la línea 3 son mayormente de corrección de los equipos, solo se interviene cuando hay averías. Esto implica paradas en la producción y tiempos perdidos afectando directamente en la producción. En los siguientes capítulos hablaremos de las causas de estas paradas.

3.1.6. Causas de las paradas en línea 3

3.1.6.1. Diagrama de Pareto de las fallas

Se puede observar en el diagrama de Pareto que las tres máquinas con mayor número de fallas son la lavadora de botellas, encajonadora y transportadores de cajas. También podemos ver que se aplican mantenimientos correctivos los cuales incurrir a costos elevados y paradas impredecibles de máquinas, hay un mal proceso del mantenimiento de las máquinas por ende no es posible llegar a envasar lo programado durante las jornadas de trabajo.

Figura 12: Diagrama de Pareto de las paradas en minutos del año 2018 en envasado de línea 3

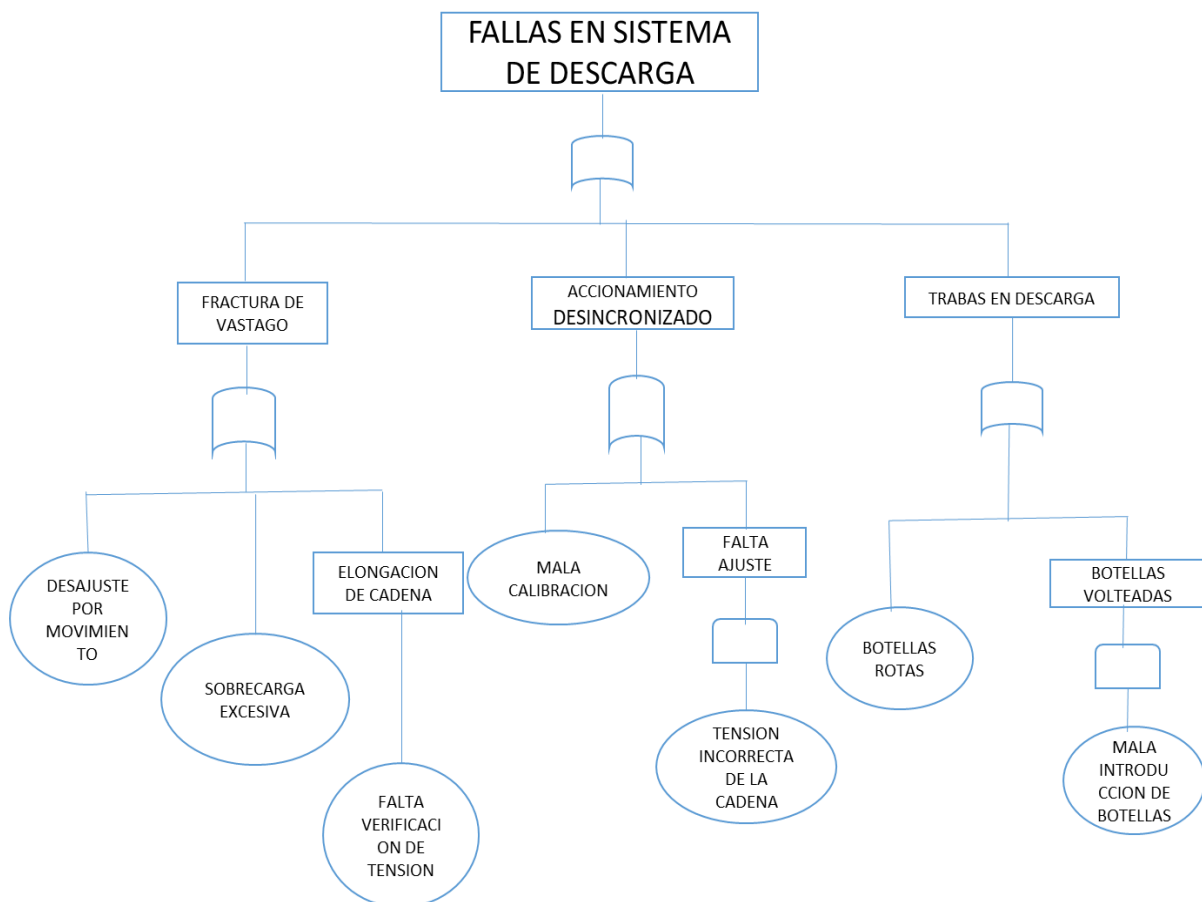


Fuente: Elaboración propia

3.1.6.2. Causas de las paradas en lavadora de botellas.

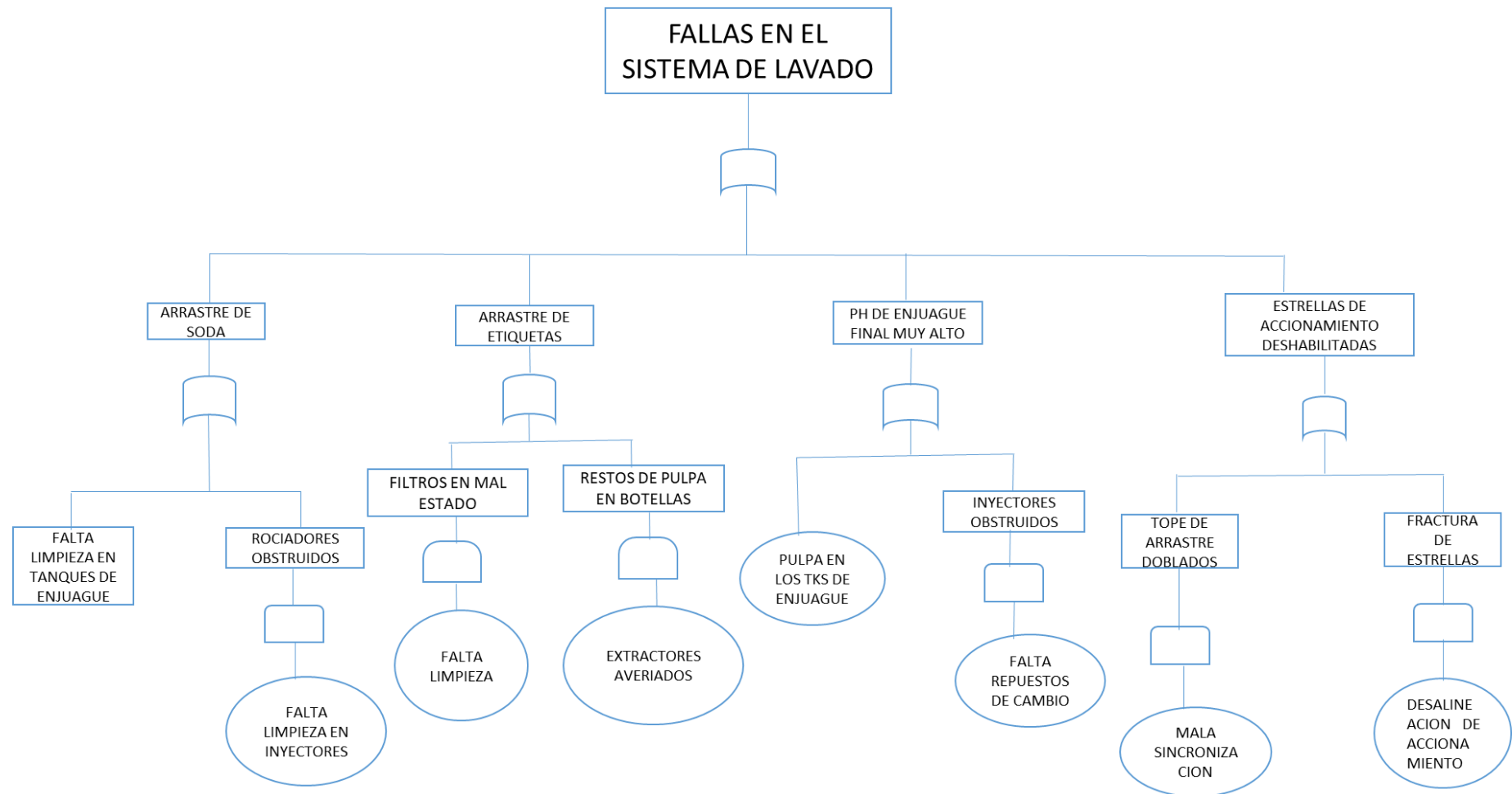
La lavadora de botellas Krones es la máquina que presenta el mayor tiempo en paradas de producción la cual ocasiona pérdidas para la empresa y el no cumplimiento de la demanda del mercado. Aquí hacemos un análisis de las causas de dichas paradas utilizando el diagrama del árbol.

Figura 13: Árbol de fallas en el sistema de descarga



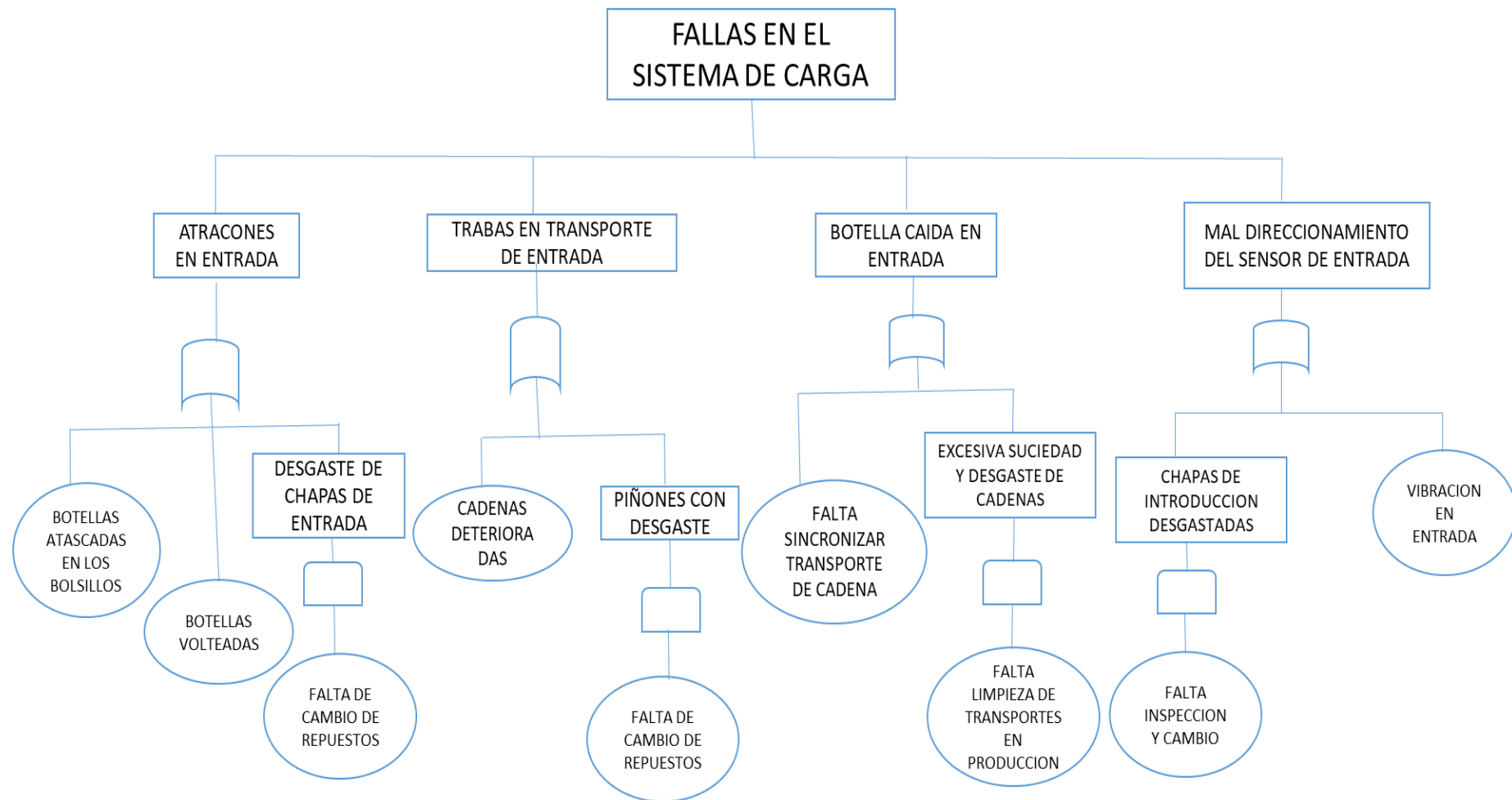
Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Árbol de fallas en el sistema de lavado



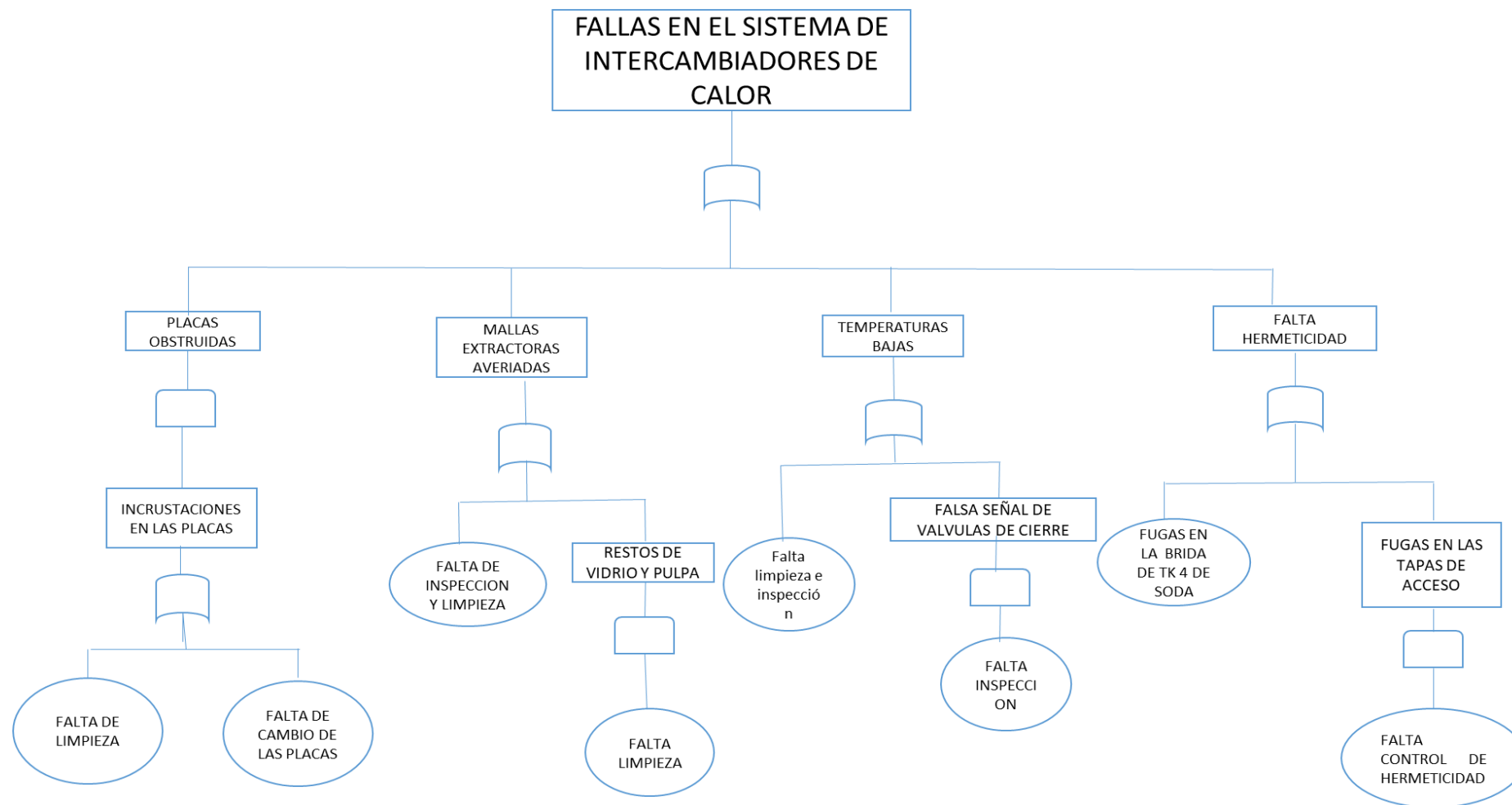
Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Árbol de fallas en el sistema de carga



Fuente: Elaboración propia

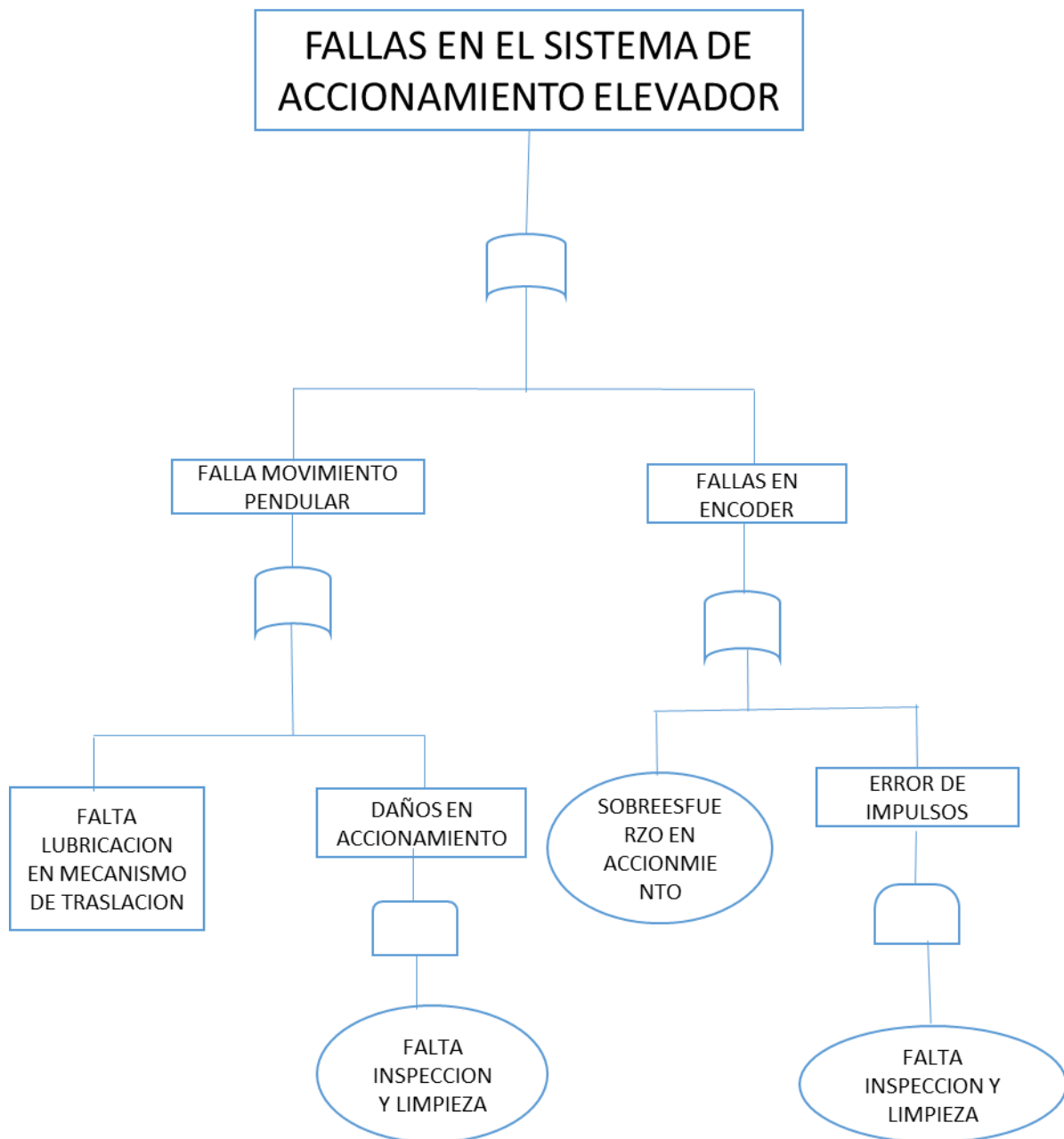
Figura 16: Árbol de fallas en el intercambiador de calor



Fuente: Elaboración propia

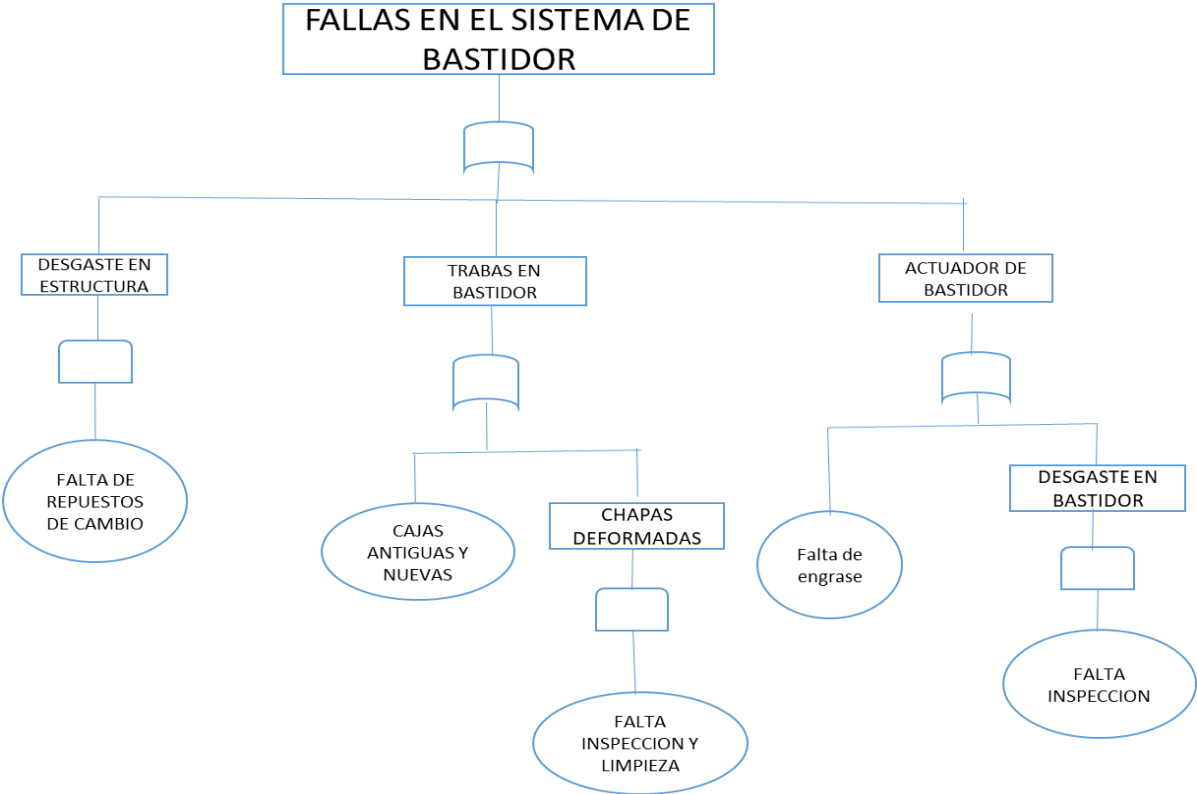
3.1.6.3. Causas de las paradas en la encajonadora.

Figura 17: Árbol de fallas en el accionamiento elevador



Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Árbol de fallas del mecanismo bastidor



Fuente: Elaboración propia

3.1.7. Indicadores actuales de productividad y producción

3.1.7.1. Indicadores de productividad en la línea 3.

Actualmente en la línea 3 de envasado tenemos los siguientes indicadores de productividad.

✓ **Productividad**

En el siguiente análisis observamos la productividad respecto a los hectolitros elaborados que ingresan al proceso de envasado frente a la cantidad que se convierte en el producto final directamente con el tiempo real y el tiempo disponible.

$$Productividad = \frac{Tiempo\ real}{Tiempo\ disponible} * \frac{Hectolitros\ envasados}{Hectolitros\ elaborados} \dots\dots\dots Ec.17$$

$$Productividad = \frac{588}{744} * \frac{257\,453,00}{258\,779,00}$$

$$Productividad\ actual = 78.62\%$$

Tabla 2: Productividad de materia prima del año 2018

Productividad de materia prima			
Mes	(Hl)Elaborados	(Hl)Envasados	Productividad
Enero	258 779,00	257 453,00	99,49%
Febrero	237 399,00	222 357,00	93,66%
Marzo	279 646,00	246 852,00	88,27%
Abril	202 341,00	190 740,00	94,27%
Mayo	252 815,00	261 078,00	103,27%
Junio	248 503,00	247 133,00	99,45%
Julio	247 033,00	242 307,00	98,09%
Agosto	255 557,00	245 375,00	96,02%
Septiembre	257 326,00	254 737,00	98,99%
Octubre	259 546,00	244 012,00	94,01%
Noviembre	254 723,00	219 064,00	86,00%
Diciembre	222 984,00	231 676,00	103,90%
Promedio total			96,28%

Fuente: Elaboración propia

✓ **Productividad de mano de obra**

Se aprecia la productividad respecto a la cantidad de hectolitros de cerveza elaborados que ingresa al proceso de envasado frente a la cantidad que se convierte en parte del producto final. El factor 0.078 hl equivale a una caja de cerveza envasada.

Tabla 3: Productividad de mano de obra año 2018

<i>Productividad de mano de obra</i>				
<i>Mes</i>	<i>(Hl)Envasados</i>	<i>Factor (hl)</i>	<i>Horas Trabaj. Mes</i>	<i>Cajas/hora</i>
<i>Enero</i>	257 453,00	0,078	588,00	5 613,40
<i>Febrero</i>	222 357,00	0,078	516,00	5 524,67
<i>Marzo</i>	246 852,00	0,078	588,00	5 382,26
<i>Abril</i>	190 740,00	0,078	564,00	4 335,79
<i>Mayo</i>	261 078,00	0,078	588,00	5 692,44
<i>Junio</i>	247 133,00	0,078	564,00	5 617,68
<i>Julio</i>	242 307,00	0,078	588,00	5 283,16
<i>Agosto</i>	245 375,00	0,078	588,00	5 350,06
<i>Septiembre</i>	254 737,00	0,078	564,00	5 790,53
<i>Octubre</i>	244 012,00	0,078	588,00	5 320,34
<i>Noviembre</i>	219 064,00	0,078	564,00	4 979,63
<i>Diciembre</i>	231 676,00	0,078	588,00	5 051,37
<i>Promedio total</i>				<i>5 328,44</i>

Fuente: Elaboración propia

✓ **Eficiencia de producción, mecánica y económica**

Este análisis se hizo para elevar la eficiencia de las máquinas y así poder cumplir con la producción programada. Para así planificar los trabajos de mantenimiento y evitar las paradas en producción lo cual incurre en costos muy elevados.

✚ **Eficiencia de producción**

Para el cálculo de la eficiencia de la producción es necesario tener el conocimiento de:

- Velocidad de llenadora.
- Unidades producidas por unidad de tiempo.

Velocidad de llenadora de línea 3 de envasado

<i>LINEA 3</i>	
<i>UND/HORA</i>	<i>60 000,00</i>

$$Ef. producción \% = \frac{Unidades reales producidas}{Unidades teóricas por hora} \dots\dots\dots Ec.18$$

Tabla 4: Producción por hora en línea 3 año 2018

	<i>Producción en Botellas/Hora</i>			<i>min</i>	<i>min</i>
	<i>Ef. Prod.%</i>	<i>Producción/Hora</i>	<i>Teórico/Hora</i>	<i>Tiempo efectivo</i>	<i>Tiempo perdido</i>
Envasado	80,95%	48 572,00	60 000,00	49	11
	89,71%	53 827,00	60 000,00	54	6
	87,96%	52 774,00	60 000,00	53	7
	68,33%	40 997,00	60 000,00	41	19
	31,01%	18 608,00	60 000,00	19	41
	81,06%	48 635,00	60 000,00	48,6	11,4
	87,20%	52 320,00	60 000,00	52,3	7,7
	76,27%	45 763,00	60 000,00	45,8	14,2
	82,20%	49 320,00	60 000,00	49,3	10,7
	83,57%	50 140,00	60 000,00	50,1	9,9
Promedio	76,83%	46 095,60	60 000,00	46,1	13,9

Fuente: Elaboración propia

Ahora para el cálculo del tiempo perdido durante la hora de producción se hace el siguiente análisis:

Como durante la hora de producción solo fue efectivo el 80,95 % de los 60 minutos, el resto fue tiempo perdido, es decir:

60 minutos * 80,00% = 49 minutos efectivos.

60 minutos – 49 minutos efectivos = 11 minutos perdidos.

Este tiempo es el que se analiza para distribuir las paradas del equipo según su causa asignable.

Eficiencia mecánica

En esta parte se debe conocer los tiempos perdidos tanto de producción como los de maquinarias, estos registros se toman de la data de llenadora en la producción en donde se ajusta hora a hora la eficiencia de producción.

$$Ef.mecanica \% = 100\% - (\% \text{ en tiempo perdido atribuibles a maquina})$$

.....Ec.19

Esta proporción en tiempo perdido que se le designa a la máquina, se apunta en cada uno de las indicaciones creadas por evento de falla presentado. Cada hora se hace

una sumatoria del tiempo perdido y se saca un porcentaje de lo que se dejó de producir y lo que representa la diferencia, es la eficiencia mecánica.

Retomando el ejemplo anterior en donde la eficiencia de producción fue del 80,95 % y se perdieron por lo tanto 11 minutos, se asumirá que se perdieron 3.4 minutos por producción y 8 minutos por falla de maquinaria por hora, por lo tanto:

% en tiempo perdido por fallas atribuibles a maquinaria = 8 min. / 60 min. *100

% en tiempo perdido por fallas atribuibles a maquinaria = 13,33%

Tabla 5: Producción diaria del 20/04/2018 en velocidad botella/minuto

	Producción en Botellas/Hora			min	min	%	min	min	%
	Ef. Prod. %	Producción/Hora	Teórico/Hora	Tiempo efectivo	Tiempo perdido	Ef. Mecánica	Tiempo perdido por producción	Tiempo perdido por falla de máquina	% Tiempo perdido por falla de máquina
Envasado	80,95%	48 572,00	60 000,00	49	11	86,67%	3,4	8	13,33%
	89,71%	53 827,00	60 000,00	54	6	93,00%	2	4,2	7,00%
	87,96%	52 774,00	60 000,00	53	7	91,67%	2,2	5	8,33%
	68,33%	40 997,00	60 000,00	41	19	75,00%	4	15	25,00%
	31,01%	18 608,00	60 000,00	19	41	73,33%	5,1	16	26,67%
	81,06%	48 635,00	60 000,00	48,6	11,4	87,67%	4	7,4	12,33%
	87,20%	52 320,00	60 000,00	52,3	7,7	92,17%	3	4,7	7,83%
	76,27%	45 763,00	60 000,00	45,8	14,2	83,33%	4,2	10	16,67%
	82,20%	49 320,00	60 000,00	49,3	10,7	88,33%	3,7	7	11,67%
	83,57%	50 140,00	60 000,00	50,1	9,9	85,00%	0,9	9	15,00%
Promedio	76,83%	46 095,60	60 000,00	46,1	13,9	85,62%	3,25	8,63	14,38%

Fuente: Elaboración propia

Eficiencia económica

El precio de venta es de 42 nuevos soles y el costo por producir un SKU-650ml o sea una caja de doce botellas es de 28.88 nuevos soles. Esto quiere decir que por cada sol invertido se logra una ganancia de 13,12 soles por caja de cervezas vendida.

$$Eff. Economica = \frac{42}{28,88} = 13,12 \text{ nuevos soles} \dots\dots Ec.20$$

✓ **Capacidad**

Capacidad de Diseño: Capacidad representada por el número máximo de producto que se puede obtener en condiciones ideales.

Capacidad de diseño **40 000 cajas /turno**
Horas trabajadas /turno **8 horas**

Capacidad Real: Se representa por la cantidad máxima a la que se llegó en un turno de producción.

Capacidad real **36 624 cajas /turno**
Horas trabajadas /turno **8 horas**

Capacidad Utilizada: Se representa por la producción real.

Capacidad utilizada **31 584 cajas /turno**
Horas trabajadas /turno **8 horas**

Capacidad Ociosa

Se representa por la diferencia entre la capacidad de diseño y la capacidad real.

Capacidad Ociosa = Capacidad de Diseño – Capacidad Real

Capacidad Ociosa = 40 000 – 36 624 = 3 376 cajas / turno

✓ **Utilización**

Es la relación entre la capacidad real de la planta y la capacidad de diseño de la misma.

$$Utilización = \frac{Capacidad Real}{Capacidad de diseño} \quad Utilización = \frac{36\,624}{40\,000} = 91,56\% \dots \dots \dots Ec.21$$

3.1.8. Indicadores actuales de mantenimiento

Se tomaron en cuenta los indicadores de productividad y los tiempos de paradas en la línea 3.

En la siguiente tabla podemos observar el tiempo de parada de todos los equipos del proceso de envasado en el año 2018 teniendo 2 549.00 horas de parada. Siendo necesario el estudio de acciones correctivas en la planificación del mantenimiento. Según del rango que se observa en la figura 19 la confiabilidad está en observación continua y se debe tomar acciones para mejorarla.

Tabla 6: Tiempos de parada en línea 3 de envasado en horas del año 2018.

Tiempos de Paradas (h) en Línea 3 Envasado											
Año	Mes	Máquinas Envasado línea 3									
		DEP	DESENCJ	LAV.BOT.	IBV	LLEN	PAST.TUN.	ETIQ	ENCJ	PAL	Total/Mes
2018	Enero	12	14	45	12	6	10	11	55	25	190
	Febrero	12	12	145	9	8	15	15	125	20	361
	Marzo	14	10	125	15	35	12	19	90	15	335
	Abril	10	13	148	14	5	10	16	95	18	329
	Mayo	9	16	45	3	4	12	15	48	22	174
	Junio	15	12	55	12	10	16	16	56	25	217
	Julio	11	15	25	8	8	8	18	41	22	156
	Agosto	7	10	32	10	5	10	15	34	15	138
	Setiembre	12	19	25	9	16	8	17	38	17	161
	Octubre	10	14	28	16	5	10	18	39	14	154
	Noviembre	11	10	18	12	5	12	16	37	32	153
	Diciembre	15	17	22	23	8	7	19	46	24	181
Total/Máquina		138	162	713	143	115	130	195	704	249	2 549,00

Fuente: Elaboración propia

A. Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos de envasado línea 3

Aquí le mostramos la probabilidad de que no ocurran las fallas en los equipos de envasado línea 3 y así poder detectar las maquinas o equipos menos confiables.

Tabla 7: : Valor de alarma de la confiabilidad de los equipos

Color	Valor de alarma	Interpretación
Rojo	$R < 0,50$	Peligro. Tomar acciones inmediatas para mejorar la confiabilidad
Amarillo	$0,51 < R < 0,75$	Alerta. La confiabilidad está en un rango de observación continua. Estúdiese acciones para mejorarla.
Verde	$R > 0,76$	Bien. La confiabilidad está en los valores requeridos.
Nota: R= Confiabilidad		

Fuente: Libro Kanawaty

En la tabla 7 observamos que las máquinas menos disponibles son la lavadora de botellas con 44.60% y la encajonadora con 44.91% respectivamente, en mantenibilidad o tiempo promedio para reparar tienen un promedio de 8.80 horas y 9.51 horas ya que la falta de repuestos y de planificación hace imposible la correcta reparación de las máquinas y finalmente la confiabilidad nos indica cuanta seguridad tienen los equipos o que el proceso funcione siendo las depaletizadoras y llenadora las más confiables ya que después de un tiempo de 12 horas para que ocurra una falla.

Tabla 8: Indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de los equipos año 2018

Indicadores de mantenimiento y tiempo de paradas de los equipos en línea 3 envasado																			
Año	Mes	Máquinas envasado línea 3												N° total de fallas	Tiempo de parada	Tiempo promedio de producción	Disponibilidad %	Mantenibilidad hrs	Confiabilidad (Horas)
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre						
2018	Depalet.	6	5	6	5	3	4	2	5	6	5	3	4	54	138	574	80,62%	2,56	10,63
	Desencaj.	4	5	7	9	8	6	5	7	3	2	1	2	59	162	574	77,99%	2,75	9,73
	Lav. Botellas	3	5	6	9	8	2	9	7	6	9	8	9	81	713	574	44,60%	8,80	7,09
	IBV	5	6	7	5	8	6	7	8	3	2	4	2	63	143	574	80,06%	2,27	9,11
	Llenadora	2	1	5	1	4	5	1	5	2	5	9	8	48	115	574	83,31%	2,40	11,96
	Pasteurizador	6	5	6	2	2	3	3	8	6	9	5	8	63	130	574	81,53%	2,06	9,11
	Etiquet.	5	2	3	1	3	8	6	6	4	7	6	7	58	195	574	74,64%	3,36	9,90
	Encajonadoras	1	9	8	7	2	8	9	3	2	9	7	9	74	704	574	44,91%	9,51	7,76
	Paletizadoras	8	7	6	4	6	7	3	5	2	5	1	5	59	249	574	69,74%	4,22	9,73
N° total de fallas		40	45	54	43	44	49	45	54	34	53	44	54	559,00	2 549,00	5 166,00	70,82%	37,93	9,24

Fuente: Elaboración propia

3.1.9. Impacto económico actual

En el año de estudio se dejaron de producir 1 459 846,15 cajas en la línea 3 de envasado debido a las constantes fallas de las máquinas y los elevados tiempos de reparación en la producción causando un impacto negativo en la empresa.

Tabla 9: Cálculo de los costos y gastos para producir un SKU Cristal 650ml

DATOS	SOLES S/.
Ventas en docenas	S/ 19 666 867,00
Precio unitario (docena)	S/ 30,00
Producción	S/ 20 747 367,00
MP x docena	S/ 6,25
MOD x docena	S/ 3,62
GIF fijo	S/ 0,21
GIF variable	S/ 0,10
Costos producción variables	S/ 9,97
Costos producción fijo	S/ 0,21
Gastos Adm. Fijos	S/ 62 738 000,00
Gastos de ventas fijos	S/ 189 007 000,00
Gastos adicionales	S/ 335 000,00
Capacidad de producción	23639840 doc.
Inventario inicial	-
Inventario final	S/ 1 080 500,00
Ajuste de producción	S/ 2 892 473,00

Fuente: Elaboración propia

Aquí en la siguiente tabla observamos cuanto nos cuesta elaborar y envasar una botella de 650 ml.

Tabla 10: Costos de elaboración y envasado de una botella Cristal 650ml

COSTO POR CAJA 650ml				
Materiales Directos	Cantidad	Und. de medida	Costo Unitario	Unidad
Malta	11	kg/hl	4.82	S/Kg
Maiz	4	kg/hl	1.876	S/Kg
Lupulo	0.02	kg/hl	8.04	S/Kg
Etiqueta	12	und/caja fisica	0.032	S/Und
Tapa	12	und/caja fisica	0.016	S/Und
Botellas de vidrio	12	und/caja fisica	0.7	S/Und
Caja plastica	1	und/caja fisica	13.4	S/Und
TOTAL			28.98	
COSTO POR BOTELLA 650ml			2.407	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Precio de venta de un SKU Cristal 650 ml

SKU- CRISTAL 650ml					
SKU		Precio/und	Botellas	Valor	
VENTA	CR 650 ml	S/ 3,50	12,00	S/	42,00
COSTO	CR 650 ml	S/ 2,41	12,00	S/	28,88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Evaluación económica de línea 3 envasado cervezas

MES	CAJAS	Costos (S/.)	Ventas (S/.)	Utilidad
Programado	38 162 205,13	S/ 1 102 277 132,92	S/ 1 602 812 615,38	S/ 500 535 482,46
Envasado	36 702 358,97	S/ 1 060 110 936,62	S/ 1 541 499 076,92	S/ 481 388 140,31
Diferencia	- 1 459 846,15	-S/ 42 166 196,31	-S/ 61 313 538,46	-S/ 19 147 342,15

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos hallados podemos observar que en el año de estudio de dejaron de producir 1,459,846.15 cajas en envasado dejando de percibir una ganancia de S/. 19,147,342.15 millones de soles. Para hallar dicho resultado se tiene en cuenta cuanto nos cuesta elaborar un SKU CR650ml y a cuánto lo vendemos al mercado.

3.2. Elaborar y diseñar el plan de mantenimiento más conveniente para la línea 3 de envasado.

3.2.1. Plan de Mantenimiento.

Luego de haber hecho el estudio de la propuesta para diseñar el plan de mantenimiento y haber identificado los equipos críticos y las fallas en las máquinas de línea 3. Se utilizó el AMEF para encontrar las posibles fallas, árbol de fallas, criticidad de los equipos, en base a este estudio se hizo el plan de mantenimiento preventivo y así poder coordinar y realizar las actividades del mantenimiento siguiendo el cronograma especificado en las tablas posteriores.

3.2.2.1. Preparación del plan de mantenimiento

Para que el diseño del plan sea factible tiene que ser preciso con la información levantada de los manuales del proveedor de los equipos, para esto debemos crear las condiciones y tener los recursos para que los operarios también intervengan en las actividades del plan de mantenimiento.

Durante las capacitaciones se debe realizar en las máquinas donde se organizará al detalle los procedimientos de lubricación tanto en operación como en las limpiezas semanales, las reparaciones serán llevadas a cabo por el técnico y el operador del equipo a intervenir, finalmente debe darle el seguimiento y la mejora continua.

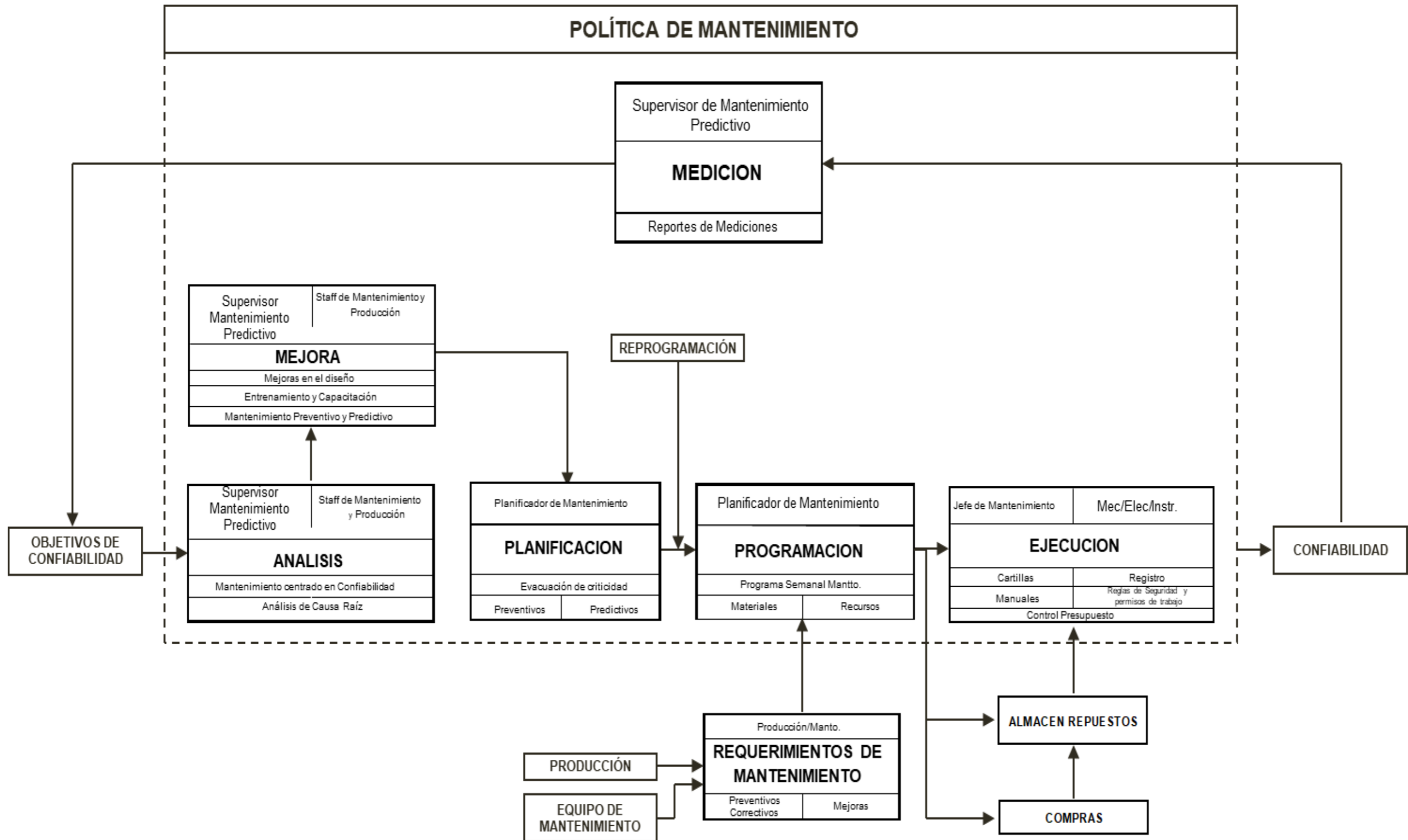
3.2.2.2. Actividades a ejecutar

Las tareas que se realizarán en el plan serán para mitigar y controlar las fallas en los equipos críticos, así realizar los planes de mantenimiento siguiendo un programa de mantenimiento de los equipos. Esto se puede observar en las tablas siguientes, ahí se designan los planes y los cronogramas en los componentes de los equipos críticos de la línea 3 de envasado.

3.2.2. Política de mantenimiento

Para el diseño de la política de mantenimiento se consideró el análisis, planificación y programación de todas las actividades del mantenimiento en los equipos y así obtener resultados de mejora continua.

Figura 19: Política de Mantenimiento



Fuente: ABInBev Backus & Jonsthor

3.2.3. Determinación del OEE de los equipos.

En este apartado se muestran los resultados logrados del indicador OEE en cada máquina de la línea 3 de envasado de cervezas. A continuación, se muestra en la tabla 12, con el resultado de cada máquina involucrada en el proceso productivo. Este valor nos permitirá organizar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las más destacadas de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

En la siguiente tabla 12 se va a medir la eficiencia productiva de los equipos de la línea 3 donde engloba los parámetros fundamentales del análisis de los tres indicadores que forman el OEE. Podemos observar que la eficiencia (los equipos funcionan a menos de su capacidad) está en 96.28%, la calidad (se ha envasado productos defectuosos) está en 98.46% y por último la disponibilidad (las máquinas tienen tiempos de parada) está en 62.64%, resultando un OEE de 59.39%. Este valor es muy bajo e inaceptable ya que se producen pérdidas económicas en la planta cervecera. Podemos deducir que el exceso de averías por paradas de máquinas es el indicador que baja el OEE de los equipos.

Tabla 13: OEE de la línea 3 de envasado de cerveza

SIMULADOR DE EFICIENCIA LÍNEA 3 DE ENVASADO														
	CODIGO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ACUMULADO
TIEMPO REAL (HORAS)	A	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8,760.00
TIEMPO PARADAS PROGRAMADAS (HORAS)	B	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	1,872.00
TIEMPO DISPONIBLE (HORAS)	C	588	516	588	564	588	564	588	588	564	588	564	588	6,888.00
TIEMPO DE PARADAS NO PROGRAMADAS (HORAS)	D	190	361	335	329	174	217	156	138	161	154	153	181	2,549.00
TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS)	E	398	155	253	235	414	347	432	450	403	434	411	407	4,339.00
EFICIENCIA EN TIEMPO DISPONIBLE	F	0.68	0.30	0.43	0.42	0.70	0.62	0.73	0.77	0.71	0.74	0.73	0.69	62.64%
PRODUCCIÓN DE BUENA CALIDAD (h/MES)	G	257,453.00	222,357.00	246,852.00	190,740.00	261,078.00	247,133.00	242,307.00	245,375.00	254,737.00	244,012.00	219,064.00	231,676.00	2,862,784.00
PRODUCCIÓN TEÓRICA (h/MES)	I	258,779.00	237,399.00	279,646.00	202,341.00	252,815.00	248,503.00	247,033.00	255,557.00	257,326.00	259,546.00	254,723.00	222,984.00	2,976,652.00
EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN	J	0.99	0.94	0.88	0.94	1.03	0.99	0.98	0.96	0.99	0.94	0.86	1.04	96.28%
PRODUCCIÓN RECHAZADA	K	4632	4536	1890	2560	3869	4732	3125	5130	3426	2896	3760	3521	44077
EFICIENCIA EN CALIDAD	L	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	0.98	0.99	0.99	0.98	0.98	98.46%
EFICIENCIA TOTAL		0.66	0.28	0.38	0.39	0.72	0.60	0.71	0.72	0.70	0.69	0.62	0.71	59.39%

Fuente: ABInBev Backus & Jonsthor

3.2.3. Análisis de criticidad de los equipos.

En la siguiente tabla se muestra la interpretación de la frecuencia de falla que se asignará a cada equipo. A continuación, se detallará el análisis de criticidad realizado a cada equipo mediante el cual se determinó si la falla es alta (rojo), media (amarillo) o baja (verde).

Tabla 14: Jerarquización de eventos

Frecuencia	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Impacto																					

Fuente: Moubray John

Tabla 15: Interpretación de la frecuencia de una Falla

Frecuencia	Interpretación de probabilidad
5	Es probable que ocurra varias veces
4	Es probable que ocurra algunas veces en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año
3	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años
2	Es poco probable que ocurra en 100 años
1	Es poco probable que ocurra en 1000 años

Fuente: Moubray John

Tabla 16: Análisis de criticidad de los equipos en envasado de cervezas línea 3

Equipo	Frecuencia de Falla	Daños al Personal	Impacto a la Población	Impacto Ambiental	Daños a la Instalación	Pérdidas de Producción	Impacto Total	Nivel de Criticidad
Depaletizadora	5	1	1	1	1	2	6	30
Desencajonadora	5	1	1	1	3	2	8	40
Lavadora de botellas	5	1	1	3	3	3	11	55
Inspector de Botellas	5	1	1	1	2	2	7	35
Llenadora de cerveza	5	1	1	2	2	2	8	40
Pasteurizador túnel	5	1	1	2	1	1	6	30
Etiquetadoras	5	1	1	2	1	2	7	35
Encajonadoras	5	1	1	2	3	3	10	50
Paletizadoras	5	1	1	1	2	1	6	30

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, una vez realizado el análisis de criticidad basado en los daños que se le causa al personal, a la población aledaña, al medio ambiente, a las instalaciones y las pérdidas de producción que se presenta, la lavadora de botellas y la encajonadora presenta un impacto total de 11 y 10 respectivamente, con un nivel de criticidad de 55 y 50; lo que viene a ser una criticidad baja por lo que se recomienda tomar acciones correctivas.

En conclusión, se determinó a las maquinas más críticas que son lavadora de botellas y encajonadora con 55 y 50 su nivel de criticidad.

3.2.4. Análisis de Modo y efecto de fallas de los equipos críticos.

Para realizar este análisis se identificaron las funciones, falla funcional, modos y efecto de falla que actualmente suceden, además se identificaron los modos de falla que posiblemente podrían surgir; así mismo, se determinó la severidad, ocurrencia y detección de cada una de ellas para hallar el IPR (índice de prioridad de riesgo), finalmente se determinó el responsable de ver la falla funcional, ya sea eléctrico o mecánico.

Tabla 17: Análisis de Modo y Efecto de Fallas en lavadora de botellas

Ítem	Equipo o componente	Función	Modos de Falla	Efectos	Severidad	Causas Reales o Potenciales	Ocurrencia	Diseño de controles	Detección	RPN	Accion(es) Recomendada(s)	Resultados de las acciones			
												Nueva Sev	Nueva Ocu	Nueva Det	Nuevo RPN
1	SISTEMA DE CARGA	Con junto de accionamientos que se encargan de la introducción de las botellas a la lavadora	Trabas en transporte de entrada, Atracciones en entrada, botella caída en entrada, mal dirección del sensor de entrada	Paradas de producción, desgaste de sus partes	7	Desgaste de chapas de entrada, desgaste de piñones, desgaste de transporte o cadena, excesiva suciedad,	6	Inspección Visual.	5	210	Planes de Mantenimiento preventivo. Mantenimiento Autonomo, Mantenimiento correctivo., inspección diaria.	3	3	1	9
2	SISTEMA DE INTERCAMBIADORES DE CALOR	Transfieren el calor que envían de planta de fuerza (vapor) hacia la lavadora de botellas y mantener la temperatura de acuerdo a especificación	Placas obstruidas, mallas extractoras averiadas, temperaturas bajas, falta hermeticidad	Paradas de producción, bajas temperaturas en los tanques de soda, bajo nivel de los tanques	6	Incrustaciones en las placas, restos de suciedad o pulpa, falta de inspección y cambio de repuestos	4	Inspección Visual.	3	72	Planes de Mantenimiento preventivo. Mantenimiento Autonomo, Mantenimiento correctivo., inspección diaria.	2	3	1	6
3	SISTEMA DE LAVADO	Garantizar el proceso de lavado y cumplir con los estándares de calidad y la inocuidad del producto	Arrastre de soda, arrastre de etiquetas, PH de enjuague final muy alto, Estrellas de accionamiento deshabilitadas	Deterioro de los accionamientos de la máquina, botellas sucias al final del proceso, alto costo de reparación. Paradas en la línea de producción.	6	Falta de inspecciones y limpiezas periódicas de los sistemas de lavado, falta de disposición de repuestos a tiempo, falta planificación del mantenimiento	5	Inspección Visual, verificar los análisis organolépticos del control de calidad de la máquina	3	90	Planes de Mantenimiento preventivo. Mantenimiento Autonomo, Mantenimiento correctivo., inspección diaria.	3	2	1	6
4	SISTEMA DE DESCARGA	Accionamiento que se encarga de bajar las botellas hacia la mesa de salida de lavadora para ser transportada hacia el inspector de botellas	Trabas en descarga, accionamiento desincronizado, fractura de vástago	Paradas en la línea de producción. Retrazos.	6	Mal ajuste, montaje demasiado tenso, mala introducción de botellas, mala calibración	5	Inspección Visual	2	60	Planes de Mantenimiento preventivo. Mantenimiento Autonomo, Mantenimiento correctivo., inspección diaria.	3	3	1	9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Análisis de Modo y Efectos de Fallas en la Encajonadora de botellas

Ítem	Equipo o componente	Función	Modos de Falla	Efectos	Severidad	Causas Reales o Potenciales	Ocurrencia	Diseño de controles	Detección	R P N	Accion(es) Recomendada(s)	Nueva Sev	Nueva Ocu	Nueva Det	Nuevo RPN
1	Sistema de cabezal de agarre	Se encarga de coger las botellas para ser encajonadas mediante un sistema neumático de chupones	Trabas en transporte de antrada, mal direccionamiento del sensor de entrada, trabas en accionamiento pendular, Trabas en cabezales	Paradas de producción, desgaste de sus partes altos costos en mantenimiento	7	Falta de cambio de respuestos, falta lubricación y limpieza, inspección del sistema neumático, falta ajuste de sus partes	6	Inspección Visual.	5	210	Planes de Mantenimiento preventivo. Mantenimiento Autonomo, Mantenimiento correctivo., inspección diaria.	3	3	1	9
2	Sistema de bastidor	Se encarga de alinear las cajas para que el cabezal baje y encajone las botellas llenas	Trabamiento del bastidor con las cajas, trabas de cabezal	Paradas de producción, desgaste de sus partes, altos costos de mantenimiento	6	Falta de cambio de respuestos, falta lubricación y limpieza, inspección del sistema neumático, falta ajuste de sus partes	4	Inspección Visual.	3	72	Planes de Mantenimiento preventivo. Mantenimiento Autonomo, Mantenimiento correctivo., inspección diaria.	2	3	1	6
3	Sistema de accionamiento elevador	Es el encargado del movimiento pendular de la máquina, consta de 18 cabezales	Fallas en encoder, servoaccionamiento, traba de cabezal	Paradas de producción, desgaste de sus partes altos costos en mantenimiento	6	Falta de cambio de respuestos, falta lubricación y limpieza, inspección del sistema neumático, falta ajuste de sus partes	4	Inspección Visual.	3	72	Planes de Mantenimiento preventivo. Mantenimiento Autonomo, Mantenimiento correctivo., inspección diaria.	2	3	2	12

Fuente: Elaboración propia

3.2.5. Plan de mantenimiento de la Lavadora de Botellas

3.2.5.1. Cronograma de mantenimiento

Esta herramienta nos va a permitir planificar y organizar todos los trabajos de control e inspección de las máquinas, y así que las actividades correctivas y preventivas se den en los tiempos programados. Se ha empleado colores para diferenciar las etapas de las actividades.

En las siguientes tablas observaremos el plan de mantenimiento y el cronograma de cada equipo con respecto a la máquina crítica. Teniendo en cuenta los periodos del mantenimiento de acuerdo a las fichas técnicas de los dispositivos o equipos que intervienen en la máquina, estos se encuentran descritos en los anexos.

Tabla 19: Plan de mantenimiento para el Sistema de Carga en Lavadora de Botellas

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE CARGA EN LAVADORA DE BOTELLAS									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
Sistema de Carga	Comprobar la medición del amperaje del motor síncrono que acciona este conjunto para evitar que se sobreesfuerce y recalentamiento	Medir	Guantes, paño industrial, cinta aislante	Pinza Amperimetrica	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo del motor mayor sera el consumo de corriente
	Limpiar los servoaccionamientos del sistema	Limpiar	Guantes, paño industrial	Llave mixta 13", aire comprimido	Semanal	Electricista	Máquina Parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Cambiar capuchones del accionamiento de introducción	Cambiar	Trapo industrial, capuchones	Martillo de bola	8 meses	Mecánico	Máquina Parada	3h"	
	Pulverizar o limpiar las partes eléctricas	Limpiar	Limpiador de contactos, guantes	Destormillador	7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h"	Revisar bloqueo de la máquina
	Mediante una pistola termómetro digital medir la temperatura	Medir	Trapo industrial	Pistola termómetro digital	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisar alineación del motor con el accionamiento síncrono, ajustar si es necesario para evitar desgaste y fricción en sus partes	Revisar	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Mecánico	Máquina Parada	30"	
	Inspeccionar visulamente algún desgaste, resequedad o cualquier otra anomalía	Inspeccionar	Trapo industrial		7 semanas	Mecánico	Máquina Parada	30"	La inspección involucra desmontar sus partes y verificar algun desgaste en sus partes
	Limpiar y barnizar los servoaccionamiento y asi evitar cortocircuitos	Barnizar	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias	8 meses	Electricista	Máquina Parada	3h"	
	Limpiar borneras de los servos. Inspeccionar los cables del sistema	Limpiar / Inspeccionar	Trapo industrial, cinta aislante		7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h	
	Mediante una pistola termómetro digital medir la temperatura	Medir	Trapo industrial	Pistola termómetro digital	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Limpiar los servos por el polvo, aceites y asi evitar que se contamine	Limpiar	Trapo industrial		Semanal	Electricista	Máquina Parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
Revisar lubricacion central del sistema de accionamiento	Revisar	Trapo industrial		Diario	Operario	Máquina en movimiento	10"		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Plan de Mantenimiento para Transportes de Entrada hacia Sistema de Carga de Lavadora de Botellas

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TRANSPORTE DE ENTRADA HACIA EL SISTEMA DE CARGA EN LAVADORA DE BOTELLAS									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
Transporte de entrada	Medir el amperaje (intensidad de corriente) de los servos que transportan la botella hacia lavadora y evitar que se recaliente	Medir	Guantes, trapo industrial, cinta aislante	Pinza Amperimetrica	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo del motor mayor sera el consumo de corriente
	Limpiar los servoaccionamientos del sistema	Limpiar	Guantes, trapo industrial	Llave mixta 13", aire	Semanal	Electricista	Máquina Parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Inspección de los transportes de entrada se verifica si hay trabamientos y suciedad. Elongacion de las cadenas	Inspeccionar	Trapo industrial		Diario	Mecánico	Máquina Parada	3h"	
	Pulverizar o limpiar las partes eléctricas	Limpiar	Limpia contacto, trapo industrial,	Destormillador	7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h"	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si
	Mediante una pistola termómetro digital medir la temperatura	Medir	Trapo industrial	Pistola termómetro	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Cambiar cadenas y piñones de transporte debido a elongación excesiva	Cambiar	Guantes, trapo industrial	Herramientas varias	6 meses	Mecánico	Máquina Parada	30"	Aplicar el sistema de bloqueo para intervenir los accionamientos
	Revisar alineacion del motor con respecto al eje portacadenas para evitar desgaste y fricción en sus partes	Revisar	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Mecánico	Máquina Parada	30"	
	Inspección visual de alguna fricción, desgaste o cualquier otra deformidad	Inspeccionar	Trapo industrial		7 semanas	Mecánico	Máquina Parada	30"	La inspección involucra desmontar sus partes y verificar algun desgaste en sus
	Cambiar el eje portacadenas debido al desgaste producido por la fricción constante	Cambiar	Guantes, trapo industrial	Herramientas varias	6 meses	Mecánico	Máquina Parada	30"	Aplicar el sistema de bloqueo para intervenir los accionamientos
	Lubricar los rodamientos de las shumaceras	Lubricar	Guantes, trapo industrial, grasa	Grasera manual	Mensual	Mecánico	Máquina en movimiento	15"	Limpiar bien la base de la grasera para evitar que la grasa se contamine y
	Limpiar y barnizar los servoaccionamiento y asi evitar cortocircuitos	Barnizar	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias	8 meses	Electricista	Máquina Parada	3h"	
	Limpiar borneras de los servos. Inspeccionar los cables del sistema	Limpiar / Inspeccionar	Trapo industrial, cinta aislante		7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h	
	Mediante una pistola termómetro digital medir la temperatura	Medir	Trapo industrial	Pistola termómetro	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
Limpiar los servos por el polvo, aceites y asi evitar que se contamine	Limpiar	Trapo industrial		Semanal	Electricista	Máquina Parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Plan de Mantenimiento para el Sistema de Intercambiadores de Calor en Lavadora de Botellas

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE INTERCAMBIADORES DE CALOR EN LAVADORA DE BOTELLAS									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
Sistema de Intercambiadores de Calor	Inspeccionar las electroválvulas en las conexiones	Inspección	Guantes		Diario	Electricista	Máquina en movimiento	30"	Revisar con todos los EPPs de seguridad para evitar quemaduras
	Limpieza e inspección de las válvulas en las tuberías en busca de fugas, desgaste	Limpieza	Guantes, trapo industrial	Llave mixta 13", aire comprimido	Semanal	Electricista	Máquina Parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Revisar o cambiar válvulas de soda	Cambio	Guantes, trapo industrial	Herramientas varias	8 meses	Mecánico	Máquina Parada	3h"	
	Revisión o cambio de las empaquetaduras de las bridas en las tuberías	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destormillador	8 meses	Electricista	Máquina Parada	1h"	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente
	Limpiar e inspeccionar las tuberías en busca de grietas, desgaste o picaduras	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Mecánico	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisar las empaquetaduras en las placas internas debido al trabajo continuo y verificar su desgaste	Revisar	Trapo industrial, Guantes	Herramientas varias, Llave 24"	6 meses	Mecánico	Máquina Parada	3h	Contar con todos los implementos de seguridad debido a la soda caustica a temperaturas elevadas
	Inspeccionar los intercambiadores por las fugas en las placas	Inspección	Trapo industrial		Diario	Mecánico	Máquina en movimiento	10"	La inspección se hace de forma visual usando los EPPs correspondientes
	Verificar el flujo constante del vapor hacia las placas y temperatura en los tanques de soda	Inspección	Trapo industrial		Diario	Operario	Máquina en movimiento	15"	
	Limpieza o cambio de las empaquetaduras de las placas en los intercambiadores	Limpieza / cambio	Trapo industrial	Herramientas varias	6 meses	Mecánico, operario	Máquina Parada	3h	Cada vez que se hace limpieza, utilizar los sistemas de bloqueo de seguridad de la máquina
	Inspección exterior	Inspección	Guantes	Ultrasonido	Semanal	Mecánico	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir quemaduras o lesiones
	Inspección interior	Inspección	Guantes		6 meses	Mecánico	Máquina Parada	15"	Se puede sustituir por una prueba a presión. Revisar agrietamientos, corrosión y estado de las soldaduras
	Limpieza de tubos tipo turbina para suciedades en el interior de los tubos.	Limpieza / inspección	Guantes		Semanal	Operario	Máquina Parada	1h	Se recomienda circular agua caliente por los tubos y placas para eliminar depositos salinos
	Limpieza por agua a alta presión	Limpieza / inspección	Guantes		Semanal	Operario	Máquina Parada	1h	
Limpieza de placas	Limpieza / Cambio	Trapo industrial, Guantes	Herramientas varias	8 meses	Mecánico	Máquina Parada	8h	La solución de limpieza debe ser ligeramente ácida 10% a 50°C	
Cambio de placas debido a desgaste y obstrucción por suciedad	Cambio	Trapo industrial, Guantes	Herramientas varias	8 meses	Mecánico	Máquina Parada	8h	Se recomienda seguir las instrucciones del fabricante para el desmontaje y montaje de sus partes	
Cambio de las juntas	Cambio	Trapo industrial, Guantes	Herramientas varias	8 meses	Mecánico	Máquina Parada	8h	Debido al desgaste por presión y a la temperatura que están sometidas se determina el tiempo de vida útil	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Plan de Mantenimiento para las Bombas de Soda Cáustica en Lavadora de Botellas

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA BOMBA DE SODA CAUSTICA EN LAVADORA DE BOTELLAS									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
Bomba de Soda Caustica	Comprobar la medición del amperaje del motor síncrono que acciona este conjunto para evitar que se sobreesfuerce y recalentamiento	Medir	Guantes, trapo industrial, cinta aislante	Pinza Amperimetrica	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo del motor mayor sera el consumo de corriente
	Limpiar los servoaccionamientos del sistema	Limpiar	Guantes, trapo industrial	Llave mixta 13", aire	Semanal	Electricista	Máquina Parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Sustituir los rodamientos que presenten anomalías	Cambiar	Trapo industrial, Rodamientos	Extractor de rodamientos	8 meses	Mecánico	Máquina Parada	3h"	
	Pulverizar o limpiar las partes eléctricas	Limpiar	Limpia contacto, trapo industrial,	Destormillador	7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h"	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si
	Mediante una pistola termómetro digital medir la temperatura	Medir	Trapo industrial	Pistola termómetro	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revision del nivelado del servomotor para evitar desgaste y fricción	Revisar	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Mecánico	Máquina Parada	30"	
	Inspección visual de alguna fricción, desgaste o cualquier otra deformidad	Inspeccionar	Trapo industrial		7 semanas	Mecánico	Máquina Parada	30"	La inspección involucra desmontar sus partes y verificar algun desgaste en sus
	Limpiar y barnizar los servoaccionamiento y asi evitar cortocircuitos	Barnizar	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias	8 meses	Electricista	Máquina Parada	3h"	
	Limpiar borneras de los servos. Inspeccionar los cables del sistema	Limpiar / Inspeccionar	Trapo industrial, cinta aislante		7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h	
	Mediante una pistola termómetro digital medir la temperatura	Medir	Trapo industrial	Pistola termómetro	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Lubricar los rodamientos del las bombas de soda	Lubricar	Trapo industrial		Semanal	Mecánico	Máquina en movimiento	15"	
	Inspeccionar que la bomba trabaje con líquido nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba y desgastaría el sello mecánico	Inspeccionar	Trapo industrial		Diario	Operario	Máquina en movimiento	10"	
	Revisión o cambio del sello mecánico	Cambiar	Trapo industrial, sello mecánico	Herramientas varias	6 meses	Mecánico	Máquina Parada	3h	Antes de cambiar el sello lijar el eje por si tenga rebabas. Tener mucho cuidado de no dañar el sello
Revisar y ajustar los pernos de la base de la bomra para evitar vibraciones	Revisar	Trapo industrial		Semanal	Mecánico	Máquina Parada	15"		
Inspeccionar visulamente las bombas en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Inspeccionar	Trapo industrial		Diario	Mecánico	Máquina en movimiento	15"		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Plan de Mantenimiento para el Sistema de Lavado en Lavadora de Botellas

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE LAVADO EN LAVADORA DE BOTELLAS										
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones	
Sistema de lavado en lavadora de botellas	Inspección de las temperaturas en los 8 tanques de lavadora de botellas	Inspección	Guantes, papel toalla	Pipeta, matríz y probeta	Diario	Operario	Máquina en movimiento	30"	En las actividades de análisis organoléptico en lavadora de botellas siempre usar los EPPs correspondientes de acuerdo a la cartilla IPERC en la máquina	
	Revisar los niveles de llenado de los tanques para evitar marchas en seco de las bombas	Revisar	Guantes, papel toalla	Pipeta, matríz y probeta	Diario	Operario	Máquina en movimiento	30"		
	Análisis de las concentraciones de soda en los tanques 1,2,3 y 4	Análisis	Guantes, papel toalla	Pipeta, matríz y probeta	Diario	Operario	Máquina en movimiento	30"		
	Análisis del PH del tanque 8 y agua en la línea de suministro hacia lavadora	Análisis	Guantes, papel toalla	Pipeta, matríz y probeta	Diario	Operario	Máquina en movimiento	30"		
	Análisis de la dureza del agua en la línea de suministro hacia lavadora	Análisis	Guantes, papel toalla	Pipeta, matríz y probeta	Diario	Operario	Máquina en movimiento	30"		
	Análisis de la concentración de dióxido de cloro en el último enjuague del tanque 8	Análisis	Guantes, papel toalla	Pipeta, matríz y probeta	Diario	Operario	Máquina en movimiento	30"		
	Inspección de los extractores de etiquetas para evitar arrastre hacia zona de descarga	Inspección	Guantes			Diario	Mecánico	Máquina en movimiento	30"	
	Medir el amperaje (intensidad de corriente) de los motores que extraen las etiquetas y evitar recalentamiento	Medición	Guantes, trapo industrial, cinta aislante	Pinza Amperimétrica		Diario	Electricista	Máquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo del motor mayor será el consumo de corriente
	Revisar alineación de los inyectores en los 8 tanques	Revisar	Guantes			Diario	Mecánico	Máquina en movimiento	25	
	Revisar que cuenten con todas las extrellas para su óptima limpieza de inyección	Revisar	Guantes			Diario	Mecánico	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir quemaduras o lesiones
	Cambiar cadenas y piñones de transporte extractor debido a desgaste	Cambio	Guantes, trapo industrial	Herramientas varias		6 Meses	Mecánico	Máquina Parada	30"	Aplicar el sistema de bloqueo para intervenir los accionamientos
Lubricar los rodamientos de las shumaceras	Lubricación	Guantes, trapo industrial, grasa	Grasera manual		Mensual	Mecánico	Máquina en movimiento	15"	Limpiar bien la base de la grasera para evitar que la grasa se contamine y deteriore el rodamiento	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Plan de Mantenimiento para el Sistema de Descarga en Lavadora de Botellas

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE DESCARGA EN LAVADORA DE BOTELLAS									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
Sistema de Descarga en Lavadora de Botellas	Comprobar la medición del amperaje del motor síncrono que acciona este conjunto para evitar que se sobreesfuerce y recalentamiento	Medición	Guantes, trapo industrial, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo del motor mayor será el consumo de corriente
	Limpiar los servoaccionamientos del sistema	Limpieza	Guantes, trapo industrial	Llave mixta 13", aire	Semanal	Electricista	Máquina Parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Revisar cilindro de aire comprimido que se encarga de proteger de cualquier sobrecarga	Cambio	Trapo industrial, capuchones	Martillo de bola	7 semanas	Mecánico	Máquina Parada	3h"	
	Pulverizar o limpiar las partes eléctricas	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial,	Destormillador	Semanal	Electricista	Máquina Parada	1h"	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si
	Mediante una pistola termómetro digital medir la temperatura	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisar alineación del motor con el accionamiento síncrono, ajustar si es necesario para evitar desgaste y fricción en sus partes	Revisar	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Mecánico	Máquina Parada	30"	
	Inspeccionar visulamente algún desgaste, resequedad o cualquier otra anomalía	Inspección	Trapo industrial		7 semanas	Mecánico	Máquina Parada	30"	La inspección involucra desmontar sus partes y verificar algún desgaste en sus partes
	Limpiar y barnizar los servoaccionamiento y así evitar cortocircuitos	Barnizado	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias	8 meses	Electricista	Máquina Parada	3h"	
	Limpiar borneras de los servos. Inspeccionar los cables del sistema	Limpieza / inspección	Trapo industrial, cinta aislante		7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h	
	Mediante una pistola termómetro digital medir la temperatura	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Limpiar los servos por el polvo, aceites y así evitar que se contamine	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Electricista	Máquina Parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
Revisar lubricacion central del sistema de accionamiento	Revisar	Trapo industrial			Diario	Operario	Máquina en movimiento	10"	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Plan de Mantenimiento para el Sistema del Cabezal de Agarre en Encajonadora

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DEL CABEZAL DE AGARRE EN ENCAJONADORA									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
Sistema del Cabezal de Agarre	Medir el amperaje (intensidad de corriente) del motor síncrono que acciona este conjunto para evitar que se sobreesfuerce y recalentamiento	Medición	Guantes, trapo industrial, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo del motor mayor será el consumo de corriente
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Guantes, trapo industrial	Llave mixta 13", aire comprimido	Semanal	Electricista	Máquina Parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Cambiar chupones de los cabezales para evitar paradas en la maquina	Cambio	Trapo industrial, capuchones	Martillo de bola	Semanal	Operario	Máquina Parada	15"	
	Limpieza de los dispositivos electricos (Interruptores automaticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destornillador	7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h"	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente
	Medir la temperatura del servo motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisar alineación del motor con el accionamiento síncrono, ajustar si es necesario para evitar desgaste y fricción en sus partes	Revisar	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Mecánico	Máquina Parada	30"	
	Inspeccionar visualmente algún desgaste, resequedad o cualquier otra anomalía	Inspección	Trapo industrial		7 semanas	Mecánico	Máquina Parada	30"	La inspección involucra desmontar sus partes y verificar algún desgaste en sus partes
	Limpieza y barnizado del servo para evitar un cortocircuito en la bobina	Barnizado	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias	8 meses	Electricista	Máquina Parada	3h"	
	Limpieza de la bornera del motor, y volver a aislar las conexiones. Además se inspeccionará el cableado en busca de cables rotos	Limpieza / inspección	Trapo industrial, cinta aislante		7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h"	
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Limpieza del motor, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra animalía para evitar que ingrese al motor y se contamine	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Electricista	Máquina Parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
Revisar lubricación central del sistema de accionamiento	Revisar	Trapo industrial		Diario	Operario	Máquina en movimiento	10"		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Plan de Mantenimiento para el Sistema Bastidor en Encajonadora

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA BASTIDOR EN ENCAJONADORA									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
Sistema de Bastidor	Medir el amperaje (intensidad de corriente) del motor síncrono que acciona este conjunto para evitar que se sobreesfuerce y recalentamiento	Medición	Guantes, trapo industrial, cinta aislante	Pinza Amperimetrica	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo del motor mayor sera el consumo de corriente
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Guantes, trapo industrial	Llave mixta 13", aire comprimido	Semanal	Electricista	Máquina Parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Cambiar estructura de alineamiento de cajas debido a desgaste	Cambio	Trapo industrial, capuchones	Martillo de bola	8 meses	Mecánico	Máquina Parada	3h"	
	Limpieza de los dispositivos eléctricos (Interruptores automaticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial,	Destormillador	7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h"	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisar alineacion del motor con el accionamiento síncrono, ajustar si es necesario para evitar desgaste y fricción en sus partes	Revisar	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Mecánico	Máquina Parada	30"	
	Inspeccionar visulamente algún desgaste, resequedad o cualquier otra anomalía	Inspección	Trapo industrial		7 semanas	Mecánico	Máquina Parada	30"	La inspección involucra desmontar sus partes y verificar algun desgaste en sus partes
	Limpieza y barnizado del servo para evitar un cortocircuito en la bobina	Barnizado	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias	8 meses	Electricista	Máquina Parada	3h"	
	Limpieza de la bornera del motor, y volver a aislar las conexiones. Además se inspeccionará el cableado en busca de cables rotos	Limpieza / inspección	Trapo industrial, cinta aislante		7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h	
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Limpieza del motor, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra animalía para evitar que ingrese al motor y se contamine	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Electricista	Máquina Parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
Revisar lubricacion central del sistema de accionamiento	Revisar	Trapo industrial		Diario	Operario	Máquina en movimiento	10"		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Plan de Mantenimiento para el Sistema de Accionamiento Elevador en Encajonadora

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE ACCIONAMIENTO ELEVADOR EN ENCAJONADORA									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
Sistema de Accionamiento Elevador	Medir el amperaje (intensidad de corriente) del motor síncrono que acciona este conjunto para evitar que se sobreesfuerce y recalentamiento	Medición	Guantes, trapo industrial, cinta aislante	Pinza Amperimetrica	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo del motor mayor sera el consumo de corriente
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Guantes, trapo industrial	Llave mixta 13", aire comprimido	Semanal	Electricista	Máquina Parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Cambiar correa dentada del accionamiento elevador	Cambio	Trapo industrial, capuchones	Martillo de bola	8 meses	Mecánico	Máquina Parada	3h"	
	Limpieza de los dispositivos electricos (Interruptores automaticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destormillador	7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h"	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisar alineación del motor con el accionamiento síncrono, ajustar si es necesario para evitar desgaste y fricción en sus partes	Revisar	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Mecánico	Máquina Parada	30"	
	Inspeccionar visulamente algún desgaste, resequedad o cualquier otra anomalía	Inspección	Trapo industrial		7 semanas	Mecánico	Máquina Parada	30"	La inspección involucra desmontar sus partes y verificar algun desgaste en sus partes
	Limpieza y barnizado del servo para evitar un cortocircuito en la bobina	Barnizado	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias	8 meses	Electricista	Máquina Parada	3h"	
	Limpieza de la bornera del motor, y volver a aislar las conexiones. Además se inspeccionará el cableado en busca de cables rotos	Limpieza / inspección	Trapo industrial, cinta aislante		7 semanas	Electricista	Máquina Parada	1h	
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Máquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Limpieza del motor, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra animalía para evitar que ingrese al motor y se contamine	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Electricista	Máquina Parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
Revisar lubricacion central del sistema de accionamiento	Revisar	Trapo industrial		Diario	Operario	Máquina en movimiento	10"		

Fuente: Elaboración propia

3.2.6. Mejora de la productividad después del plan de mantenimiento

Aquí podemos observar que la mejora de la productividad se debe a la disminución de las paradas en las máquinas contribuyendo en la eficiencia de la producción en un 13,34% de mejora, en el siguiente apartado se hace referencia de lo mencionado.

Tabla 39: Comparación antes y después de la propuesta de mejora

ENVASADO	SITUACIÓN ACTUAL	DESPUÉS DE LA MEJORA	Diferencia
Productividad total	74,32%	90%	15,68%
Productividad de mano de obra	5 328,44	5 543,11	214,67
Eficiencia de producción	76,83%	90,17%	13,34%

Fuente: Elaboración propia

En el antecedente [6] podemos observar el aumento de la productividad de materia prima en un 0,145 aplicando las herramientas en el mantenimiento de los equipos por lo cual en esta propuesta se busca mejorar en un 15,68% lo cual nos llevaría a un indicador de 90% que es lo que exige la empresa.

En el antecedente [7] podemos observar el aumento de la productividad de mano de obra en un 20%, aplicando las herramientas de la ingeniería industrial por lo cual en esta propuesta se busca aumentar en 214,67 por lo cual se estaría cumpliendo con lo programado, que es lo que exige la empresa.

En el antecedente [5] podemos observar el aumento de la productividad de maquinaria o eficiencia de las máquinas en un 11,43%, aplicando metodologías de estudio de tiempos y movimientos, por lo cual en esta propuesta se busca mejorar en un 13,34% lo cual nos llevaría a un indicador del 90,17% que es lo que exige la empresa.

3.3. Realizar el análisis costo – beneficio de la propuesta de mantenimiento.

3.3.1. Costos del Plan propuesto de Mantenimiento en envasado línea 3

En este caso de estudio hay una inversión que la empresa realiza y es de un aproximado de S/ 2 269 350.80, por lo cual incluye una inversión en herramientas, materiales, personal a cargo de la propuesta de mantenimiento la cual describiremos en las siguientes tablas.

A. Costo de los equipos y herramientas para el área de mantenimiento

Tabla 40: Costo de los equipos y herramientas para implementar el área de mantenimiento

Herramientas y equipos para el área de mantenimiento	Cantidad	Total
Llave mixta 11 mm - stanley	S/ 14.90	6 S/ 89.40
Llave mixta 12 mm - stanley	S/ 14.90	6 S/ 89.40
Llave mixta 13 mm - stanley	S/ 14.90	6 S/ 89.40
Llave mixta 14 mm - stanley	S/ 14.90	6 S/ 89.40
Llave mixta 17 mm - stanley	S/ 20.90	6 S/ 125.40
Llave mixta 19 mm - stanley	S/ 20.90	6 S/ 125.40
Llave mixta 22 mm - stanley	S/ 20.90	6 S/ 125.40
Llave mixta 24 mm - stanley	S/ 22.90	6 S/ 137.40
Disco de corte	S/ 35.00	50 S/ 1,750.00
Disco de desbaste	S/ 35.00	50 S/ 1,750.00
Pistola Termómetro Infrarrojo	S/ 1,500.00	3 S/ 4,500.00
Pinza Amperimétrica	S/ 1,100.00	3 S/ 3,300.00
Llave mixta 25 mm - stanley	S/ 22.90	6 S/ 137.40
Llave mixta 27 mm - stanley	S/ 28.90	6 S/ 173.40
Llave mixta 30 mm - stanley	S/ 28.90	6 S/ 173.40
Llave mixta de 1/2	S/ 22.90	6 S/ 137.40
Juego de llaves hexagonal- Stanley	S/ 14.90	6 S/ 89.40
Alicate Universal	S/ 14.90	6 S/ 89.40
Alicate de Punta	S/ 14.90	6 S/ 89.40
Alicate de Corte	S/ 14.90	6 S/ 89.40
Llave Inglesa 12"	S/ 20.90	6 S/ 125.40
Total	S/ 2,999.30	S/13,275.80

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 39 podemos observar que tenemos todo tipo de herramientas y equipos para poder realizar los trabajos de mantenimiento rutinarios y correctivos, incurriendo en un costo total de S/. 13,275.80 nuevos soles.

B. Costo anual de la propuesta de implementación del plan de mantenimiento en el área de envasado

Tabla 41: Costo anual de la logística y ejecución de la propuesta del mantenimiento

Costo Anual de la Ejecucion del Plan de Mantenimiento				
Ítems	Precio S/.	Unidad	Cantidad	Subtotal
Archivador para registro de mantenimiento	S/ 7.00	Unidad	50	S/ 350.00
Materiales varios de oficina (lapiceros, cartucho para impresora, etc.)				S/ 600.00
Papel bond para la impresión de formatos a ser utilizados (micas, etc.)				S/ 550.00
Jefe de mantenimiento	S/ 8,000.00	1	12	S/ 96,000.00
Supervisor de mantenimiento	S/ 6,000.00	8	12	S/ 576,000.00
Técnico Electricista	S/ 4,000.00	10	12	S/ 480,000.00
Técnico Mecánico	S/ 4,000.00	10	12	S/ 480,000.00
Total				S/ 1,633,500.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 40 se muestra el costo anual para la ejecución del plan de mantenimiento lo cual incluye los formatos, papel bond y el pago al personal siendo la suma de S/. 1 633 500,00 nuevos soles.

C. Costo anual de los materiales para el plan de mantenimiento.

Tabla 42: Costo anual de los materiales para el plan de mantenimiento

COSTO DE LOS MATERIALES PARA EL PLAN ANUAL DEL MANTENIMIENTO				
Material - Kronos	Precio/und	Cantidad	Unidad	Total
Filtro de manga	S/ 350.00	50	Unidad	S/ 17,500.00
Aceite de transmisión	S/ 250.00	200	L	S/ 50,000.00
Grasa Roja	S/ 190.00	200	Kg	S/ 38,000.00
Acoplamiento de Bronce	S/ 150.00	85	Unidad	S/ 12,750.00
Cadena de transmisión	S/ 120.00	100	Rollo	S/ 12,000.00
Tulipas	S/ 150.00	198	Unidad	S/ 29,700.00
Empaquetaduras	S/ 150.00	150	Unidad	S/ 22,500.00
Interruptores diferenciales	S/ 95.00	10	Unidad	S/ 950.00
Soldadura	S/ 20.00	100	Kg	S/ 2,000.00
Cinta teflón	S/ 4.00	150	Unidad	S/ 600.00
Limpia contactos	S/ 25.00	35	Unidad	S/ 875.00
Silicona	S/ 12.00	50	Unidad	S/ 600.00
Trapo industrial	S/ 5.00	200	Kg	S/ 1,000.00
strech film	S/ 15.00	150	Unidad	S/ 2,250.00
Lijas 80, 120, 600	S/ 2.00	250	Unidad	S/ 500.00
Válvulas de bronce	S/ 350.00	65	Unidad	S/ 22,750.00
Cable Industrial (rojo, verde, negro)	S/ 45.00	15	Rollo	S/ 675.00
Cinta aislante	S/ 5.00	100	Unidad	S/ 500.00
Pulsadores	S/ 25.00	15	Unidad	S/ 375.00
Cilindro neumático	S/ 450.00	55	Unidad	S/ 24,750.00
Sensores fotoeléctricos	S/ 350.00	50	Unidad	S/ 17,500.00
Sellos mecánicos	S/ 170.00	150	Unidad	S/ 25,500.00
Transporte de Tablillas	S/1,500.00	150	Kg	S/225,000.00
Rodillos de Transmisión	S/ 420.00	150	Unidad	S/ 63,000.00
Piñones para transporte	S/ 180.00	180	Unidad	S/ 32,400.00
Guías para transporte	S/ 105.00	180	Unidad	S/ 18,900.00
Total	S/5,138.00			S/622,575.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 41 nos muestra el costo anual de los materiales necesarios para el plan de mantenimiento así tenemos un costo de S/. 622 575,00.

El costo total se calcula sumando los costos de herramientas, costos de materiales y costos de ejecución.

$$\begin{aligned} \text{Costos totales} &= \text{Costos de herramientas} + \text{Costos de ejecución} \\ &+ \text{Costos de materiales} \end{aligned}$$

$$\text{Costos totales} = 13\,275,80 + 1\,633\,500,00 + 622\,575,00$$

$$\text{Costos totales} = S/.2\,269\,350,80 \text{ nuevos soles.}$$

3.3.2. Costos del mantenimiento actual en envasado línea 3

En la tabla N° 43 se muestran los costos que actualmente realiza la empresa con respecto al mantenimiento de los equipos para lo cual contrata a una empresa tercera que se encargue del mantenimiento, siendo así la empresa incurre en un costo total de mantenimiento en sus equipos de S/. 3,341,697.00 nuevos soles.

Tabla 43: Costo del plan actual del mantenimiento en línea 3

COSTO DEL PLAN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO - 2018													
MANTENIMIENTO													
Empresa Tercera Servis													
Sub Total	149,418	180,329	204,843	574,541	188,858	296,383	620,848	202,882	203,088	228,851	191,627	151,781	3,193,449
Administrativos													
Sub Total	0	4,000	2,100	3,510	0	5,190	1,000	3,990	1,100	4,510	1,000	3,000	29,400
Mantenimiento													
Sub Total	0	0	26,371	0	0	26,371	0	0	26,371	0	0	19,528	98,641
Mantenimiento Laboratorios													
Sub Total	1,184	1,184	7,184	1,184	1,184	1,184	1,184	1,184	1,184	1,184	1,184	1,184	20,208
TOTAL MANTENIMIENTO	150,602	185,513	240,498	579,235	190,042	329,128	623,032	208,056	231,743	234,545	193,811	175,493	3,341,697

Fuente: ABInBev Backus & Jonsthor

Para ver si la propuesta es viable nos fijaremos en el costo de la propuesta del plan de mantenimiento, el costo del plan asciende a **S/. 2,269,350.80** nuevos soles y por otro lado el contratar una empresa tercera para que realice el mantenimiento asciende a **S/. 3,341,697.00** nuevos soles.

Como se puede observar, la aplicación del nuevo plan hace suponer un ahorro anual de **S/. 1,072,346.20** nuevos soles.

3.3.3. Flujo de caja económico

Como se puede observar en la siguiente tabla, de acuerdo a los ingresos y egresos, tenemos un flujo económico de S/. 8 069 238,35 soles anual

Tabla 44: Flujo de caja económico

PERIODOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
INGRESOS		S/ 22 489 039,15	S/ 22 489 039,15	S/ 22 489 039,15	S/ 22 489 039,15	S/ 22 489 039,15	S/ 22 489 039,15	S/ 22 489 039,15	S/ 22 489 039,15	S/ 22 489 039,15	S/ 22 489 039,15
Utilidad no percibida		S/ 19 147 342,15	S/ 19 147 342,15	S/ 19 147 342,15	S/ 19 147 342,15	S/ 19 147 342,15	S/ 19 147 342,15	S/ 19 147 342,15	S/ 19 147 342,15	S/ 19 147 342,15	S/ 19 147 342,15
Inversión mantenimiento terceros		S/ 3 341 697,00	S/ 3 341 697,00	S/ 3 341 697,00	S/ 3 341 697,00	S/ 3 341 697,00	S/ 3 341 697,00	S/ 3 341 697,00	S/ 3 341 697,00	S/ 3 341 697,00	S/ 3 341 697,00
EGRESOS		S/ 14 419 800,80	S/ 14 419 800,80	S/ 14 419 800,80	S/ 14 419 800,80	S/ 14 419 800,80	S/ 14 419 800,80	S/ 14 419 800,80	S/ 14 419 800,80	S/ 14 419 800,80	S/ 14 419 800,80
Materiales		S/ 622 575,00	S/ 622 575,00	S/ 622 575,00	S/ 622 575,00	S/ 622 575,00	S/ 622 575,00	S/ 622 575,00	S/ 622 575,00	S/ 622 575,00	S/ 622 575,00
Herramientas / Equipos		S/ 13 275,80	S/ 13 275,80	S/ 13 275,80	S/ 13 275,80	S/ 13 275,80	S/ 13 275,80	S/ 13 275,80	S/ 13 275,80	S/ 13 275,80	S/ 13 275,80
Logística		S/ 1 633 500,00	S/ 1 633 500,00	S/ 1 633 500,00	S/ 1 633 500,00	S/ 1 633 500,00	S/ 1 633 500,00	S/ 1 633 500,00	S/ 1 633 500,00	S/ 1 633 500,00	S/ 1 633 500,00
Otros gasto operativos / Distribución		S/ 12 150 450,00	S/ 18 150 324,00	S/ 18 150 324,00	S/ 18 150 324,00	S/ 18 150 324,00	S/ 18 150 324,00	S/ 18 150 324,00	S/ 18 150 324,00	S/ 18 150 324,00	S/ 18 150 324,00
Inversión	-S/ 2 269 350,80										
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO	-S/ 2 269 350,80	S/ 8 069 238,35	S/ 8 069 238,35	S/ 8 069 238,35	S/ 8 069 238,35	S/ 8 069 238,35	S/ 8 069 238,35	S/ 8 069 238,35	S/ 8 069 238,35	S/ 8 069 238,35	S/ 8 069 238,35

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el VAN se toma en cuenta la cantidad de años en que un equipo se pueda depreciar, el cual es un periodo de 10 años, con una tasa de descuento del 12% al año que se obtiene al aplicar el plan de mantenimiento en este caso es S/. 47 862 347,15 nuevos soles.

Con respecto al TIR podemos deducir que el rendimiento de la inversión es mayor al 100% y por lo tanto la inversión es muy rentable ya que se recupera la inversión en el primer año.

Finalmente, el costo beneficio del proyecto es que de cada S/. 1,00 nuevo sol invertido se obtendrá una ganancia de S/. 21,09 nuevos soles por lo tanto el proyecto es muy rentable.

Tabla 45: Cálculo del VAN, TIR y B/C

TASA DE DESCUENTO	12%
VAN	S/ 47 862 347,15
TIR	356%
B/C	S/ 22,09

Fuente: Elaboración propia.

IV. CONCLUSIONES

- 1) Con respecto al diagnóstico actual del área de envasado, se pudo determinar que los principales problemas en la baja producción de cerveza, se debe al uso de mantenimiento correctivo por las fallas ocurridas en las máquinas de producción, dando lugar a no poder cumplir con la demanda programada anual de 2 976 652 hl teniendo solo una producción de 2 862 784 hl, teniendo una pérdida de dinero de S/.19 147 342,15 nuevos soles. Identificándose en el año 2 018, 2 549 horas de paradas teniendo una disponibilidad de las máquinas en un 71%.

- 2) Para el segundo objetivo se realizó la propuesta de diseñar el plan de mantenimiento de los equipos y máquinas de envasado para lograr aumentar la productividad total de 74,32% al 90% y también mejorar la eficiencia de la producción de un 76.83% hasta el 90,17%. Se elaboró las actividades de mantenimiento preventivo por limpieza, inspección, lubricación y reemplazo, en una secuencia de horas en todo el año: 120 horas, 500 horas, 1 500 horas, 3 000 y 6 000 horas.

- 3) En cuanto a los costos y gastos, para la implementación del plan de mantenimiento preventivo la empresa ahorra S/. 1 080 146,20. El proyecto tiene una inversión de S/. 2 269 350,80 y se recuperaría a los dos años por lo que el proyecto es viable.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa implementar el plan de mantenimiento ya que tendría un ahorro de S/. 1 080 146,20 soles al año. Además, se indica a la empresa en comprometerse en seguir los pasos del plan de mantenimiento para así poder mejorar la productividad de la línea 3 de envasado.

Se recomienda para futuros proyectos, la complementación de un plan de gestión de activos que integren las diferentes áreas como mantenimiento, producción, logística, sector financiero con el objetivo de que haya una mejora continua.

Si la propuesta se llegara a implementar necesitaríamos:

- ✓ La empresa debe capacitar al personal del área de mantenimiento como las que se comprometerán en las tareas de mantenimiento para que a través de un mejor conocimiento se minimizarán las fallas de las máquinas.
- ✓ La dirección de la empresa debe estar comprometida en comunicar a todo el personal, acerca de los beneficios futuros al implementar la mejora en el mantenimiento.

Por último, se recomienda implementar un sistema de recolección de información, así nos servirá inspeccionar de forma anual el plan y realizar la mejora continua y retroalimentar si en caso es necesario. Además, este método servirá para influir positivamente sobre la toma de decisiones revisando que las secuencias de ejecución sean convenientes para el plan de mantenimiento.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. E. Zuñe Mendoza, «Propuesta de mejora del procesamiento de granos de agronegocios SICÁN S.A.C. para aumentar la productividad,» Tesis, Chiclayo, 2018.
- [2] N. E. Albán Salazar, «Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa Cosntrucciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad,» Tesis, Chiclayo, 2017.
- [3] L. A. Tullume Fenco, «Propuesta de mejora del proceso productivo de bebida gaseosa en la empresa complejo industrial San Antonio E.I.R.L. para incremento de su productividad,» Tesis, Chiclayo, 2018.
- [4] J. R. Robles Cuadros, «Diseño de un plan de mantenimiento basado RCM para incrementar la vida útil del tren de fuerza de camiones de acarreo marca Caterpillar modelo 793d en sociedad Minera Cerro Verde,» Tesis, Arequipa, 2018.
- [5] S. J. Alfaro Ayquipa y H. M. Altamirano Cueva, «Propuesta de mejora para incrementar la productividad de los equipos de carguío y acarreo en mina La Arena S.A. Huamachuco, 2017,» Tesis, Trujillo, 2018.
- [6] A. Pistarelli, MANUAL DE MANTENIMIENTO Ingenieria, Gestion y organizacion, Buenos Aires: ISBN, 2010.
- [7] G. Kanawaty, Introduccion al estudio del trabajo, Ginebra: ISBN, 1998.
- [8] J. Moubray, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Madrid: ISBN, 2004.
- [9] D. Mesa, Y. Ortiz y M. Pinzon, «La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento,» *Scientia Et Technica*, vol. 12, nº 30, pp. 155-160, mayo 2006.
- [10] UNE-EN, «ISO 9001-2000 sistemas de Gestion de la calidad. requisitos,» NORMA ISO, España, 1995.
- [11] H. Gutierrez Pulido, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Mexico: MCGraw - Hill, 2009.
- [12] J. Procopenko, La Gestion de la Productividad, Ginebra: ISBN 92-2-305901-1, 1989.
- [13] F. A. D'Alessio Ipinza, El Proceso Estrategico- Un Enfoque de Gerencia, Mexico: Pearson Educacion de Mexico S.A. de C.V., 2008.
- [15] N. V. Loayza, «La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo del Peru y el mundo,» *Revista estudios economicos*, pp. 9-28, junio 2016.
- [16] Backus, «Backus AB InBev vuelve a ser reconocida como la segunda empresa más responsable del Perú,» 2018. [En línea]. Available: <http://backus.pe/backus-ab-inbev-vuelve-ser-reconocida-como-la-segunda-empresa-mas-responsable-del-peru/>.

- [17] PROCHILE, «PMP Estudio de Mercado. Cerveza en China,» 2017. [En línea]. Available: https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2018/04/pmp_cerveza_china.pdf.
- [18] RAE, «Productividad,» 2019. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/?id=UH8mXZv>.
- [19] L. Kirings Holdings Company, « Kirin Holdings,» 21 diciembre 2017. [En línea]. Available: https://www.kirinholdings.co.jp/english/news/2017/1221_01.html#table3. [Último acceso: 16 febrero 2019].
- [20] KRONES, «<https://www.krones.com/es/productos/maquinas.php>,» House of Krones, 2015. [En línea]. Available: <https://www.krones.com/es/productos/maquinas.php>. [Último acceso: 18 JUNIO 2019].
- [21] B. & J. ABINBEV.

VII. ANEXOS

ANEXO 01: Registro de los equipos de la línea 3 de envasado.

EQUIPOS Y DISPOSITIVOS DEL ÁREA DE ENVASADO
Servo accionamientos
Servomotores
Fotoceldas
Bombas de soda
Bombas de agua
Bombas de cerveza
Ablandadores de agua
Cilindros neumáticos
Pistones elevadores
Intercambiador de calor
Extractores de etiquetas
Transportes de botellas
Transportes de cajas
Sistema de carga
Sistema de descarga
Válvulas electro neumáticas
Sensores inductivos
Accionamiento mecatrónico
Engranaje helicoidal
Sistema de rociado interior
Sistema de rociado exterior
Servo accionamiento de cinta tamizadora
Válvulas de cierre

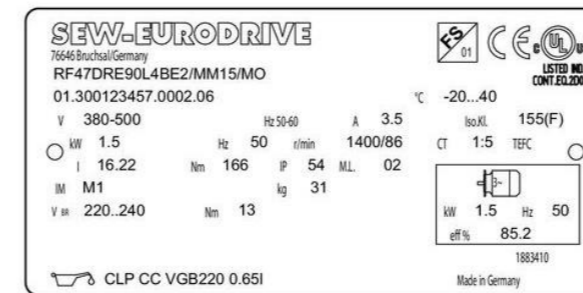
ANEXO 02: Fichas técnicas de los equipos que se analizaron en la línea 3 de envasado

3 Designación del modelo

3.1 Designación de modelo del accionamiento MOVIMOT®

3.1.1 Placa de características

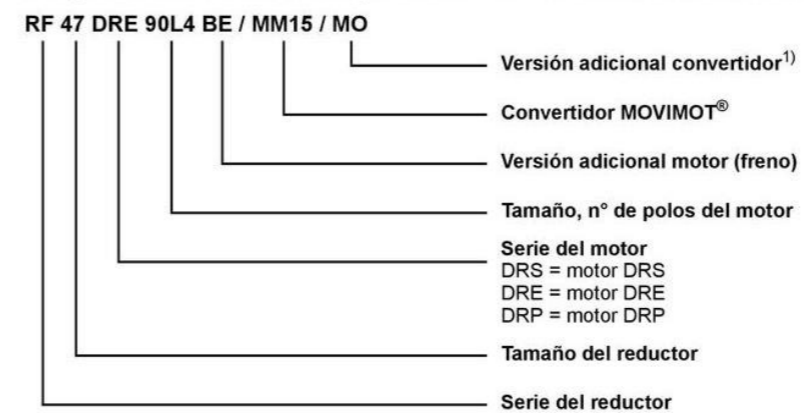
La siguiente figura muestra la placa de características de un accionamiento MOVIMOT® a modo de ejemplo. Esta placa de características se encuentra en el motor.



9007199774918155

3.1.2 Designación del modelo

La siguiente tabla muestra la designación de modelo del accionamiento MOVIMOT®:



1) En la placa de características sólo se indican las opciones instaladas en fábrica.

Podrá consultar las versiones disponibles en el catálogo "Motorreductores MOVIMOT®".



9 Datos técnicos

9.1 Trabajo del freno, pares de frenado BMG02

Tipo de freno	Para tamaño de motor	Trabajo del freno hasta el mantenimiento [10 ⁶ J]	Grosor "d" del disco ferodo [mm]		Par de frenado [Nm]
			máx.	mín.	
BMG02	DT56 ET56	30	6	5.6	1.2
				5.4	0.8

9.2 Información para pedir un BMG02 de repuesto

Tipo de freno	Tensión [V _{cc}]	Par de frenado [Nm]	Referencia de pieza del freno
BMG02	24	0.8	0574 319 2
		1.2	0574 323 0
BMG02/HR	24	0.8	0574 327 3
		1.2	0574 331 1

Tipo de freno	Tensión [V _{ca}]	Par de frenado [Nm]	Referencia de pieza del freno
BMG02	230	0.8	0574 320 6
		1.2	0574 324 9
	400	0.8	0574 321 4
		1.2	0574 325 7
	460/500	0.8	0574 322 2
		1.2	0574 326 5
BMG02/HR	230	0.8	0574 328 1
		1.2	0574 332 X
	400	0.8	0574 329 X
		1.2	0574 333 8
	460/500	0.8	0574 330 3
		1.2	0574 334 6

9.6 Tipos de rodamiento de bolas permitidos

Tipo de motor	Rodamiento A, lado del accionamiento (motor CA, motor freno)			Rodamiento B, lado de no accionamiento (con patas, con brida o motorreductores)	
	Motor con brida	Motorreductor	Motor con patas	Motor CA	Motor freno
DT56	-	6302-2Z-J	-	6001-2RS-J	6001-2RS-J
DFR63	6203-2Z-J	6303-2Z-J	-	6202-2Z-J	6202-2RS-J-C3
DT71-DT80	6204-2Z-J	6303-2Z-J	6204-2Z-J	6203-2Z-J	6203-2RS-J-C3
DT(E)90 – DV(E)100		6306-2Z-J		6205-2Z-J	6205-2RS-J-C3
DV(E)112 – 132S	6208-2Z-J	6307-2Z-J	6208-2Z-J	6207-2Z-J	6207-2RS-J-C3
DV(E)132M – 160M		6309-2Z-J-C3		6209-2Z-J-C3	
DV(E)160L – 180L		6312-2Z-J-C3		6213-2Z-J-C3	
DV(E)200 – 225		6314-2Z-J-C3		6314-2Z-J-C3	
DV250 – 280		6316-2Z-J-C3		6315-2Z-J-C3	

9.7 Tabla de lubricantes para rodamientos de los motores SEW

Los rodamientos están diseñados como rodamientos cerrados 2Z o 2RS y no pueden lubricarse posteriormente.

	Temperatura ambiente	Fabricante	Tipo
Rodamiento del motor	-20 °C ... +80 °C	Esso	Polyrex EM ¹⁾
	+20 °C ... +100 °C	Klüber	Barrierta L55/2 ²⁾
	-40 °C ... +60 °C	Klüber	Asonic GHY72 ²⁾

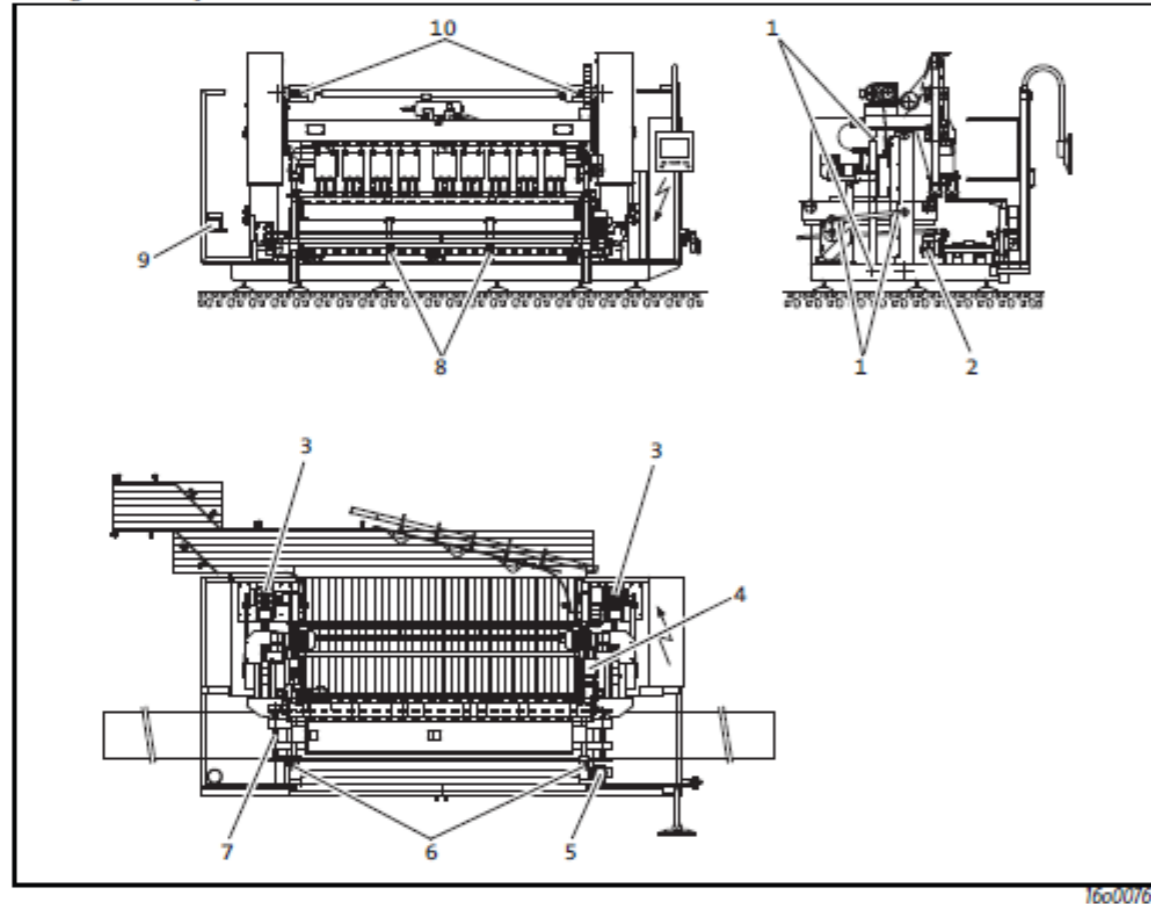
1) Lubricante mineral (= lubricante para rodamientos de base mineral)

2) Lubricante sintético (= lubricante para rodamientos de base sintética)

Lubricación

1.4 Vista general

Vista general Encajonadora 2



- | | |
|--|---|
| 1 Cabezal articulado del mecanismo de traslación oscilante | 7 Eje de accionamiento de la cadena articulada - Transportador de embalajes |
| 2 Accionamiento del transportador de embalajes | 8 Rodamientos del eje sincronizado del soporte del dispositivo oscilante |
| 3 Accionamiento del mecanismo de traslación oscilante | 9 Bomba de lubricación con depósito de lubricante (equipamiento especial) |
| 4 Accionamiento de la mesa portaenvases | 10 Accionamiento del mecanismo elevador |
| 5 Accionamiento, mecanismo actuador del bastidor de introducción (equipamiento especial) | |
| 6 Rodillos de apoyo del mecanismo actuador del bastidor de introducción | |

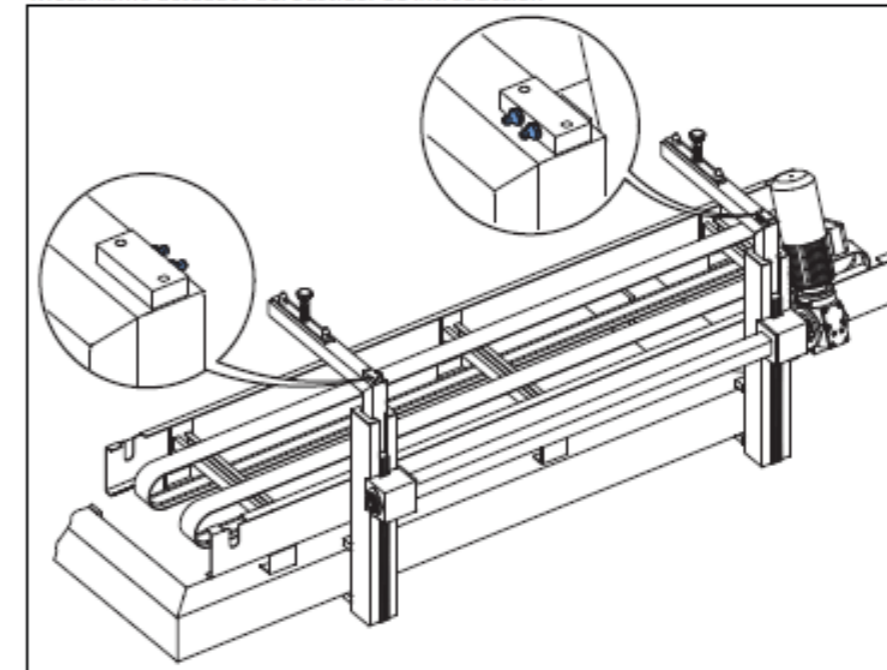
16o0076

Lubricación

Lubricar los rodillos de apoyo del accionamiento del marco de introducción
Intervalo: Cada 120 horas de servicio o a lo más tardar una vez transcurrida una semana

Componente	Rodillos de apoyo del mecanismo actuador del bastidor de introducción
Ubicación	■ Mecanismo actuador del bastidor de introducción
Lubricante	30-04, cantidad: aprox. 1,5 cm ³ por boquilla de engrase.
Trabajos	■ Lubricar con pistola de engrase manual.

Mecanismo actuador del bastidor de introducción



16o0445

Lubricar los rodillos de apoyo:
► Lubricar con poca presión a través de las boquillas de engrase. Los rodillos de apoyo están lubricados.

Lubricante de la primera lubricación

Variante - Primera lubricación con:	Lubricante
Estándar KRONES	30-04
KRONES HI	30-04

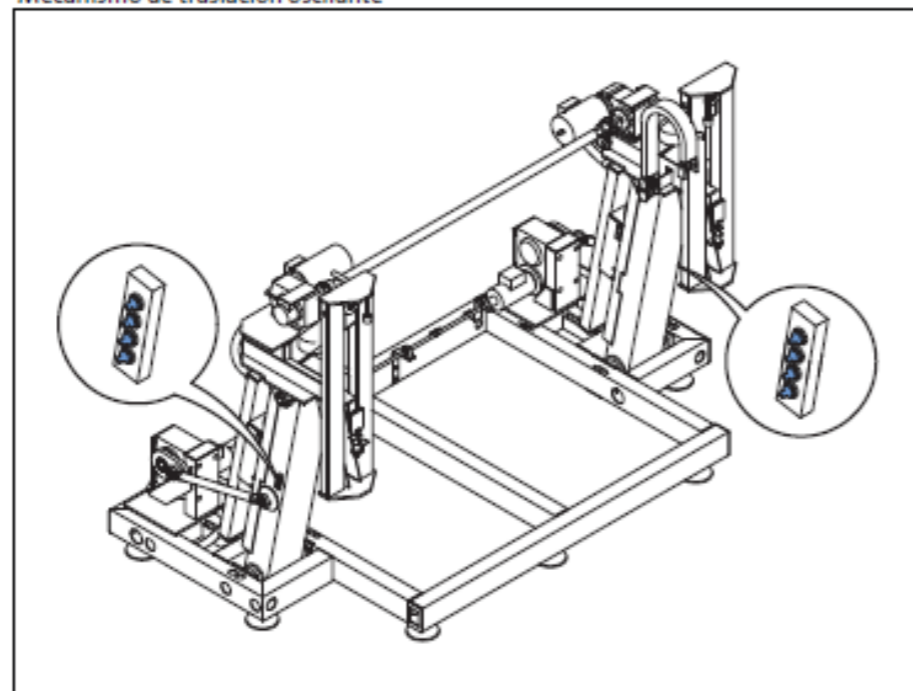


Lubricación

Relubricar los cabezales de unión articulada del mecanismo de traslación oscilante
Intervalo: Cada 120 horas de servicio o a lo más tardar una vez transcurrida una semana

Componente	Cabezales articulados del mecanismo de traslación oscilante
Ubicación	■ Mecanismo de traslación oscilante
Lubricante	30-04, cantidad: aprox. 1,5 cm ³ por boquilla de engrase.
Trabajos	■ Lubricar con pistola de engrase manual.

Mecanismo de traslación oscilante



16o0090

Lubricación de los cabezales articulados:

► Lubricar con poca presión a través de las boquillas de engrase. Los cabezales articulados están lubricados.

Lubricante de la primera lubricación



Variante – Primera lubricación con:	Lubricante
Estándar KRONES	30-04
KRONES HI	30-04

Lubricación

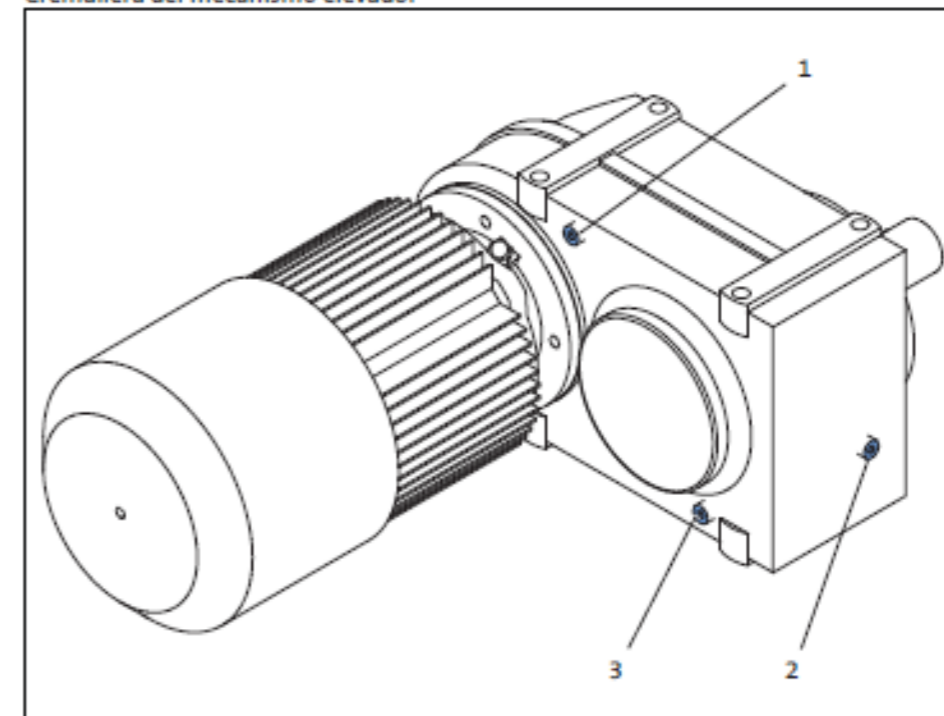
1.7.3 Intervalo: Cada 30.000 horas de funcionamiento o a lo más tardar una vez transcurridos 5 años

Cambiar el lubricante de la cremallera del mecanismo elevador

Intervalo: Cada 30.000 horas de funcionamiento o a lo más tardar una vez transcurridos 5 años

Componente	Cremallera
Ubicación	■ Mecanismo elevador
Lubricante	10-07 ó 10-14, cantidad: Véase placa de identificación.
Trabajos	■ Cambiar el lubricante.

Cremallera del mecanismo elevador



16o0122

- 1 Tornillo del orificio de llenado
- 2 Tornillo del orificio de control
- 3 Tornillo de purga

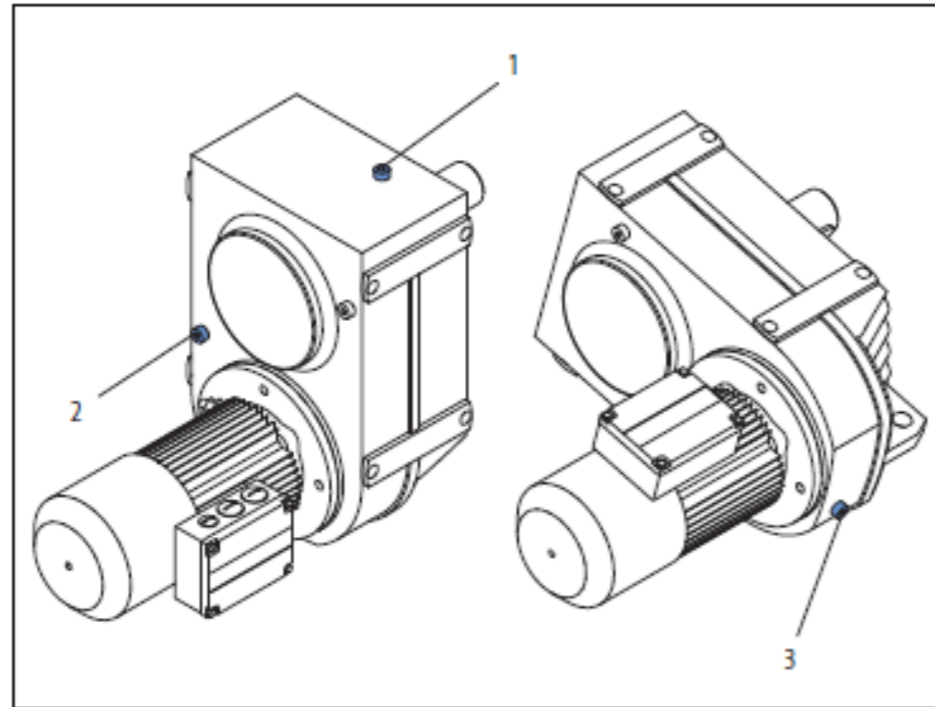
Lubricación

Cambiar el lubricante de la cremallera del mecanismo de traslación oscilante

Intervalo: Cada 30.000 horas de funcionamiento o a lo más tardar una vez transcurridos 5 años

Componente	Cremallera
Ubicación	■ Mecanismo de traslación oscilante
Lubricante	10-07 ó 10-14, cantidad: Véase placa de identificación.
Trabajos	■ Cambiar el lubricante.

Accionamiento del mecanismo de traslación oscilante



- 1 Tornillo del orificio de llenado
- 2 Tornillo del orificio de control
- 3 Tornillo de purga

16o0173

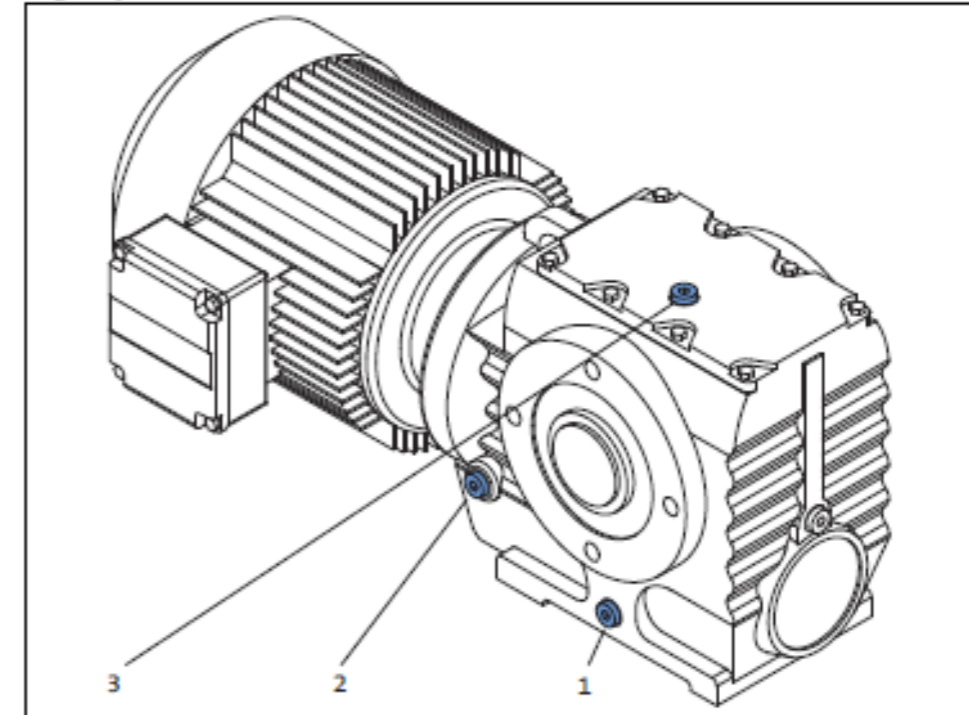
Lubricación

Cambiar el lubricante del engranaje helicoidal del transportador de embalajes

Intervalo: Cada 30.000 horas de funcionamiento o a lo más tardar una vez transcurridos 5 años

Componente	Engranaje helicoidal
Ubicación	■ Transportador de embalajes
Lubricante	10-09 ó 10-14, cantidad: Véase placa de identificación.
Trabajos	■ Cambiar el lubricante.

Engranaje helicoidal



- 1 Tornillo de purga
- 2 Tornillo del orificio de control
- 3 Tornillo del orificio de llenado

05o0322c

Lubricación

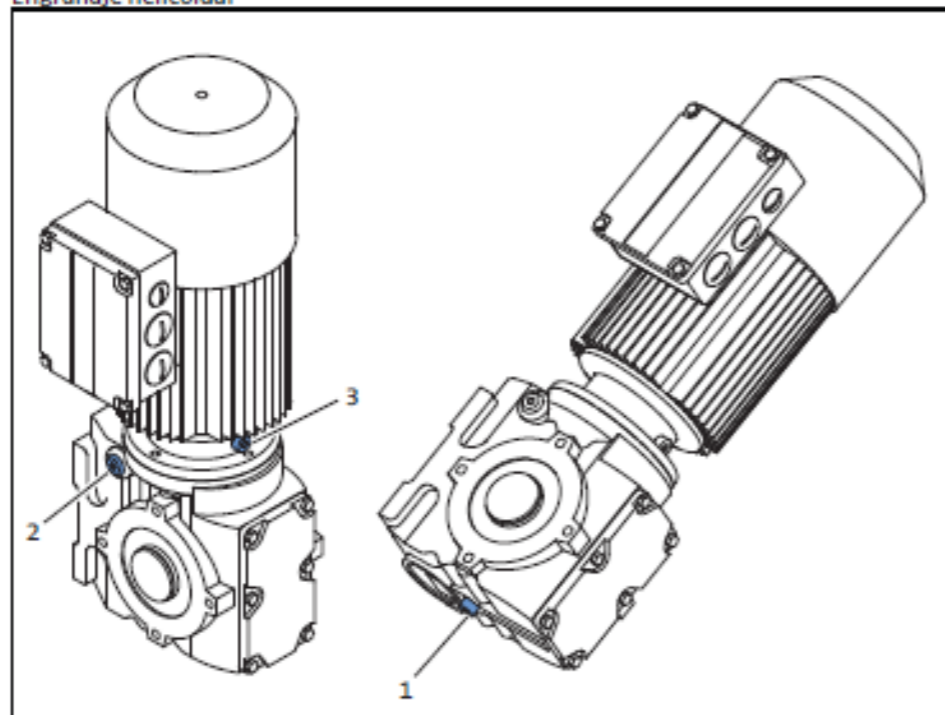
Cambiar el lubricante del engranaje helicoidal del mecanismo actuador del bastidor de introducción

(equipamiento especial - bastidor de introducción con motor)

Intervalo: Cada 30.000 horas de funcionamiento o a lo más tardar una vez transcurridos 5 años

Componente	Engranaje helicoidal (equipamiento especial - mecanismo actuador del bastidor de introducción con motor)
Ubicación	■ Mecanismo actuador del bastidor de introducción
Lubricante	10-09 ó 10-14, cantidad: Véase placa de identificación.
Trabajos	■ Cambiar el lubricante.

Engranaje helicoidal



16o0123

- 1 Tornillo de purga
- 2 Tornillo del orificio de control
- 3 Tornillo del orificio de llenado

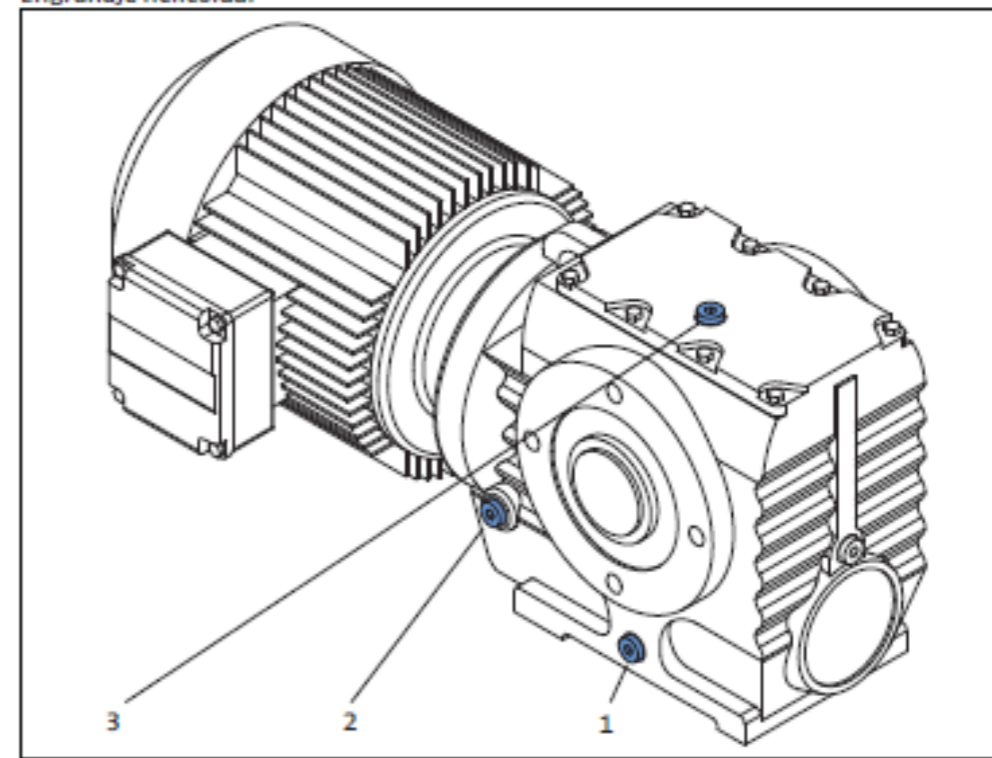
Lubricación

Cambiar el lubricante del engranaje helicoidal de la mesa portaenvases

Intervalo: Cada 30.000 horas de funcionamiento o a lo más tardar una vez transcurridos 5 años

Componente	Engranaje helicoidal
Ubicación	■ Mesa portaenvases
Lubricante	10-09 ó 10-14, cantidad: Véase placa de identificación.
Trabajos	■ Cambiar el lubricante.

Engranaje helicoidal



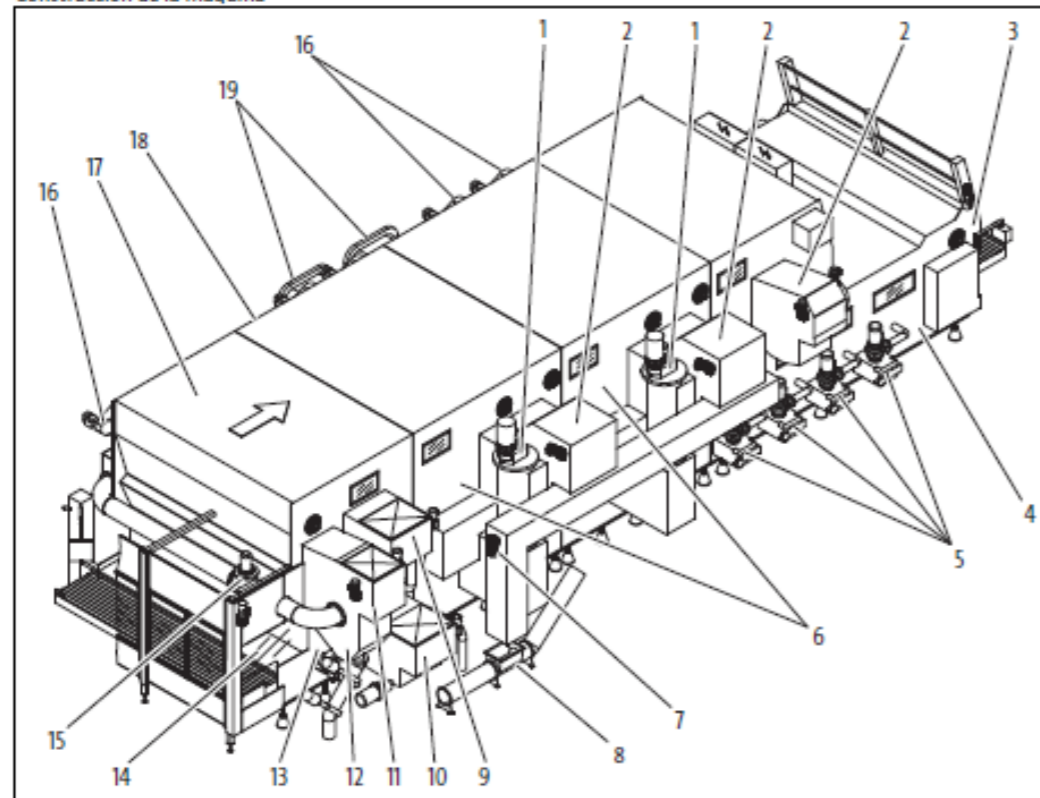
05o0322c

- 1 Tornillo de purga
- 2 Tornillo del orificio de control
- 3 Tornillo del orificio de llenado

Estructura/funcionamiento

6.2 Estructura de la máquina

Construcción de la máquina

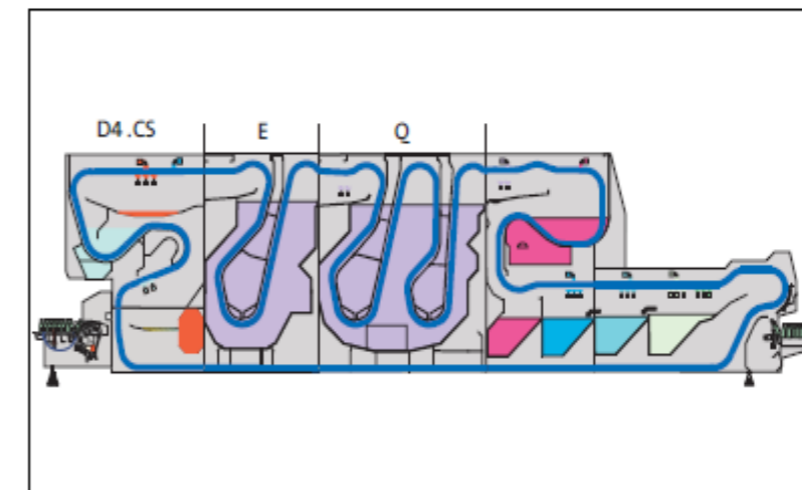


0790006

- | | |
|---|---|
| 1 Bomba de circulación, separador de etiquetas - bomba de hélices | 10 Rociado previo a alta presión |
| 2 Separador de etiquetas | 11 Separador de etiquetas, baño de remojo |
| 3 Conjunto de descarga | 12 Extracción de vidrio roto |
| 4 Tratamiento posterior | 13 Conjunto de carga |
| 5 Tanque de agua | 14 Carga a granel |
| 6 Área principal de tratamiento | 15 Bomba de circulación, separador de etiquetas - bomba tubular |
| 7 Transporte de etiquetas (equipamiento opcional) | 16 Engranaje del accionamiento principal - accionamiento sincrono |
| 8 Prensa de etiquetas (equipamiento opcional) | 17 Área de tratamiento previo |
| 9 Extracción de suciedad | 18 Lado motriz |
| | 19 Calentador |

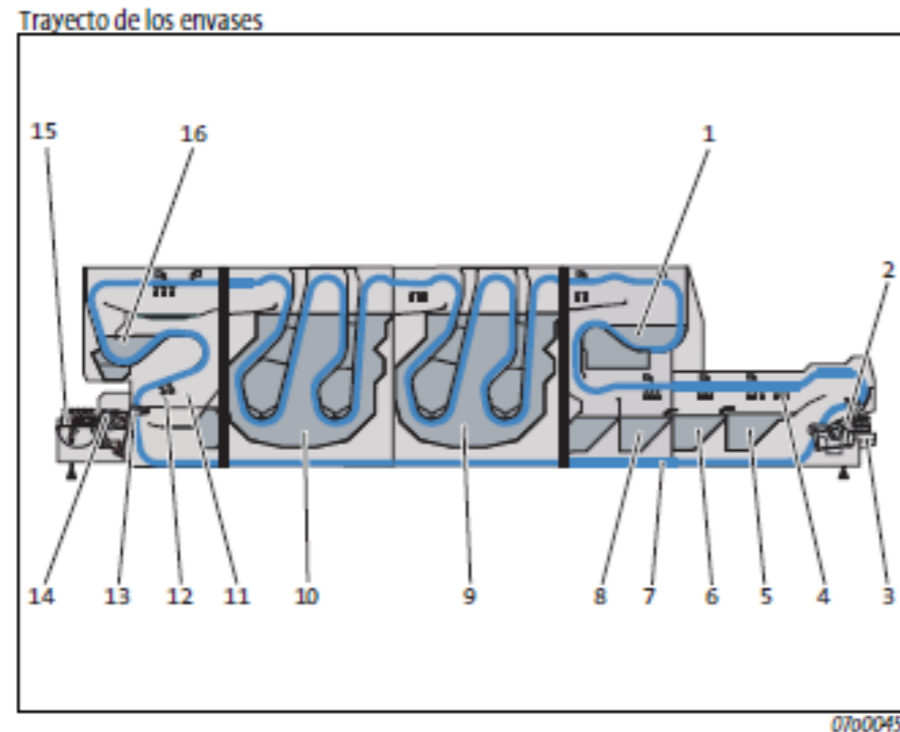
Descripción de la máquina

Designación del modelo



Ejemplo: D4.CS. EQQ 43 9	
D	Máquina con entrada y salida de botellas individual
4	Altura de la carcasa de la máquina sin componentes adicionales (3 = 3,6 m; 4 = 4,2 m; 5 = 5,2 m)
C	Ejecuciones posibles de las zonas pre-tratamiento (B = con rociado inicial y remojo, C = con rociado inicial, remojo y rociado inicial a presión, A/C = con rociado inicial y rociado inicial a presión).
S	Ejecución de la recuperación (S= Rociado a presión inicial opuesto al baño de s.cáustica final; B= 1. Baño de sosa cáustica opuesto al último baño de sosa cáustica)
E	Media etapa de sosa cáustica c.u. (circuito sencillo de inmersión en sosa cáustica con extracción de etiquetas; C = sin extracción de etiquetas)
Q	Sendas etapas de sosa cáustica principal (doble circuito de inmersión en sosa cáustica con extracción de etiquetas; O = sin extracción de etiquetas)
43	Anchura interior de la carcasa en dm redondeada sin decimales
9	Paso = Anchura de cada alveolo en cm redondeada sin decimales

6.3 Trayecto de los envases a través de la máquina



- | | |
|--|---|
| 1 Sosa cáustica posterior | 10 Tratamiento principal, sosa cáustica 1 |
| 2 Conjunto de descarga | 11 Tratamiento previo |
| 3 Cinta transportadora para la descarga | 12 Perrociado |
| 4 Rociado con agua limpia | 13 Portabotellas |
| 5 Agua fría | 14 Conjunto de carga |
| 6 Agua caliente 2 | 15 Carga a granel |
| 7 Tratamiento posterior | 16 Baño de remojo |
| 8 Agua caliente 1 | |
| 9 Tratamiento principal, sosa cáustica 2 | |

Trayecto de los envases:

- La tarea de una máquina lavadora de botellas es lavar de manera totalmente automática las botellas que entran en ella. Las principales áreas de la máquina son el área de carga a granel y el conjunto de carga dentro de la máquina, el área de tratamiento previo, el área principal de tratamiento y el área de tratamiento posterior junto con el área de descarga.
- En la carga a granel los envases se reparten en diferentes vías y son empujados por el conjunto de carga dentro de los portabotellas. En el área de tratamiento previo, las botellas se van calentando poco a poco para eliminar la suciedad más importante (arena, filtros de cigarrillos, etc.).
- En el área principal de tratamiento, la botella es sometida a altas temperaturas (aprox. 58-85 °C) y a la acción de sustancias químicas (NaOH aprox. al 1-3,5% y aditivos), según el material (plástico, vidrio). De este modo se "limpia" biológicamente la botella y se elimina la suciedad adherida (etiquetas, etc.). El lavado se ejecuta dentro de uno o varios baños con distintos sistemas de guiado por bucles, según las exigencias de la máquina y el rendimiento.

5.3 Medios de producción – Especificación, valores límite, orientativos y de ajuste

ADVERTENCIA



¡Valores límite excedidos!
Daños personales causados por un exceso de los valores límite.

- ▶ No exceder nunca los valores límite.
- ▶ Respetar las distancias de seguridad.
- ▶ Usar ropa de protección.

NOTA

¡Divergencia en los valores límite, orientativos y de ajuste!
Daños e incidentes en la máquina y contaminaciones del producto causados por la divergencia en los valores límite, orientativos y de ajuste.

- ▶ Los valores límite, orientativos o de ajuste nunca deberán excederse y siempre deberán alcanzarse.
- ▶ Usar únicamente medios que atesoren la calidad exigida.

5.3.1 Aire de trabajo

El aire de servicio puede ser derivado del aire comprimido en la máquina o bien se puede alimentar de manera opcional por separado. El aire de trabajo tiene que estar seco, libre de suciedad y de polvo y estar técnicamente libre de aceite y deberá cumplir los siguientes criterios.

Aire de trabajo

Presión de conexión en el lugar de instalación del cliente (sobrepresión p ₀)	min. 6 bares [87 PSI]	min. 10 bares [145 PSI]
Valor de ajuste en el regulador de presión del aire principal.	6 bares [87 PSI]	
Valor de ajuste en el regulador de presión en la entrada y la salida	Valor orientativo 1,5 bares [21,7 PSI]	
Valor de ajuste en el regulador de presión de las válvulas de calefacción	min. 2 bares [29 PSI]	máx. 3 bares [43,5 PSI]
Temperatura	min. +20 °C [+68 °F]	máx. +30 °C [+86 °F]
Calidad en el lugar de instalación del cliente (requisito mínimo)	7.3.1. según ISO 8573-1 (2001) 7.3.1. significa: ■ 7 = máx. 10 mg/m ³ , tamaño partículas 40 µm. ■ 3 = temperatura del punto de condensación -20 °C [-4 °F] ■ 1 = contenido de aceite máx. 0,01 mg/m ³	

5.3.2 Agua

Agua adicionada

Para poder garantizar una seguridad microbiológica de las botellas que se limpian, el agua utilizada debe poseer cualidades de agua potable. Además, no debe contener restos de cerveza ni restos de bebidas perjudiciales para bebidas con contenido de CO₂.



Datos técnicos



Consulte con KRONESAG si la dureza total del agua se encuentra por debajo de 3 °dH o presenta concentraciones extremas de sustancias (ácido carbónico libre, cloro).

Agua adicionada

Presión de servicio	min. 2 bares [29 PSI]	min. 10 bares [145 PSI]
Dureza del agua	min. 3 °dH	máx. 5 °dH
Valor pH	7	8
Temperatura agua	min. +5 °C [+41 °F]	máx. +30 °C [+86 °F]
Hierro (Fe)	≤ 0.2 mg/l	
Manganeso (Mn)	máx. 0.05 mg/l	
Sulfatos (SO ₄)	≤ 250 mg/l	
Cloruro (Cl ⁻)	máx. 100 mg/l (material AISI 304) máx. 150 mg/l (material AISI 316L)	
Cloro (Cl)	≤ 3 mg/l	
Ácido silícico (SiCO ₂)	≤ 20 mg/l	



Si el valor de pH del agua adicionada es de $\geq 7,5$ no será posible garantizar que pueda determinarse la alcalinidad de las botellas limpiadas mediante los métodos de comprobación habituales (p. ej. Fenolftaleína).

Agua de proceso (equipamiento especial: conexión de agua de proceso separada)

En la sección de tratamiento previo y en la de sosa cáustica puede emplearse agua de proceso acondicionada o depurada.

Agua de proceso

Presión de servicio	min. 2 bares [29 PSI]	min. 10 bares [145 PSI]
Calidad en el punto de instalación del cliente	Requisitos fundamentales para el agua: <ul style="list-style-type: none"> ■ El agua debe ser incolora y clara. ■ Por los componentes químicos del agua, ésta no debe influir negativamente sobre el material de la máquina. Los valores más importantes se recogen a continuación en esta tabla.	
Impurezas	Tamaño de partícula máx. 0.05 mm	
Dureza del agua	min. 3 °dH	máx. 5 °dH

5.3.3 Medio de dosificación para la limpieza de las botellas

Medio de dosificación

Sosa cáustica (NaOH)	min. 1 %	máx. 3 %
Aditivos de sosa cáustica	min. 0.75 %	máx. 0.5 %
Antiespumante	min. 0.01 %	máx. 0.05 %

5.3.4 Desinfectante para el tratamiento del agua

Desinfectante

Cloro (Cl)	min. 3 mg/l	máx. 8 mg/l
Contenido de dióxido de cloro (ClO ₂)	máx. 0.8 mg/l	
Ácido peracético	máx. 50 mg/l	

Datos técnicos

5.3.5 Desinfectante para la desinfección de la parte de la cabeza

Desinfectante

Desinfectante con productos con base de peróxido de hidrógeno	Observar las indicaciones del fabricante del producto químico.
Desinfectante con productos con base de ácido peracético.	Observar las indicaciones del fabricante del producto químico.
Productos neutros o con formación de espuma	Observar las indicaciones del fabricante del producto químico.
Tiempo de reacción	máx. 15 minutos

5.3.6 Producto anticalcáreo

Al dosificar el producto anticalcáreo observar las indicaciones del fabricante del producto químico.

5.3.7 Ácidos inorgánicos para la reducción del pH

Para poder contrarrestar las consecuencias negativas del arrastre de sosa cáustica, pueden añadirse adicionalmente ácidos inorgánicos. Tras la dosificación adicional deberían establecerse los siguientes valores.

Ácidos inorgánicos

Ácido sulfúrico	Valor pH= 7
Ácido fosfórico	Valor pH= 7

5.3.8 Detergentes

Para la limpieza exterior de la máquina pueden utilizarse productos limpiadores de uso habitual, tales como agua caliente o solución jabonosa.

Las partes pintadas no deben limpiarse con productos agresivos. Para la limpieza de estas partes son suficientes los limpiadores multiusos neutros.

No utilice productos alcalinos para las partes de aluminio, sino sólo limpiadores neutros.

Los valores orientativos recomendados de los productos de dosificación, desinfección, esterilización y limpiadores se refieren a productos comerciales habituales de fabricantes químicos conocidos. Las recomendaciones de este apartado no le exime de consultar con el proveedor del producto químico o, en caso de duda, con KRONES la utilización de los diferentes productos o sustancias.

Las cantidades de dosificación deben adaptarse al grado de suciedad de las botellas.



5.3.9 Medios de calefacción

Variante vapor

Tipo de vapor	Vapor saturado	
Sobrepresión de red mínima	3 bares [43.5 PSI]	
Sobrepresión de red máxima	10 bares [145 PSI]	

Variante agua caliente

Sobrepresión de red mínima	min. 8 bares [116 PSI]	máx. 12 bares [174 PSI]
Sobrepresión de red máxima	min. 12 bares [174 PSI]	máx. 18 bares [261.1 PSI]
Temperatura mínima	≥ 130 °C [+266 °F]	
Temperatura máxima	≤ 160 °C [+320 °F]	

Datos técnicos



Para el dimensionamiento y la instalación de la calefacción debe disponerse de los datos exactos del medio de calefacción del lugar de la instalación.



La presión del sistema debe establecerse en cada punto de manera que se evite con seguridad la formación de burbujas de vapor.

5.3.10 Lubricantes



Encontrará información sobre los lubricantes permitidos en el capítulo "Lubricación" de estas instrucciones.



5.3.11 Conservantes

En función de la máquina que se vaya a conservar y de las condiciones ambientales durante el almacenamiento, los conservantes tienen que cumplir los siguientes requisitos:

- los conservantes no deben atacar el material de la máquina y de las piezas de la misma.
- Los conservantes tienen que poderse eliminar mediante los detergentes autorizados.

Como conservantes son adecuados los aceites secantes universales para la industria alimentaria.

La siguiente tabla muestra los demás requisitos para los conservantes.

Especificación aceite de conservación

Clase NSF/USDA	NSF-H1/USDA-H1 no tóxico, el contacto con el alimento es técnicamente inevitable.	
Margen de temperatura	máx. -20 °C	mín. 180 °C
Riesgo de explosión	Ninguno	
Límite de explosión inferior / superior (en el aire)	0.5 vol. %	8.0 vol. %
Punto de inflamación	mín. 63 °C	
Punto de ebullición	mín. 180 °C	
Enfoque	mín. 200 °C	
Autoinflamabilidad	mín. 200 °C	
Aceite de conservación aplicable (ejemplo)	Interflon Fin Food Lube	

5.3.12 Valores orientativos de temperatura

Valores orientativos de las temperaturas de sosa cáustica (tipo de botella de vidrio)

Sosa cáustica 1 - sosa cáustica 6	mín. +75 °C [+167 °F]	máx. +85 °C [+185 °F]
-----------------------------------	-----------------------	-----------------------

Temperaturas en las zonas de postratamiento

Sosa cáustica de postratamiento 1	aprox. +70 °C [+158 °F]
Agua caliente 1	aprox. +60 °C [+140 °F]
Agua caliente 2	aprox. +50 °C [+122 °F]

Datos técnicos

Agua fría	aprox. +35 °C [+95 °F]
-----------	------------------------



Debido a la transmisión de calor a través del portacestas de botellas y las botellas se produce un aumento de la temperatura durante el funcionamiento. Las temperaturas de los baños de agua dependen de la temperatura del agua adicionada y de la temperatura del entorno. Dependiendo de las condiciones ambientales puede producirse un aumento o descenso de la temperatura.



Las botellas PET se limpian con una temperatura de la sosa cáustica de +58 °C [+136,4 °F].

5.3.13 Residuos generados

En el servicio de producción:

- Envases rotos
- Etiquetas
- Restos del producto
- Aguas residuales
- Lubricante del transportador
- Mezcla de hidrógeno o gas detonante (con cadenas de aluminio)
- Mezcla de aire procedente de las aspiraciones

En los trabajos de mantenimiento:

- piezas usadas (piezas de repuesto)
- lubricantes y sus envases
- detergentes y disolventes
- baterías
- plásticos
- etc.



Para más información sobre la eliminación reglamentaria de estos desperdicios, véase el capítulo "Seguridad".

ANEXO03: Formatos para los trabajos de inspección, lubricación, ajuste y acceso seguro de la máquina.

CARTILLA DE INSPECCIÓN EN OPERACIÓN

Máquina:

Frecuencia:

Fecha:

Realizado por:

1° Turno

2° Turno

3° Turno

ENCAJONADORA	COMPONENTES	ACIONES A REALIZAR	1° TURNO (OK/NOK)	2° TURNO (OK/NOK)	3° TURNO (OK/NOK)	N° AVISO	OBSERVACIONES
CABEZAL DE AGARRE 	CONTROL DE PRENSABOTELLAS	Verificar si hay desgaste, grietas y correcto funcionamiento					
	MANGUERAS DE AIRE Y RACORES	Verificar si hay desgaste, grietas y correcto funcionamiento					
MECANISMO DE TRASLACIÓN HORIZONTAL-VERTICAL 	MECANISMO DE TRASLACIÓN HORIZONTAL	Verificar correcta sincronización					
	MECANISMO DE TRASLACIÓN VERTICAL	Verificar correcta sincronización					
BARRA VIBRATORIA Y BARANDILLAS DE GUIADO LATERALES 	SERVOACCIONAMIENTO DE BARRA VIBRATORIA	Verificar correcto funcionamiento					
	BARANDA GUÍA	Verificar que no presenten desgaste.					
	BARRA VIBRATORIA	Verificar que no presenten desgaste.					
MESA PORTA-ENVASES Y TRANSPORTE DE CAJAS 	CADENAS DE TABLILLAS	Verificar que no presenten desgaste y elongación.					
	PIÑONES DE TRANSMISION DE CADENAS	Verificar su correcto funcionamiento					
	GUÍAS PLÁSTICAS DE CADENAS	Verificar que no presenten desgaste.					
SISTEMA ELÉCTRICO-NEUMÁTICO 	CONEXIÓN PRINCIPAL - ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN	Verificar correcto funcionamiento en pantalla					
	FOTOCELDAS DE TRANSPORTE	Verificar correcto funcionamiento					
	CONTROL VISUAL DE PUPITRE DE MANDO	Verificar que no presenten anomalías.					
	UNIDAD DE MANTENIMIENTO Y CILINDRO PULMÓN	Verificar que no presenten anomalías.					
	SISTEMA AUTOMÁTICO DE LUBRICACIÓN	Verificar presión y que no presente fugas de grasa y aire.					
ELECTROVÁLVULAS, MANÓMETRO Y MANGUERAS DE AIRE	Verificar correcto funcionamiento						

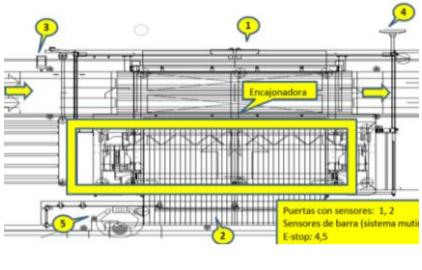
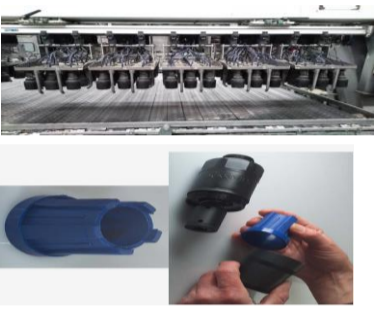
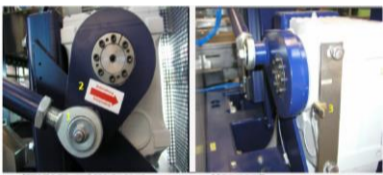




CARTILLA DE INSPECCIÓN EN DESCANSO

Máquina: Encajonadora - L3








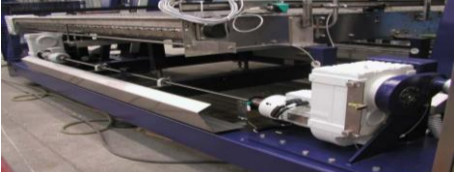







Realizado por:

Fecha:

Frecuencia: Semanal

SISTEMA	COMPONENTES	ACIONES A REALIZAR	CHECK	N° AVISO	OBSERVACIONES
SISTEMA SAM 	SENSOR SAM 1	Verificar el correcto funcionamiento del sensor SAM. Verificar estado de micas de las			
	SENSOR SAM 2	Verificar el correcto funcionamiento del sensor SAM. Verificar estado de micas de las			
	SENSOR SAM 3	Verificar el correcto funcionamiento del sensor SAM. Verificar estado de micas de las			
	SENSOR SAM 4	Verificar el correcto funcionamiento del sensor SAM. Verificar estado de micas de las			
	SENSOR SAM 5	Verificar el correcto funcionamiento del sensor SAM. Verificar estado de micas de las			
CABEZAL DE AGARRE 	PRENSABOTELLAS	Verificar que no presenten desgaste, ni fisuras, ni grietas.			
	MANGUERAS	Verificar que no presenten desgaste, ni fisuras, ni grietas.			
	RACORES	Verificar que no presenten desgaste, ni fisuras, ni grietas.			
	RESORTES DE PRENSABOTELLAS	Verificar que no presenten desgaste, ni fisuras, ni grietas.			
MECANISMO DE TRASLACIÓN HORIZONTAL-VERTICAL 	ESTRUCTURAS DEL MECANISMO	Verificar grietas, desgaste, pintura			
	PERNOS DE AJUSTE	Verificar ajuste de los pernos			
	MECANISMO DE TRASLACIÓN	Verificar desgaste de los ejes			
DISPOSITIVO DE PARADA DE GANCHOS 	GANCHOS DE BRONCE	Verificar que no presenten desgaste y deformación			
	PISTON DE GANCHO	Verificar si hay fugas y su correcto funcionamiento			
	AJUSTE DE PERNOS	Verificar ajuste y que no presenten desgaste.			
DISPOSITIVO DE TOPE DE CAJAS 	CILINDRO NEUMÁTICO	Verificar si hay fugas y su correcto funcionamiento			
	TOPE DE CAJAS	Verificar que no presenten desgaste.			
	TORNILLOS DE LOS TOPES	Verificar ajuste de sus partes			
SHUMACERAS DE TRANSPORTE DE 	SHUMACERAS	Verificar que no presenten desgaste, ni fisuras, ni fracturas.			
	RODAMIENTOS	Verificar el estado interno del rodamiento			
	EJE DE TRANSMISIÓN	Verificar que no presenten desgaste, ni fisuras, ni fracturas.			
MECANISMO DE TRANSMISIÓN 	SERVOACCIONAMIENTO	Verificar que no presente juego con el eje de transmisión			
	SHUMACERAS	Verificar que no presenten desgaste, ni fisuras, ni fracturas.			
	RODAMIENTOS	Verificar el estado interno del rodamiento			
	EJE DE TRANSMISIÓN	Verificar que no presenten desgaste, ni fisuras, ni fracturas.			
	FAJA DENTADA	Verificar que no presenten desgaste, ni fisuras, ni fracturas.			
	ACOPLES DE MOTOREDUCTOR	Verificar que no presenten desgaste.			
	FRENOS MAGNÉTICOS	Verificar que no presenten desgaste.			
	ELECTROVÁLVULAS	Verificar el correcto funcionamiento del sensor SAM. Verificar estado de micas de las			
	PIÑÓN MOTRÍZ Y CONDUCIDO	Verificar el correcto funcionamiento del sensor SAM. Verificar estado de micas de las			
	CADENAS DE TABLILLAS DE MESA DE CARGA Y DE CAJAS	Verificar el correcto funcionamiento del sensor SAM. Verificar estado de micas de las			

LIMPIEZA PROFUNDA DE ENCAJONADORA - LÍNEA 3

Fecha:	Turno:	Ing. Envasado:	Soporte (Ing de Calidad):			Operario Responsable:
Punto de Inspección	Criterios de evaluación	Antes de Limpieza	Final	Observaciones		
CABEZAL 	FS	Cabezales sin polvo, etiquetas y grasa				
	FS	Barreras de luz sin polvillo y etiquetas.				
	FS	Conductos de aire				
	FS	Tulipas de agarre				
SEGURIDAD 	FS	Micas protectoras sin biofilm y polvo				
	FS	Sensor de proximidad control de la tensión				
	FS	Sensores SAM sin polvo				
MANEJO DE BOTELLAS  	FS	Transportes de cadenas				
	FS	Placa de transferencia de salida				
	FS	Guías y soportes de transporte de cajas.				
	FS	Estructura de mesa sin biofilm, vidrio, etiquetas y aceite				
	FS	Cadenas de tablillas de mesa de carga y de cajas				
	FS	Pistas plásticas de cadena de tablillas				
	FS	Servomotor de transporte de cadenas				
	FS	Sensores de proximidad sin vidrio, agua, polvo				
	FS	Mesa de acumulación de botellas sin vidrio, etiquetas y polvo				
	FS	Unidad de mantenimiento sin polvo, agua				
PARTE INFERIOR DE LA MÁQUINA      	FS	Conjunto bastidor sin polvo, etiquetas				
	FS	Sistema automático de lubricación centralizada sin polvo, agua				
	FS	Estructura del bastidor sin polvo				
	FS	Transportadores de cajas				
	FS	Estructuras guías de cajas				
	FS	Uñas de retención de cajas				
	FS	Electroválvulas sin polvo, agua, vidrio				
	FS	Cables de conexión sin vidrio, polvo				
	FS	Barra vibratoria sin polvo, vidrio				
	FS	Bastidor sin polvo, vidrio				
	FS	Sensores de posición sin polvo, vidrio, agua				
	FS	Sensores de proximidad sin vidrio, agua				
	FS	Fotoceldas reflectivas sin polvo, agua, vidrio				
	FS	Comunicación con sistema bus sin polvo, agua, vidrio				
	FS	Servoaccionamiento debajo de mesa de botellas sin agua, vidrio				
	FS	Ganchos de entrada				
	PARTE SUPERIOR DE LA MÁQUINA     	FS	Faja dentada sin vidrio, etiquetas, aceite			
FS		Chumaceras sin agua, etiquetas, vidrio				
FS		Barreras de luz sin polvillo y etiquetas.				
FS		Columna de máquina sin grasa, aceite				
FS		Rolas de fricción sin vidrio y suciedad				
FS		Estanqueidad de la unidad de mantenimiento				
FS		Motorreductores				
FS		Limpieza de acoplamientos				
FS		Limpieza de distribuidor de aire				
FS		Limpieza de grasas y aceites en los puntos de lubricación				
FS		Brazo guía parte inferiores				
FS		Fotoceldas reflectivas sin polvo, agua, vidrio				
FS		Piñones motrices y conducidos				
FS		Conductos de lubricación				
MOTORES	FS	Motor TRC de ingreso sin polvo, vidrio y biofilm				
	FS	Motor TRB de ingreso sin polvo, vidrio y biofilm				

CARTILLA DE LUBRICACIÓN EN DESCANSO

Máquina:

Frecuencia:

Fecha:

Realizado por:

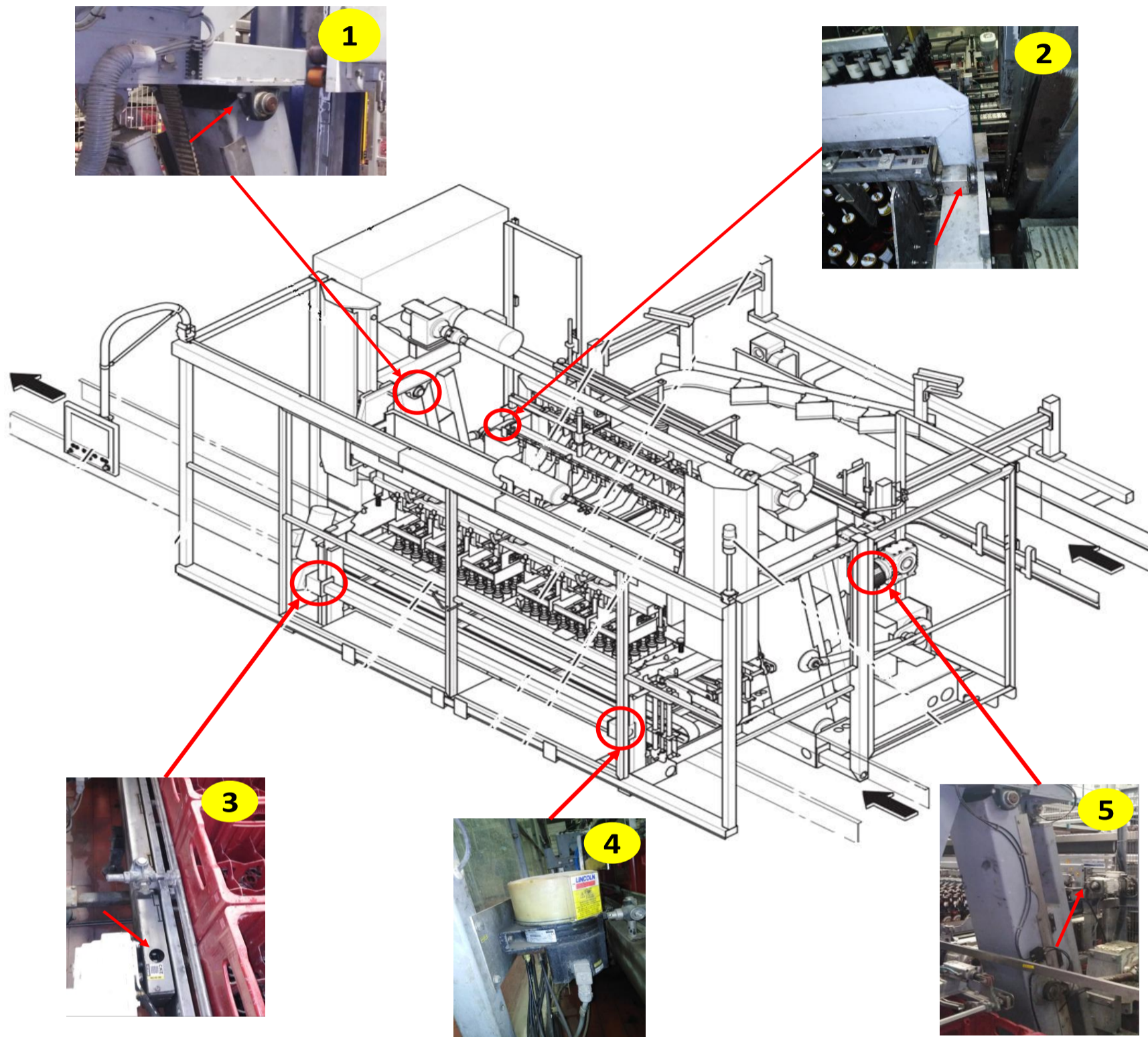
SISTEMA	COMPONENTES	FRECUENCIA	LUBRICANTE	ACIONES A REALIZAR	ESTADO	N° AVISO	OBSERVACIONES
TODA LA MÁQUINA	Chumaceras interiores del soporte del cabezal	Semanal	Grasa BERUTOX M 21 EPK	Aplicar 3 bombeadas en la grasera; hasta que salga la grasa antigua y limpiar excedente.			
	Barra Vibratoria	Semanal	Grasa BERUTOX M 21 EPK	Aplicar 2 bombeadas en la grasera; hasta que salga la grasa antigua y limpiar excedente.			
	Cadena del motor 9011-W101	Semanal	Aceite Berulit IKP	Rociar por toda la cadena mediante un spray.			
	Bomba de lubricación	Semanal	Grasa BERUTOX M 21 EPK	Rellenar bomba mediante engrasadora neumática hasta ver salir grasa y limpiar excedente.			
	Chumaceras de mesa de carga	Semanal	Grasa BERUTOX M 21 EPK	Aplicar hasta que salga la grasa antigua y limpiar excedente.			
MECANISMO DE TRANSFERENCIA OSCILANTE	Chumaceras exteriores del soporte del cabezal	Semanal	Grasa BERUTOX M 21 EPK	Aplicar 3 bombeadas en la grasera; hasta que salga la grasa antigua y limpiar excedente.			
	Cabezales articulados del mecanismo de traslación oscilante	Semanal	Grasa BERUTOX M 21 EPK	Aplicar hasta que salga la grasa antigua y limpiar excedente.			
	Chumaceras del brazo	Semanal	Aceite Berulit IKP	Aplicar 5 bombeadas en la grasera; hasta que salga la grasa antigua y limpiar excedente.			
	Rieles del mecanismo elevador	Semanal	Grasa BERUTOX M 21 EPK	Limpiar y aplicar grasa nueva			

MAPA DE LUBRICACIÓN

ÁREA:
Envasado - Línea 3

MÁQUINA:
Encajanadora

FECHA:
16/09/2019



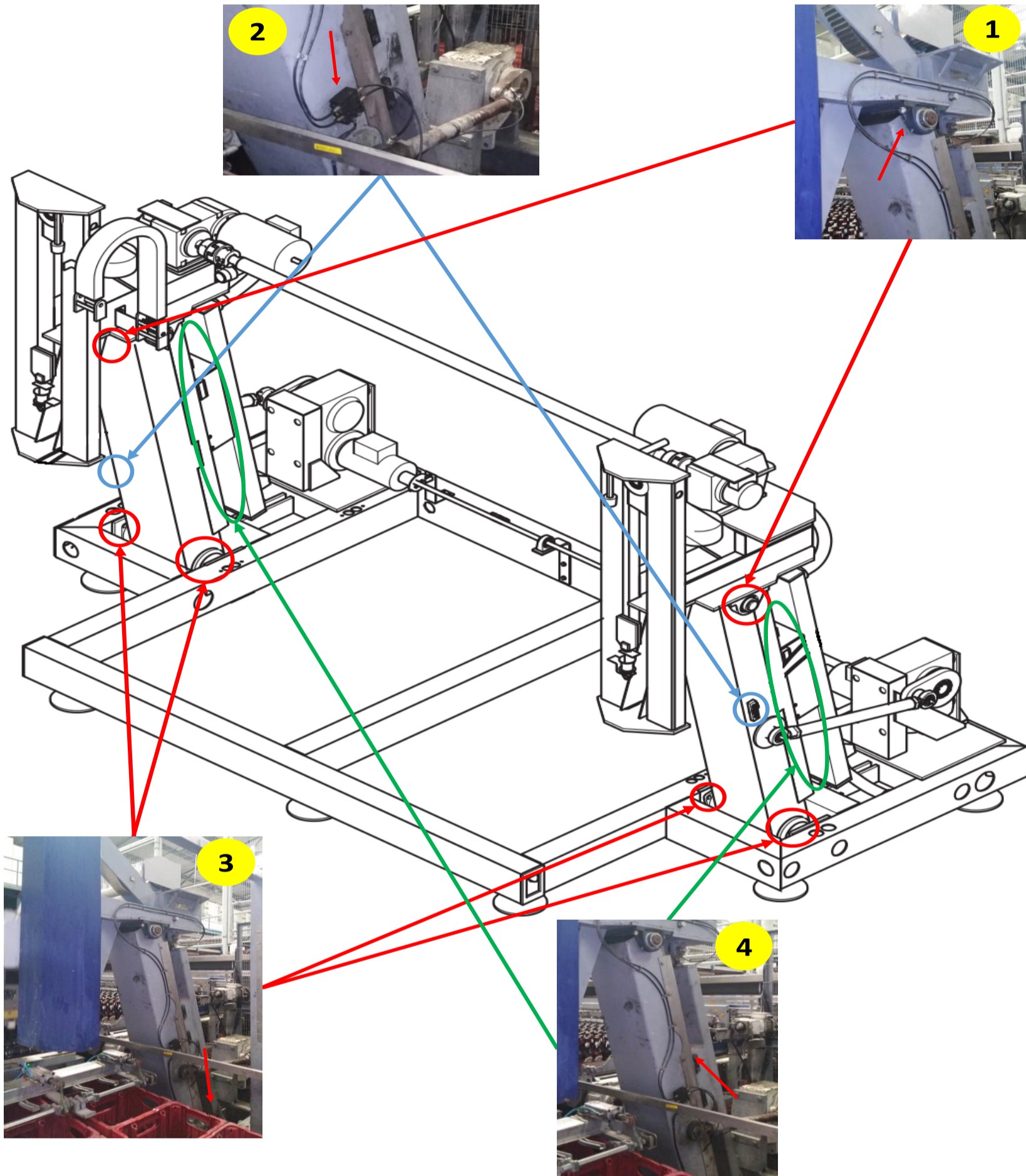
Punto de Inspección	Componente a Lubricar	Lubricante	Cantidad de Lubricante	Frecuencia	Herramienta de Lubricación	Estándar de Lubricación
1	Chumaceras interiores del soporte del cabezal	Grasa BERUTOX M 21 EPK (SAP: 601756)	Aplicar 3 bombeadas	Semanal	Engrasadora	
2	Barra Vibratoria	Grasa BERUTOX M 21 EPK (SAP: 601756)	Aplicar 2 bombeadas	Semanal	Engrasadora	
3	Cadena del motor 9011-W101	Aceite Berulit IKP (SAP: 601888)	Rociar por toda la cadena	Semanal	Spray	
4	Bomba de lubricación	Grasa BERUTOX M 21 EPK (SAP: 601756)	Rellenar bomba hasta ver salir grasa	Semanal	Engrasadora Neumática	
5	Chumaceras de mesa de carga	Grasa BERUTOX M 21 EPK (SAP: 601756)	Aplicar hasta que salga grasa antigua	Semanal	Engrasadora	

MAPA DE LUBRICACIÓN

ÁREA:
Envasado - Línea 3

MÁQUINA:
Mecanismo de Transferencia Oscilante

FECHA:
16/09/2019



Punto de Inspección	Componente a Lubricar	Lubricante	Cantidad de Lubricante	Frecuencia	Herramienta de Lubricación	Estándar de Lubricación
1	Chumaceras exteriores del soporte del cabezal	Grasa BERUTOX M 21 EPK (SAP: 601756)	Aplicar 3 bombeadas	Semanal	Engrasadora	
2	Cabezales articulados del mecanismo de traslación oscilante	Grasa BERUTOX M 21 EPK (SAP: 601756)	Aplicar hasta que salga la grasa antigua	Semanal	Engrasadora	
3	Chumaceras del brazo	Grasa BERUTOX M 21 EPK (SAP: 601756)	Aplicar 5 bombeadas	Semanal	Engrasadora	
4	Rieles del mecanismo elevador	Grasa BERUTOX M 21 EPK (SAP: 601756)	Limpiar y aplicar grasa nueva	Semanal	Manual	