UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO A MÁQUINA EMPACADORA HORIZONTAL S-110 PARA SACHET DE EMPRESA IPAK LTDA.

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico universitario en Mantenimiento Industrial.

Alumnos: Lucas Valdebenito Vega.

Eduardo Tapia Aliaga.

Profesor:

Mg. Ing. Ricardo Ciudad Cartagena.

2019

RESUMEN

La presente memoria nace a partir de la necesidad de una creación de un plan de mantenimiento a una máquina específica llamada empacadora horizontal S110 por parte de la planta de alimentos y suplementos alimenticios Ipak Ltda. que se encuentra dentro de otra empresa llamada Laboratorios Knop. El primer capítulo tiene referencia a la presentación de la empresa Ipak Ltda. cuáles son sus funciones, rubros, procesos, misión y visión. También la ubicación de sus dependencias y el funcionamiento de la máquina indicando sus parámetros y el tipo de materia prima con que trabaja. El mantenimiento que actualmente se realiza en todas las instalaciones de la planta no es el más ideal, ya que se espera que ocurran las fallas para poder intervenirlas conllevando a un prematuro desgaste de los equipos y generando grandes tiempos de detenciones de las máquinas, esto debido a que en esta planta no hay un plan de mantenimiento para poder ejecutar en los equipos, y además que se rigen en una política que buscan solo ahorrar y no invertir en un departamento de mantenimiento que cubra todas las áreas de la empresa y en un departamento de control de calidad de materias primas que utilizan los equipos en su manufactura. Por esta razón el segundo capítulo de esta memoria está orientada a realizar un análisis de la situación actual de la empresa basada en un equipo que a su juicio la consideran crítica e importante dentro del proceso, ya sea la máquina empacadora anteriormente mencionada, donde se indicará el rendimiento y disponibilidad actual, luego se implementará un análisis para conocer el tipo de proceso o función principal que genera el equipo indicando una falla funcional con sus modos y efectos de fallo posibles. Por otra parte, se distinguirán los subsistemas presentes dentro de la máquina hasta llegar a los respectivos componentes de cada uno de estos, con el fin de obtener diversas actividades preventivas a sus posibles fallas con sus respectivas frecuencias de realización y algunas recomendaciones, añadiendo algunos análisis mediante diagramas que arrogarán el origen de ciertas fallas puntuales presentadas. Además, se crearán procedimientos de tareas de mantenimiento de las fallas presentadas indicando las herramientas necesarias para ejecutar dichas tareas. Finalmente se analizarán los costos de esta propuesta indicando los costos de mano de obra, repuestos, herramientas e insumos, todo esto con el fin de incentivar a la empresa que con un poco de inversión se puede mejorar la disponibilidad, rendimiento y la calidad de sus equipos.

ÍNDICE

RESUMEN.

INTRODUCCIÓN. 1

OBJETIVO GENERAL. 3

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 3

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES. 5

1.1. PERFIL DE LA EMPRESA. 7
1.2. NORMATIVA MINSAL SOBRE SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS. 8
1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLANTA. 9
1.4. MISIÓN Y VISIÓN LABORATORIOS KNOP Y PLANTA IPAK. 10
1.5. LAYOUT DE LA EMPRESA. 10
1.6. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA. 11
1.6.1. Área de preparado. 12
1.6.2. Área de envasado de líquidos. 12
1.6.3. Área de sólidos. 12
1.6.4. Área de codificado. 12
1.6.5. Bodega de la empresa. 13
1.7. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA. 14
1.8. LÍNEAS DE PROCESOS SÓLIDOS. 15
1.9. PRESENTACIÓN DE LA MÁQUINA. 18
1.9.1. Funcionamiento de la máquina. 18
1.9.2. Parámetros principales del equipo. 20
1.9.3. Condiciones de trabajo. 21
1.9.4. Transporte de la máquina. 21
1.9.5. Traslado y levantamiento. 21
1.9.6. Composición estructural. 22
1.9.7. Flujo de embalaje de la máquina. 22
1.9.8. Instalación. 23
1.10. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO PROCESADO POR LA MÁQUINA. 24
1.10.1. Obtención de colágeno. 26
1.10.2. Preparación de colágeno en polvo. 27
1.10.3. Preparación del colágeno para su proceso de envasado. 29
1.10.4. Ángulo de reposo. 29
1.11. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA. 30
1.12. DIAGRAMA DE BLOQUES DE MÁQUINA EMPACADORA HORIZONTAL S110 PARA SACHET. 32

CAPÍTULO 2: SOLUCIÓN DE INGENIERÍA. 35

2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE TÍTULO. 37
2.1. MANTENIMIENTO. 38
2.1.1. Mantenimiento preventivo. 38
2.2. TÉCNICAS DE APOYO PARA ANALIZAR FALLAS. 39
2.3. RENDIMIENTO ACTUAL DEL EQUIPO. 39
2.4. DISPONIBILIDAD ACTUAL DEL EQUIPO. 41
2.4.1. Disponibilidad del equipo según turnos de trabajo. 41
2.5. TIEMPO DE MÁQUINA DETENIDA POR FALLAS. 42
2.6. SISTEMAS, SUBSISTEMAS, COMPONENTES Y ELEMENTOS. 44
2.7. DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO O ISHIKAWA. 45
2.7.1. Diagrama Ishikawa ruptura correa de transmisión. 45
2.7.2. Diagrama Ishikawa ruptura rodamiento de rodillo de papel film. 46
2.8. MANTENIMIENTO ACTUAL DE LA EMPRESA IPAK LTDA. 47
2.9. PLAN DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO SEGÚN VENDORS. 48
2.9.1. Mantención. 48
2.9.2. Lubricación. 48
2.9.3. Lubricantes recomendados por vendors. 49
2.9.4. Mantenimiento de la unidad de corte. 50
2.10. PERFIL ACTUAL DE MANTENIMIENTO. 53
2.11. DIAGRAMA ISHIKAWA MANTENIMIENTO ACTUAL DE LA EMPRESA. 55
2.12. ANÁLISIS SIPOC. 57
2.12.1. Plan de actividades. 60
2.14. CONTROL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO. 68
2.15. STOCK DE REPUESTOS. 70
2.16. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO. 81

CAPÍTULO 3: COSTOS DE MANTENIMIENTO. 89

3.1. COSTOS DE MANTENIMIENTO. 91
3.1.1. Costos fijos. 92
3.1.2. Costos variables. 92
3.1.3. Costos financieros. 93
3.1.4. Costos de la indisponibilidad por fallas. 93
3.2. COSTOS POR MÁQUINA DETENIDA. 93
3.3. ESTUDIO DE COSTOS. 94
3.4. COSTOS DE STOCK DE REPUESTOS. 95
3.5. COSTOS TOTALES PARA GENERAR UN BUEN MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA. 99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 101
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS. 103

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1-1. Ubicación de la empresa. 9
Figura 1-2. Layout de la empresa. 11
Figura 1-3. Organigrama de planta Ipak Ltda. 14
Figura 1-4. Líneas de procesos de fabricación de polvos y hierbas. 15
Figura 1-5. Líneas de procesos de envasado de polvos y hierbas. 16
Figura 1-6. Líneas de procesos de estuchado y embalado de polvos y hierbas. 17
Figura 1-7. Máquina sachetera horizontal S-110. 18
Figura 1-8. Secuencia de operación de máquina sachetera horizontal S-110. 19
Figura 1-9. Diagrama de flujo de embalaje de máquina sachetera horizontal S-110. 23
Figura 1-10. Colágeno hidrolizado. 24
Figura 1-11. Diagrama de procesos de máquina sachetera horizontal S-110. 33
Figura 2-1. Diagrama de sistema, subsistemas, componentes y elementos de la máquina sachetera horizontal S-110. 44
Figura 2-2. Diagrama de análisis Causa Raíz de ruptura correa de transmisión mediante método Ishikawa. 45
Figura 2-3. Diagrama análisis Causa Raíz de ruptura rodamiento de rodillos de papel film mediante método Ishikawa. 46
Figura 2-4. Componentes del equipo que requieren lubricación. 49
Figura 2-5. Cuchillas de la máquina sachetera horizontal S-110. 51
Figura 2-6.Diagrama de análisis Causa Raíz de la deficiencia del mantenimiento actual que presenta la planta Ipak Ltda mediante método Ishikawa. 55

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1-1. Parámetros principales de máquina sachetera horizontal S-110. 20
Tabla 1-2. Condiciones normales de trabajos de máquina sachetera horizontal S-110. 21
Tabla 1-3. Conversiones de números de mallas granulométricas equivalentes a micrones. 28
Tabla 2-1. Aceites lubricantes recomendados por el fabricante. 49
Tabla 2-2. Aceites lubricantes spray recomendados por el fabricante 50
Tabla 2-3. Grasas lubricantes recomendados por el fabricante. 50
Tabla 2-4. Fallas generales de la máquina y sus soluciones según fabricante. 53
Tabla 2-5. Perfil actual de mantenimiento de la planta Ipak Ltda. 54
Tabla 2-6. Modos y efectos de fallas FMEA de la máquina sachetera horizontal S-110.59
Tabla 2-7. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos del árbol de levas. 61

Tabla 2-8. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos del motor eléctrico. 63
Tabla 2-9. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos del reductor. 64
Tabla 2-10. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos del motor-reductor. 65
Tabla 2-11. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos del sincronizador. 66
Tabla 2-12. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos de la línea de envasado. 67
Tabla 2-13. Planilla de control de mantenimiento. 68
Tabla 2-14. Registro de mantenimiento correctivo. 69
Tabla 2-15. Registro de mantenimiento preventivo. 70
Tabla 2-16. Piezas estándar de fábrica. 77
Tabla 2-17. Piezas eléctricas del equipo. 80
Tabla 2-18. Procedimiento de verificación del estado del eje. 81
Tabla 2-19. Procedimiento de limpieza de mordazas. 82
Tabla 2-20. Procedimiento de inspección de los elementos del eje. 83
Tabla 2-21. Procedimiento de limpieza y lubricación cadena 84
Tabla 2-22. Procedimiento de cambio de correa del motor-reductor. 85
Tabla 2-23. Procedimiento de inspección de canal chavetero y chaveta del reductor. 86
Tabla 2-24. Procedimiento cambio de rodamiento del motor. 87
Tabla 3-1. Costos de producción pérdidas por máquina detenida debido a fallas. 94
Tabla 3-2. Costos de repuestos del plan de mantenimiento. 95
Tabla 3-3. Costos herramientas e insumos para el plan de mantenimiento 96
Tabla 3-4. Costo anual para realizar las distintas tareas de mantenimiento. 98
Tabla 3-5. Costo total del mantenimiento propuesto a la máquina sachetera horizontal S-110. 99

SIGLAS Y SIMBOLOGIAS.

SIGLAS:

FMEA: Análisis de Modos y Efectos de Fallas.

PLC: Controlador Lógico Programable.

MINSAL: Ministerio de Salud

KOH: Hidróxido de potasio.

NaOH: Hidróxido de Sodio

GMP: Good Manufacturing Practice. (buenas prácticas de manufactura).

HACCP: Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control.

A.C.R: Análisis Causa Raíz.

SIMBOLOGIAS:

V: Voltios.

°C: Grados Celsius.

Min: Minuto.

Ml: Mililitro.

Mm: Milímetro.

Hr: Hora.

Kw: Kilowatt.

Hz: Hertz

Kg: Kilogramo.

%: Porcentaje.

$: Peso chileno.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el mantenimiento ha tomado gran relevancia en la forma de competitividad de una empresa, ya que contiene recursos organizados técnicamente que busca mantener o aumentar la disponibilidad, rendimiento y la seguridad de las instalaciones productivas de toda organización con el fin de aprovechar al máximo su uso, además lo más importante para toda empresa es la optimización de sus procesos, buscando un aumento de productividad, calidad de sus productos y el buen servicio al cliente que se refleja en un aumento de recursos económicos, por ende resulta muy importante establecer estrategias que ayuden a mantener a las instituciones dentro de las competencias que exige el mercado empresarial. El mantenimiento preventivo o planificado busca anticiparse o evitar una falla o avería, por ende, se realiza bajo condiciones controladas por un experto. Este tipo de mantenimiento es recomendable que deba ejecutarse siempre en combinación con el de tipo predictivo, el cual se enfoca en el estado de la máquina en el momento de operación, cabe señalar, que este dará a los operadores un tipo de aviso antes de que fallen conllevando a ejecutar tareas de mantenimiento a los especialistas a cargo, por lo tanto, el mantenimiento predictivo resulta esencial para el preventivo, ya que se puede percibir diversos síntomas del equipo para posteriormente tomar respectivas acciones de mejora, concretando procedimientos de mantención creadas por un especialista concretando un plan de mantenimiento.

En este trabajo investigativo se diseñará un plan de mantenimiento preventivo en conjunto con técnicas de carácter predictivo y gestión del mantenimiento, enfocándose en el ámbito mecánico del equipo, además se analizará el origen de algunas fallas presentadas conllevando a la entrega de instructivos de mantenimiento en caso de que vuelvan a ocurrir, siempre con la finalidad de disminuir el tiempo de reparación de dichas fallas, todo esto con el objetivo de lograr grandes resultados en la operatividad de la máquina en estudio.

OBJETIVO GENERAL.

- Elaborar propuesta de plan de mantenimiento preventivo a máquina empacadora horizontal para sachet de la planta de alimentos y suplementos Ipak Ltda. con el fin de controlar su operatividad en la planta, disminuyendo costos de mantenimiento y producción debido a fallas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Presentar antecedentes de la empresa y de la máquina sachetera en estudio, mediante información obtenida por jefatura y manual del fabricante, para dar a conocer el funcionamiento de la empresa y del equipo.
- Realizar un A.C.R mediante diagramas Ishikawa para obtener los posibles orígenes de fallas puntuales presentadas en la máquina y entregar un análisis que permita elaborar futuras tareas de mantención.
- Determinar el proceso que realiza el equipo mediante análisis SIPOC para la elaboración de una tabla FMEA indicando modos y efectos de fallas puntuales.
- Generar un plan de mantenimiento mediante procedimientos y pautas de trabajo para obtener un mayor orden y control del mantenimiento, teniendo en cuenta costos asociados a repuestos e insumos y horas intervenidas en la mano de obra.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.

1. ANTECEDENTES GENERALES.

1.1. PERFIL DE LA EMPRESA.

La industria procesadora de alimento y laboratorios Knop Limitada RUT: 79781370-2 fue fundada hace 86 años en la Plaza Echaurren de Valparaíso, bajo el nombre de Farmacia y Droguería Knop. En 1928 Reinaldo Knop se interesó en complementar la medicina tradicional con una mirada más natural e integral y así funda la primera sucursal conllevando el inicio de una empresa familiar.

Después de 60 años consolidándose en la Región de Valparaíso, Farmacias Knop abrió su primer local en la Región Metropolitana en 1988. Este fue el inicio de un importante crecimiento y que hoy se traduce en una extensa red de sucursales, con más de 60 locales desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Los Lagos.

Farmacias Knop. es la mayor cadena de farmacias de medicina natural en Chile. Son especialistas en salud natural y se preocupan de brindar una atención personalizada y de calidad día a día.

Se cuenta con un sólido equipo de ventas a lo largo de todo el país, que se capacita constantemente para entregar el mejor servicio y la esencia de Farmacias Knop. el énfasis en el cuidado integral de la salud natural, contribuyendo al bienestar de las personas para una mejor calidad de vida.

Se cuenta con una planta procesadora de alimentos y suplementos llamada Ipak Ltda. con más de diez años de experiencia, que posee instalaciones y tecnología italiana de alto nivel.

Ipak Ltda. presta servicios internos y a terceros, contando para ello con un Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación, que recibe y mejora la formulación propuesta por el cliente, asegurando su completa satisfacción.

Sus líneas productivas de alta eficiencia se especializan en sólidos, con presentación en polvos (sachet, frasco y fibrotambor), comprimidos, cápsulas duras y blandas (blíster y frasco); soluciones y líquidos.

En un comienzo Laboratorios Knop. se encargaba de toda la demanda de productos tanto de la línea farmacéutica como también de la de suplementos alimenticios. Las actualizaciones de las normativas impuestas por el Ministerio de salud dieron pie a que en un mismo laboratorio no pueden producirse remedios y suplementos alimenticios, lo que conllevo a la creación de una planta donde son envasados los suplementos alimenticios, formándose así la planta Ipak Ltda. que cumple con todos los estándares de calidad exigidos por la industria y la autoridad, contando con las certificaciones GMP (buenas prácticas de manufactura) y HACCP (análisis de riesgo y puntos críticos de control).

1.2. NORMATIVA MINSAL SOBRE SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS.

Suplementos alimentarios son aquellos productos elaborados o preparados especialmente para suplementar la dieta con fines saludables y contribuir a mantener o proteger estados fisiológicos característicos tales como adolescencia, adultez o vejez. Su composición podrá corresponder a un nutriente, mezcla de nutrientes y otros componentes presentes naturalmente en los alimentos, incluyendo compuestos tales como vitaminas, minerales, aminoácidos, lípidos, fibra dietética o sus fracciones. Se podrán expender en diferentes formas de liberación convencional, tales como polvos, líquidos, granulados, grageas, comprimidos, tabletas, cápsulas u otras propias de los medicamentos. (MINSAL, 2013)

Los ingredientes dietarios para suplementos alimentarios, que son las substancias utilizadas intencionalmente para suplementar la dieta humana, incrementando la ingesta diaria total de vitaminas, minerales, aminoácidos, lípidos, fibra dietética u otros elementos naturalmente presentes en los alimentos, deberán cumplir con la identidad y pureza indicada en las especificaciones de calidad e inocuidad. (MINSAL, 2013)

1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLANTA.

La siguiente imagen representa el punto de localización de la planta Ipak Ltda. específicamente en El Belloto, avenida industrial #1198, que se encuentra entre las ciudades de Quilpué y Villa Alemana de la V región de Valparaíso.

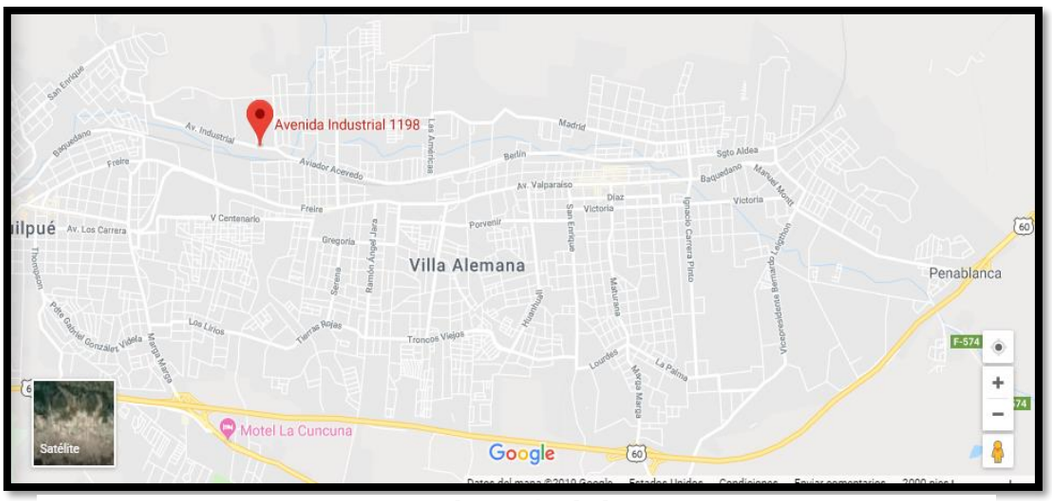


Figura 1-1. Ubicación de la empresa.

Fuente: Google Maps.

Teléfonos de Contacto:

- 332 910616

Encargado área operativa:

Hellen Yáñez.

Teléfono: 96519129.

Principales clientes de la empresa Ipak Ltda.

- ITF
- LABOMED
- SOCOFAR.
- ABBOTT
- FARMACIAS KNOP

- FARMACIAS SIMI
- LABORATORIO CHILE

Competidores comerciales

- Empresa Garden house.

1.4. MISIÓN Y VISIÓN LABORATORIOS KNOP Y PLANTA IPAK.

- **Misión**: Brindar a nuestros clientes una solución integral de Salud Natural, mediante una atención especializada y personalizada, consecuente con nuestra tradición y asegurando la calidad en nuestros procesos.
- **Visión**: Ser referentes y líderes en el cuidado preventivo y curativo natural de la salud.
- **Respeto**: Actuamos comprometidos con nuestros colaboradores, clientes, comunidad y medio ambiente, basado en un comportamiento ético.
- **Confianza**: La calidad y seguridad son pilares fundamentales de nuestra filosofía de trabajo.
- **Innovación**: La creatividad e investigación sumadas a la tradición y prestigio guían nuestro accionar.
- **Eficiencia**: Nuestras acciones apuntan a hacer las cosas bien, con pro actividad, flexibilidad y disciplina, optimizando los recursos.

1.5. LAYOUT DE LA EMPRESA.

La siguiente ilustración representa a través de una vista superior la forma en que están distribuidos los distintos equipos y áreas de procesos que conforma la planta Ipak Ltda. con el fin de obtener una observación más clara de los distintos activos y procesos que contiene la planta.

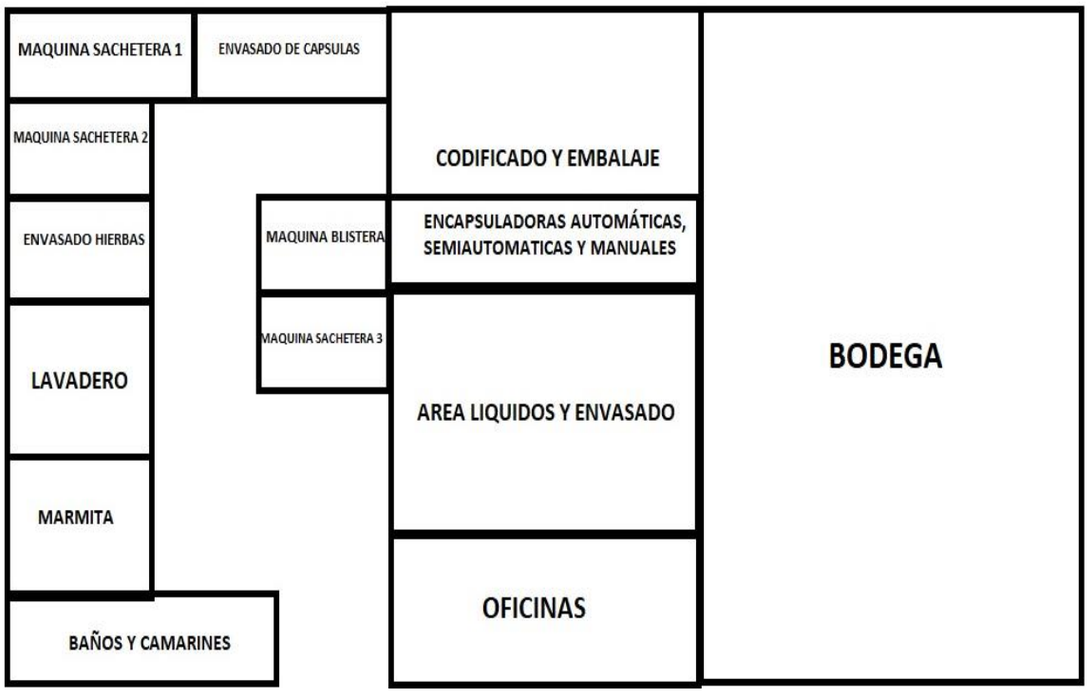


Figura 1-2. Layout de la empresa.

Fuente: Elaboración Propia en base a ubicación de los distintos equipos y áreas de la planta Ipak Ltda.

1.6. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA.

La empresa Ipak Ltda. es una planta de producción y envasado de suplementos alimenticios de la línea natural. Consta con una infraestructura que está dividida en 4 áreas importantes las cuales son:

1) Área de preparados
2) Área de líquidos
3) Área de solidos
4) Área de codificado y embalaje
5) Bodega

1.6.1 Área de preparado

Consta del proceso de elaboración de todos aquellos productos en estado líquido, los cuales pasarán a su posterior proceso de envasado. En esta área trabaja personal calificado para realizar la mezcla necesaria con altos estándares de calidad de los líquidos. Además, trabajan con maquinaria de tipo industrial tales como marmitas, máquinas de osmosis y calefactores, los cuales permiten realizar procesos de líquidos tanto en frío como en caliente.

1.6.2 Área de envasado de líquidos

Es recibido todo el preparado, el cual por medio de una bomba centrifuga es distribuido a un tanque propiamente de la máquina quedando el proceso listo para el envasado. Este proceso consiste en el llenado de frascos con la cantidad de líquido requerida, luego estos son sellados con su tapa por medio de cilindros neumáticos quedando el producto listo para su etiquetado y control de calidad.

1.6.3. Área de sólidos

Es el área más grande de la empresa el cual posee máquinas tales como, encapsuladoras (manuales, semiautomáticas y automáticas), una máquina blistera la cual envasa las cápsulas y una máquina sachetera formadora de sobres de colágeno el cual se centrará este trabajo

1.6.4 Área de codificado

Es donde todos aquellos productos que vienen de la línea de sólidos son codificados mediante una impresión donde indica su lote y su fecha de caducidad. Ningún

producto puede salir de la empresa para su distribución si es que no pasa por el área de codificado. Posteriormente estos productos ya codificados pasan al área de embalaje donde los productos son introducidos en cajas más grandes las cuales son sellados mediante una máquina selladora y son colocados en pallets para su ingreso al sistema y distribución.

1.6.5 Bodega de la empresa

Es donde se almacenan todas las materias primas para realizar los productos que se elaboran en la empresa.

1.7. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

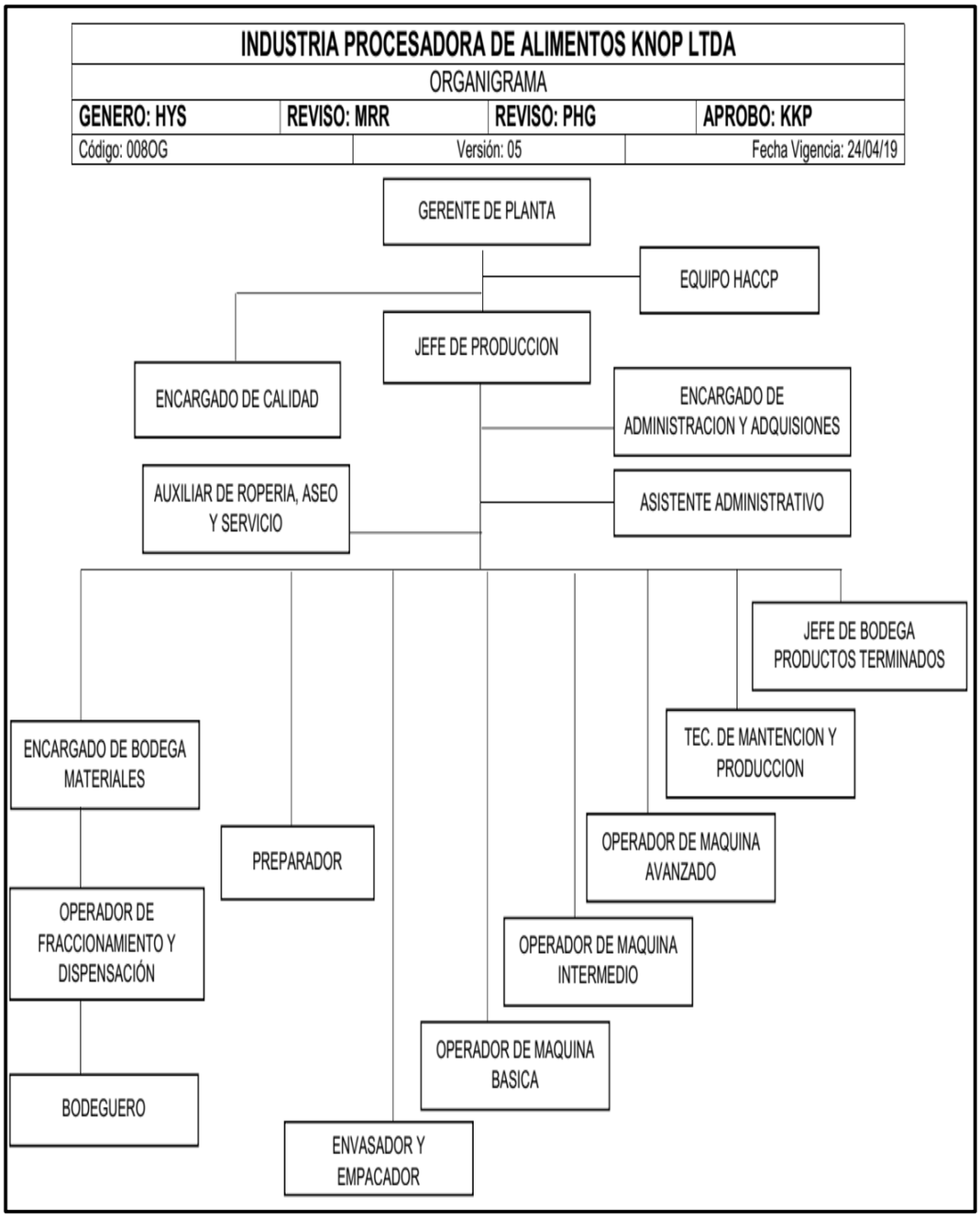


Figura 1-3. Organigrama de planta Ipak Ltda.

Fuente: Departamento de producción de Laboratorios Knop.

1.8. LÍNEAS DE PROCESOS SÓLIDOS.

INDUSTRIA PROCESADORA DE ALIMENTOS KNOP		
OTROS DOCUMENTOS INTERNOS: DIAGRAMA DE FLUJO POLVOS Y HIERBAS		
GENERO: HYS	REVISO: KJO	APROBO: MBC
CODIGO: DI01IP	Versión: 07	Fecha vigencia: 20/08/2018

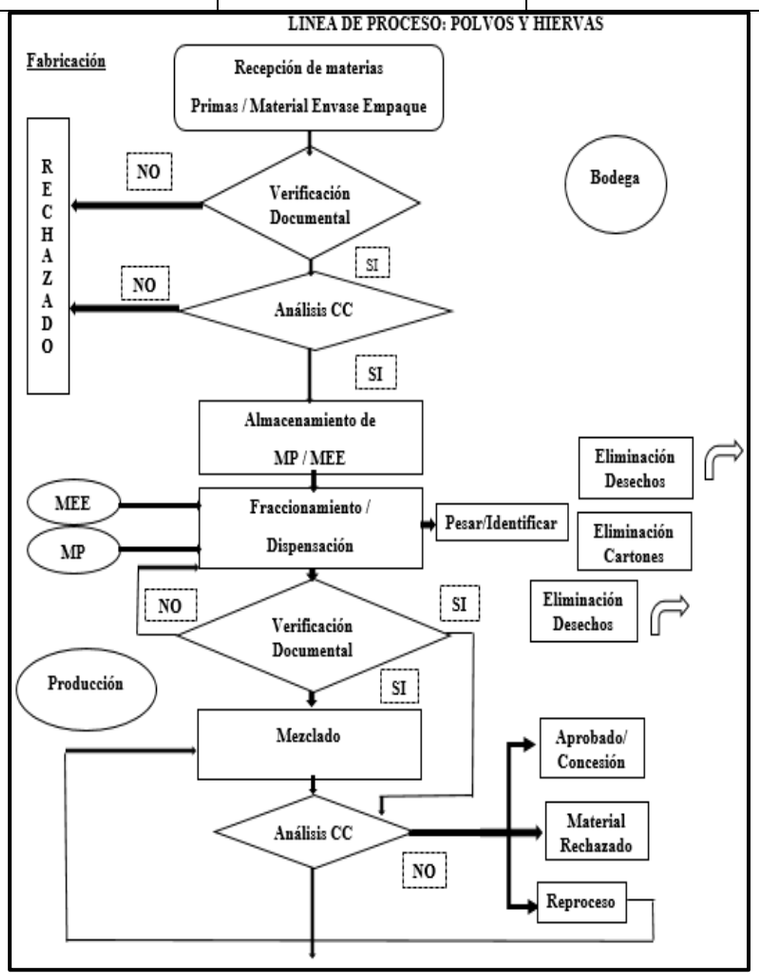


Figura 1-4 Líneas de procesos de fabricación de polvos y hierbas.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida por el departamento de producción de la planta.

.

INDUSTRIA PROCESADORA DE ALIMENTOS KNOP		
OTROS DOCUMENTOS INTERNOS: DIAGRAMA DE FLUJO POLVOS Y HIERBAS		
CODIGO: DI01IP	Versión: 07	Fecha vigencia: 20/08/2018

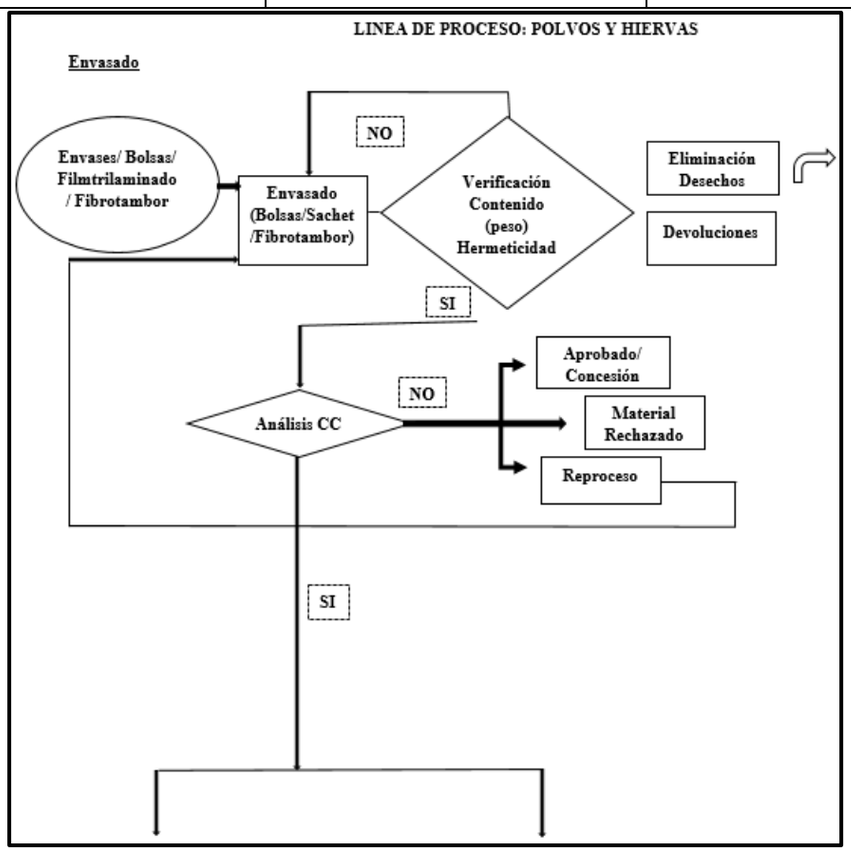


Figura 1-5. Líneas de procesos de envasado de polvos y hierbas.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida por el departamento de producción de la planta.

.

INDUSTRIA PROCESADORA DE ALIMENTOS KNOP		
OTROS DOCUMENTOS INTERNOS: DIAGRAMA DE FLUJO POLVOS Y HIERBAS		
CODIGO: DI01IP	Versión: 07	Fecha vigencia: 20/08/2018

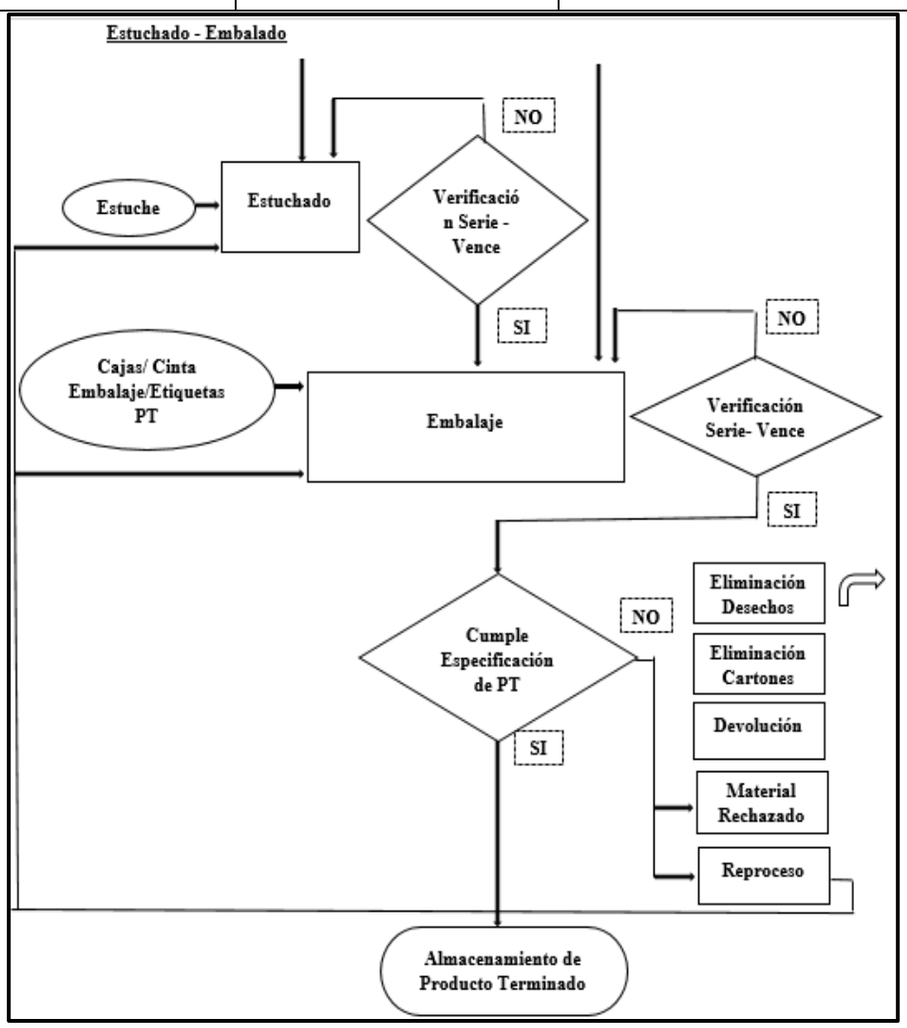


Figura 1-6. Líneas de procesos de estuchado y embalado de polvos y hierbas.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida por el departamento de producción de la planta.

1.9. PRESENTACIÓN DE LA MÁQUINA.

El equipo en estudio llamada máquina sachetera horizontal S110 se encuentra operativa en el área de solidos de la planta Ipak Ltda. durante distintas jornadas de trabajo.

Figura 1-7. Máquina sachetera horizontal S-110.

Fuente: Elaboración propia en base a fotografías a máquina sachetera S-110.

1.9.1 Funcionamiento de la máquina.

El empaquetador automático horizontal o máquina sachetera realiza automáticamente procesos tales como la formación de bolsa de sachet, medición del

producto de dosificación y funda de sellado mediante termo sellado de embalaje (película de polietileno, multicapa de film laminado). Las bolsas pueden ser selladas por 3 lados o 4 lados y en varias unidades de sellado. Un dosificador adecuado puede ser seleccionado para la presentación de diversos productos tales como: en polvo, crema, granulado o líquido.

La máquina sachetera, que funciona a través de un controlador PLC, se caracteriza por una alta productividad, la formación de la bolsa es precisa y la dosificación con una cantidad exacta. El paquete producido por la máquina es agradable a la vista en forma y goza de una perfecta intensidad. La máquina ha sido ampliamente utilizada en alimentos, cosméticos e industrias farmacéuticas. (PLASPAK, 2012)

La siguiente figura representa en ambitos generales la secuencia de operación de las distintas piezas que generan la elaboración de las bolsas de sachets de colágeno hidrolizado.

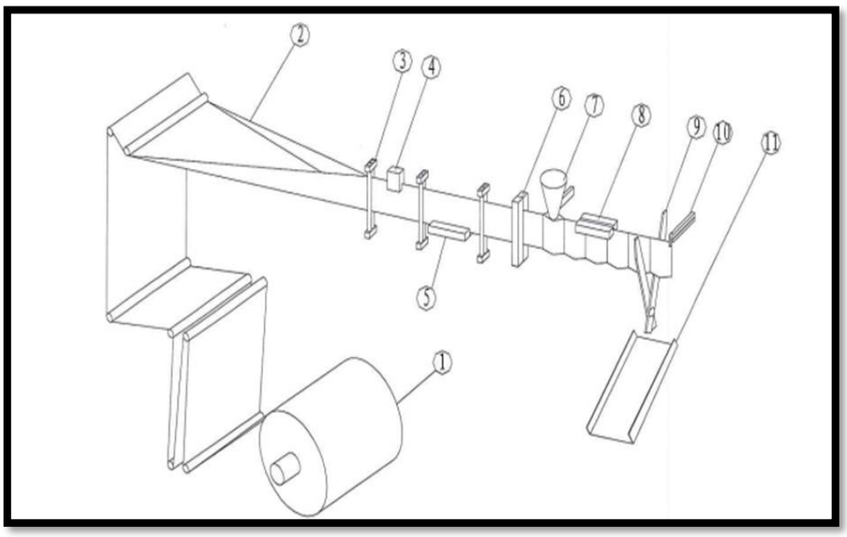


Figura 1-8. Secuencia de operación de máquina sachetera horizontal S-110.

Fuente: Catálogo Plaspak Maquinarias Ltda.

1- Papel film
2- Formador de bolsa
3- Guía del papel film

4- Fotocelda
5- Junta inferior
6- Junta vertical
7- Junta superior
8- Embudo de llenado
9- Cuchillas cortadoras del papel
10- Arrastre de línea de papel
11- Salida del sachet

1.9.2 Parámetros principales del equipo.

La siguiente planilla indica el funcionamiento normal del equipo sin tener en cuenta las fallas que se podrían presentar al transcurso de los tiempos de operación, es decir, representa los valores óptimos de trabajo del equipo.

Formato máximo	110mm (w) x 130mm (h)
Formato mínimo	50mm (w) x 50mm (h)
Volumen máximo	60ml
Margen de error de medición	+/- 1%
Velocidad de empaque	40-80 sobres por minuto
Máximo diámetro del carrete de papel	380mm
Electricidad requerida	2Kw
Consumo de aire (líquido)	0.1 metros cúbicos/min
Consumo de aire (polvo)	0 metros cúbicos/ min
Peso neto	520 Kg
Dimensiones	2200mml (l) x 940mm (w) x 1300mm (h)

Tabla 1-1. Parámetros principales de máquina sachetera horizontal S-110.

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por catálogo Plaspak Maquinarias Ltda.

1.9.3 Condiciones de trabajo

Las condiciones que se presentan a continuación se rigen bajo normas empleadas por el fabricante PLASPAK, que trata de señalar o evidenciar que si se sobrepasan estos valores la vida útil y rendimiento del equipo se verán afectados notablemente, por ende, se recomienda tener en cuenta estos factores con el fin de que el desempeño del equipo perdure en el tiempo.

Temperatura	5-35° C
Humedad relativa	≤ 85%
Voltaje	380V ± 20V (3 fases + 5 alambres)

Tabla 1-2. Condiciones normales de trabajos de máquina sachetera horizontal S-110.

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por catálogo Plaspak Maquinarias Ltda.

1.9.4 Transporte de la máquina.

Si no hay ninguna petición especial del usuario que realiza un pedido, la máquina normalmente está embalada en una caja. Se debe tener cuidado al transportar la máquina para evitar cualquier impacto. Esta estrictamente prohibido apilar más cajas sobre la máquina.

1.9.5 Traslado y levantamiento.

Una horquilla elevadora puede utilizarse para levantar la máquina insertando las horquillas del lado delantero, teniendo en cuenta siempre del cuidado ya que se trata de una máquina con partes y piezas delicadas.

1.9.6 Composición estructural.

Este equipo está compuesto por el subsistema de control eléctrico, subsistema de control de transmisión, subsistema de envasado compuesto de rollo papel, formador de bolsa escuadra, célula fotoeléctrica, la junta inferior, junta vertical, tirador de bolsa, bolsa, dispositivo de entrega, sistema de llenado de la tolva de llenado, la junta superior mecánico del sistema de conducción, sistema de transporte de salida, y otras piezas de la máquina.

El subsistema de control eléctrico está compuesto por un control PLC, un inversor y otros componentes. Con características de:

1. Alta integración; fuerte control; de funcionamiento fiable.
2. La tecnología de pantalla táctil para una fácil operación; interfaz interactiva de fácil acceso para el operador.
3. La fotocélula, la cual permite una temprana detección de la taca colorimétrica del papel film, mandando una señal al encoder el cual sincroniza los movimientos de las mordazas y arrastre del papel film.

1.9.7 Flujo de embalaje de la máquina.

El siguiente flujo de bloques indica el proceso de embalado que genera la máquina sachetera al momento de formar la bolsa de sachet con colágeno hidrolizado, con el fin de entender el tipo de operación que genera el equipo en estudio.

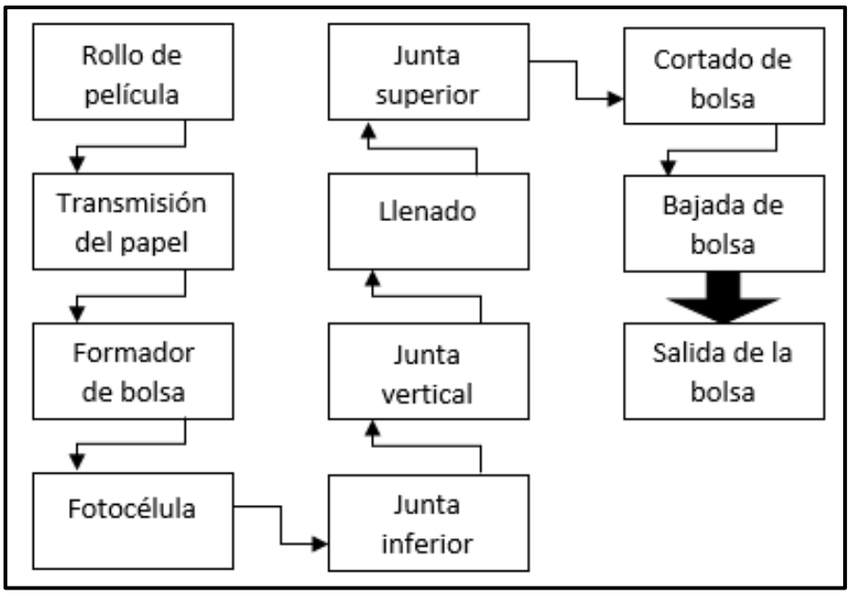


Figura 1-9. Diagrama de flujo de embalaje de máquina sachetera horizontal S-110.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida a operador del equipo.

1.9.8. Instalación.

- Debe preservarse el espacio suficiente alrededor de la máquina para facilitar el cambio de formato, lubricación y mantenimiento.
- La máquina debe ser instalada sobre una base sólida y debe estar nivelada.
- Suministro de electricidad: La fuente de alimentación estándar de la máquina es: 380V, 50Hz y 3 fases + 4 cables.
- Todo el cableado eléctrico de la máquina debe ser llevado a cabo por electricistas capacitados adecuadamente. Debe prestarse atención a la dirección de giro de los motores. El motor principal de la máquina está equipado con variador de frecuencia, el sentido de giro del motor es fijo.

1.10. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO PROCESADO POR LA MÁQUINA.

Algunos de los productos que puede procesar la máquina sachetera son los suplementos alimenticios, los cuales son sustancias que se pueden ingerir para el bienestar de la salud, no obstante, estos suplementos no están destinados a curar enfermedades o afecciones de salud.

El principal producto que envasa la empresa Ipak Ltda. con la máquina sachetera es el colágeno hidrolizado. El colágeno hidrolizado se trata de la proteína que mayor protagonismo tiene en el organismo humano, ya que constituye alrededor de un tercio del contenido proteico total de este, y a la vez se encuentra disperso por los diferentes órganos y tejidos que lo configuran, manifestando una función altamente estratégica como matriz de ese tejido. Esta proteína tiene tres componentes principales en su estructura molecular, la prolina, la glicina y la hidroxiprolina, además de aminoácidos que confieren al colágeno una notable estabilidad contribuyendo a que esta matriz molecular de los tejidos conectivos haga posible que las células puedan coexistir en un completo equilibrio.

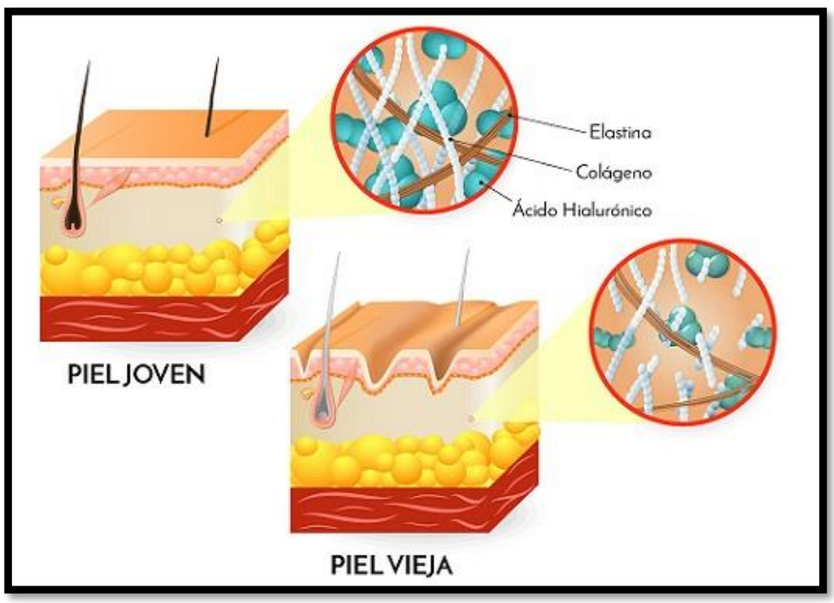


Figura 1-10. Colágeno hidrolizado.

Fuente: Consulta en www.livinoe.com ‘’LIVINOE’’.

Cabe señalar, que el colágeno en estado puro es una proteína compleja de digerir, por ende, requiere de un proceso de acondicionamiento para que pueda ser digerida por el organismo y así obtener un mejor aprovechamiento y rendimiento. Este tratamiento se conoce como hidrolisis enzimático, donde gracias a las cadenas polipeptídicas que están compuestas por múltiples moléculas de aminoácidos, son fragmentadas en sencillas agrupaciones de unos pocos de ello llamadas péptidos, que se comporta como un fácil sustrato para los jugos digestivos, constituyendo lo que se conoce como colágeno hidrolizado. Se estima que la absorción de este ya supera el 80 %, y sus metabolitos son capaces de atravesar la barrera intestinal que, a través del torrente circulatorio, colonizan los tejidos receptores de colágeno que se pondrán en marcha con un proceso bioquímico crucial del organismo, llamada la síntesis endógena de colágeno. (Expósito, 2014)

Una vez absorbido, el colágeno actúa como catalizador en reacciones químicas del organismo, constituyéndose como la sustancia reparadora de muchos tejidos e influyendo de manera positiva en el proceso de envejecimiento del organismo.

Cuando existe déficit de colágeno en el organismo suele repercutir a todo este, manifestándose con síntomas de carácter un tanto inespecífico, acentuándose sobre todo a las personas mayores de edad, donde se presencia debilidad, astenia, fatiga, dolor leve de articulaciones y una degradación del estado general de la persona. La disminución de la síntesis endógena de esta proteína comienza alrededor de los veinticinco años, manteniendo a partir de entonces una reducción sostenida donde cada 12 meses, la cantidad de colágeno en nuestro cuerpo disminuye el 1 % y que experimenta una caída brusca con la llegada de los cincuenta y especialmente de los sesenta.

Algunas consecuencias del déficit de colágeno pueden ser:

1. Disminución de la elasticidad y la firmeza de la piel.
2. Fragilidad de los capilares sanguíneos.
3. Dolores musculares.
4. Dolores articulares.
5. Incremento de la porosidad de la matriz del hueso.

Actualmente se comercializan múltiples formatos en base de colágeno, ya sea solo o combinados con otras sustancias, como cápsulas, comprimidos, líquidos concentrados, polvos solubles, mascarillas y cremas. En función del producto seleccionado, se tratará de administrarlo por vía tópica o por vía oral ya que las dos únicas opciones existentes.

1.10.1 Obtención de colágeno.

1. Se toman fuentes de colágeno provenientes de tejido conectivo animal como fascia, tendones o hueso.
2. Dicha fuente de colágeno se prepara eliminando tejidos adyacentes que se encuentren adheridos a ella, se corta en trozos que permitan su tratamiento y se lavan con agua.
3. El material se desengrasa mediante lavados consecutivos empezando con solventes de baja constante dieléctrica y finalizando con solventes de alta constante dieléctrica, por ejemplo, con etanol a concentraciones superiores a 70%, éter y/o agua purificada.
4. Se realiza una disolución ácida con ácido acético o clorhídrico hasta lograr un pH entre 2,5 y 3,2 a temperaturas inferiores a 5 °C y agitación permanente.
5. Se licúa y centrifuga el producto obtenido y luego se recupera el sobrenadante.
6. Se adiciona al sobrenadante un alcalino como NaOH (hidróxido de sodio) o KOH (hidróxido de potasio) hasta lograr un pH entre 4,0 y 5.0; luego se centrifuga y recupera el pellet obtenido.
7. Se adiciona al pellet una solución de una sal que le otorgue a la solución un potencial iónico equivalente al de una solución de cloruro de sodio y se agita entre 1 y 24 horas, se centrifuga y recupera nuevamente el pellet obtenido.
8. Se realizan sucesivos lavados con agua a temperaturas inferiores a 5 °C y agitación, se centrifuga y recupera el pellet.
9. Se obtiene colágeno. (Colombia, 2016)

Es de suma importancia que la purificación del colágeno se lleve a cabo de manera correcta ya que se está trabajando con un producto de consumo para la población, la cual tiene que cumplir con estándares de calidad, además de que deben ser productos estériles

e inocuos libres de gérmenes listos para la ingesta. Sumando a todo esto también se debe tener sumo cuidado con la limpieza de la maquina en la cual se envasará el colágeno dentro del sachet, se debe limpiar cada pieza a trabajar con bastante alcohol para así eliminar la mayor cantidad de bacterias que puedan contaminar el producto.

1.10.2. Preparación de colágeno en polvo:

1. Se cuantifica la suspensión de colágeno y se ajusta con agua desionizada.
2. Sobre moldes de teflón, se sirve una película homogénea de la suspensión de colágeno de un espesor deseado (entre 3 y 8 mm).
3. Se eliminan las burbujas de aire de la película mediante vacío por diez minutos.
4. Se seca por convección forzada de aire a un flujo de aire constante entre 20 m3/hora a 40 m3/hora y a una temperatura de 55 +/- 5 °C por 48 horas
5. La película formada es retirada mediante espátula y se tritura generando una producción por fractura en un mortero.
6. El polvo obtenido es posteriormente molido. La mezcla de polvos obtenida es clasificada por tamaños mediante la técnica de tamizado.
7. La fracción de polvos mayoritaria debe tener un rango de tamaño entre 1.00 y 0,30 mm equivalente a la fracción que pasa por un tamiz estándar número 30 (abertura de mallas de 0,595 mm) y retenido por un tamiz estándar número 20 (abertura de mallas de 0,841mm). (Colombia, 2016)

MESH TO MICRON CONVERSION CHART

U.S. MESH	INCHES	MICRONS	MILLIMETERS
3	0.265	6730	6.73
4	0.187	4760	4.76
5	0.157	4000	4
6	0.132	3360	3.36
7	0.111	2830	2.83
8	0.0937	2380	2.38
10	0.0787	2000	2
12	0.0661	1680	1.68
14	0.0555	1410	1.41
16	0.0469	1190	1.19
18	0.0394	1000	1
20	0.0331	841	0.841
25	0.028	707	0.707
30	0.0232	595	0.595
35	0.0197	500	0.5
40	0.0165	400	0.4
45	0.0138	354	0.354
50	0.0117	297	0.297
60	0.0098	250	0.25
70	0.0083	210	0.21
80	0.007	177	0.177
100	0.0059	149	0.149
120	0.0049	125	0.125
140	0.0041	105	0.105
170	0.0035	88	0.088
200	0.0029	74	0.074
230	0.0024	63	0.063
270	0.0021	53	0.053
325	0.0017	44	0.044
400	0.0015	37	0.037

Tabla 1-3. Conversiones de números de mallas granulométricas equivalentes a micrones

Fuente: Consulta en www.equivalenciasmicrones.com.

La propiedad física más importante de las muestras es el tamaño de partícula. La medición de tamaño de partícula se lleva a cabo generalmente en una amplia gama de industrias, y con frecuencia constituye un parámetro crítico en la fabricación de muchos productos. La medición de las distribuciones de tamaño de partícula es fundamental para una empresa envasadora ya que son procesos vitales para el éxito de muchas empresas manufactureras.

Cuando el colágeno en polvo no cumple todas las especificaciones de tamizado y control de calidad para su posterior proceso que es el de envasado, la máquina sachetera comienza a tener problemas en su proceso el cual se describirá en la problemática.

1.10.3 Preparación del colágeno para su proceso de envasado.

La forma en que se presenta comúnmente el colágeno es en estado sólido, ya que permite aumentar su tiempo de vida media debido a que se disminuye la movilidad molecular, reduciendo la velocidad de las reacciones de degradación, además que posee una baja actividad de agua, factor que disminuye las probabilidades de contaminación y degradación microbiológica del colágeno. Al obtener el colágeno en forma de polvo, el material adquiere una combinación de propiedades, ya sea tamaño de partícula, forma, área superficial y morfología que determinan cualidades de proceso como fluidez, humectación, hidratación y dispersión, que lo convierten en una buena alternativa como material para procedimientos y/o excipientes de formulación, permitiendo una fácil transformación a otras formas de presentación: películas, partículas, suspensiones, gránulos, matrices entre otros. Además, la forma en polvo del colágeno permite un proceso de almacenamiento fácil, debido al uso de recipientes poco voluminosos y livianos, además de no requerir condiciones especiales y costosas de almacenamiento como la refrigeración. (Colombia, 2016)

1.10.4 Ángulo de reposo.

Es un parámetro que cuantifica la resistencia que presenta el polvo a fluir, teniendo valores pequeños los productos con mayor fluidez. Un método simple de cuantificación se realiza midiendo el ángulo generado por el producto depositado en una base horizontal plana, después de haber pasado por un embudo.

Fórmula para determinar la distribución de tamaño de partícula del producto.

$$\alpha^{\circ} = \frac{180}{\pi} \times arctan\left(\frac{h}{r}\right) = \frac{180}{\pi} \times arctan\left(\frac{2h}{d}\right)$$

Fuente: Sociedad China de Particuología e Instituto de Ingeniería de Procesos, Academia China de Ciencias.

Donde:

$\alpha°$ = Ángulo de reposo.

h = Altura del cono.

d = Diámetro del cono.

1.11 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.

Actualmente la empresa Ipak Ltda. No consta de un taller de mantenimiento ni con una bodega que contenga el stock de repuestos para sus máquinas, por lo que influye directamente con los tiempos de respuesta al mantenimiento. Además, el personal a cargo del mantenimiento muchas veces tiene que utilizar recursos como la construcción de piezas artesanales para reparar sus máquinas. Una vez que la máquina falla y se detiene, recién en ese momento se solicitan los repuestos al personal administrativo, el cual, en ciertas ocasiones por motivos de acumulación de trabajo, estos no se piden inmediatamente, lo que provoca un retraso aún mayor en el mantenimiento de los equipos, además aumenta las horas de las máquinas detenidas disminuyendo considerablemente la disponibilidad del equipo. Por otra parte, el personal encargado de mantenimiento de la empresa pasa la mayor cantidad de tiempo operando los equipos, lo cual resulta difícil realizar mantenimiento debido a que la demanda de productos es sumamente alta.

Algunos operadores de la planta no tienen conocimiento fundamental del funcionamiento de la máquina ni tampoco del tipo de mantenimiento, por lo cual las maquinarias no reciben el trato adecuado al momento de ser operadas generando así un desgaste fuera de lo normal. Todos estos factores afectan considerablemente el ámbito económico de la planta, debido que según jefatura de producción el costo de la máquina sachetera detenida genera grandes sumas de dinero durante las jornadas de trabajo, teniendo en cuenta que en muchas instancias el equipo queda detenido por semanas debido a la carencia de repuestos o herramientas para generar el mantenimiento.

La empresa en estos momentos consta de pocos proveedores de materias primas que no cumplen con las normativas de calidad ISO 9001 que se requiere para evitar futuros

inconvenientes dentro del proceso productivo. Por ejemplo, una de las materias primas que utiliza la máquina sachetera es el colágeno en polvo, el cual para ser trabajado debe tener una granulometría especifica en su llenado. Si la densidad del colágeno es menor o mayor trae problemas en el envasado, provocando algunas dificultades tales como retrasar el trabajo productivo o bien haciendo que la maquina se detenga porque el producto final obtenido no es apto para el control de calidad ya que no posee el peso adecuado para su comercialización.

La máquina sachetera actualmente tiene un rango de productos por minuto dependiendo del material a trabajar. Para el colágeno se trabaja alrededor de 60 sachet/min si es que su densidad es la adecuada, cuando la densidad del polvo es baja por mala calidad de la materia prima, automáticamente se tiene que bajar la producción a la mitad, es decir, de 60 a 30 sachet/min, si esto no se hace, el material es disipado en el ambiente haciendo que el sachet no contenga la cantidad necesaria. Cabe señalar que esto trae consecuencias económicas graves para la empresa, ya que, al producirse menos cantidad, se demora mucho más en conseguir lograr la planilla o meta fijada por la jefatura para la comercialización.

Aparte de los problemas ya mencionados también cabe destacar que no existen planes de mantenimiento creados a través de una persona capacitada en mantención de los equipos, donde puede otorgar distintas tareas de mantención o ajustes en caso de que se presente alguna falla en las máquinas, sino que solo existen pequeños planes de mantenimiento creados por los fabricantes de los equipos que no cumplen con las condiciones necesarias para realizar una completa mantención a las máquinas, ya sea, procedimientos de trabajo, herramientas a utilizar, horas de trabajo y registros de tareas de mantenimiento. Por lo tanto, se ha decidido por necesidad de la empresa realizar un plan de mantenimiento a la máquina sachetera S-110 ya que el costo por hora de máquina detenida por falla es de $400.000 aproximadamente según departamento de producción, como este equipo no tiene un plan de mantenimiento creado por un especialista, los únicos datos de falla que han sido obtenidos se han hecho en forma presencial a través de los operadores a cargo. En los antecedentes recopilados se encuentran solo reparaciones de menor magnitud y algunas mantenciones periódicas sin controles de tiempo, dicha máquina está trabajando permanentemente en 2 jornadas laborales, la inexistencia de este

plan de mantenimiento resulta un complejo desconocimiento e incomprensión de los orígenes de las fallas que se presentan debido a que no hay un monitoreo continuo del equipo, además de horas de retraso al momento de reparar las fallas de la máquina. Los problemas relacionados a la máquina resultan una deficiente actividad operacional y completa detención del equipo, afectando el trabajo del operador a cargo y a toda la empresa. Todo esto provoca que la empresa disminuya notablemente su margen de ganancias económicas creando amenazas en un mercado industrial que cada día se vuelve más competitivo.

1.12 DIAGRAMA DE BLOQUES DE MÁQUINA EMPACADORA HORIZONTAL S110 PARA SACHET.

A continuación, se detalla un diagrama de bloques que representa los distintos procesos que interactúan con la máquina sachetera repartida a lo largo del país y exportada alrededor del mundo.

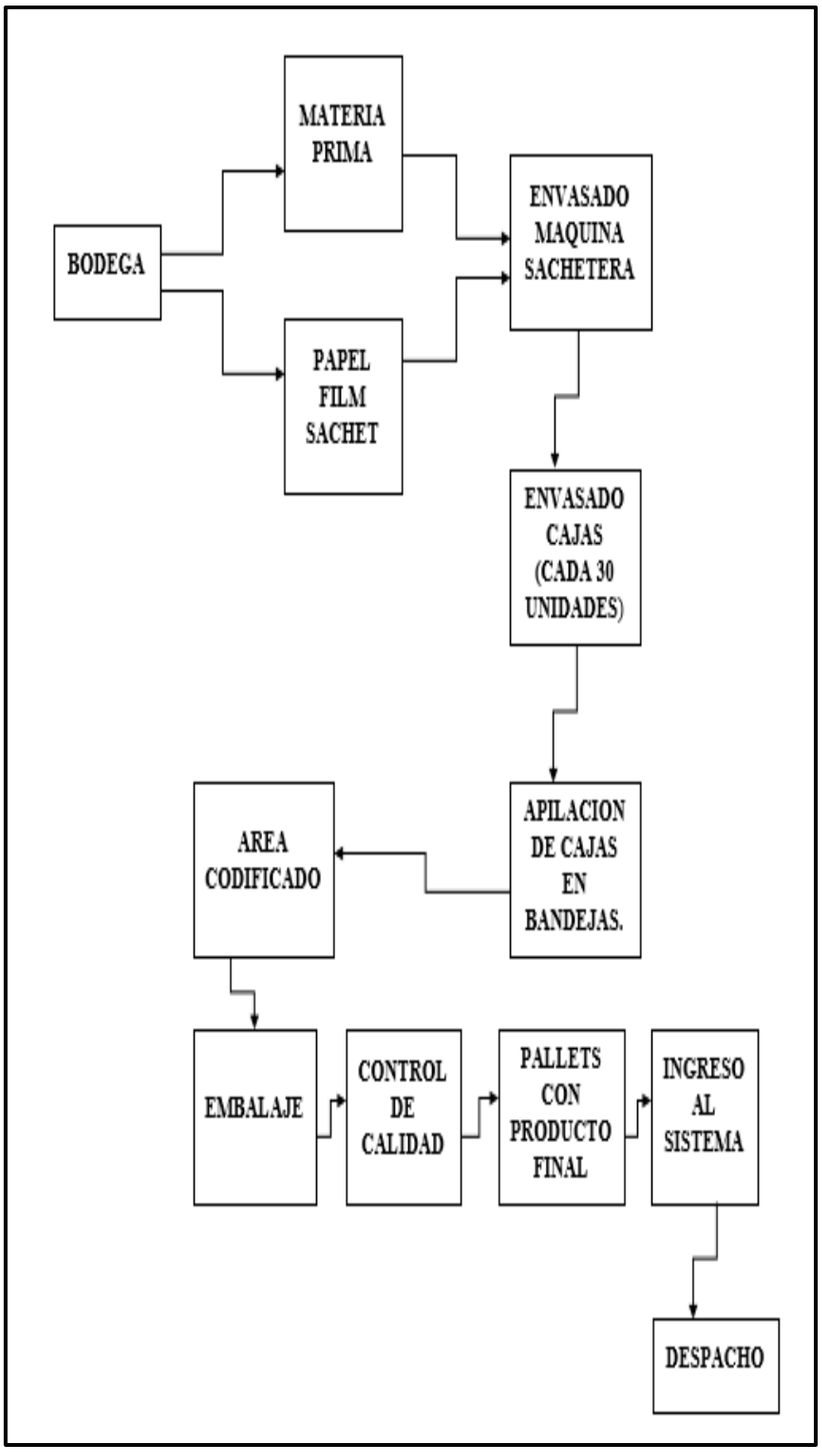


Figura 1-11. Diagrama de procesos de máquina sachetera horizontal S-110.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida por parte de operadores de la máquina sachetera horizontal S-110.

CAPÍTULO 2: SOLUCIÓN DE INGENIERÍA.

2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE TÍTULO.

Este trabajo de título tiene como finalidad diagnosticar fallas del equipo a través de un exhaustivo análisis de gestión de mantenimiento, conllevando a la creación de un plan de mantención que indique sus tareas y procedimientos correspondientes, todo esto con el fin de mejorar el rendimiento y disponibilidad de la máquina, minimizar gastos de reparaciones correctivas a través de un mantenimiento preventivo, mejorar la producción de la máquina y promover el orden y limpieza por parte de los operadores o mantenedores a cargo.

La elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento, se origina con la deficiencia de este mismo plan mantenimiento en la máquina sachetera y a su vez la inexistencia de una pauta de trabajo para ejecutar reparaciones preventivas, cabe señalar que la empresa sólo aplica mantenimiento correctivo, es decir, reparan solo cuando se presencia un desperfecto o falla. Este trabajo consiste en resolver la problemática actual que tiene la empresa Ipak Ltda. en su máquina sachetera, otorgando una ayuda a largo plazo para prevenir inconvenientes similares, logrando un registro y respaldo de las fallas presentadas con el fin de disminuir los tiempos de reparación.

Realizar una propuesta de mantenimiento preventivo aportará muchos beneficios a esta empresa de suplementos alimenticios, tales como:

1. Evitar costos excesivos de mantención.
2. Resolver la problemática actual.
3. Disminuir tiempos de reparación.
4. Prevenir pérdidas económicas.
5. Aumentar la productividad del equipo.
6. Aumentar ganancias económicas.

2.1 MANTENIMIENTO.

La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del equipo. Bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento al atravesar las distintas épocas, acorde con las necesidades de sus clientes, que son todas aquellas dependencias o empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles mediante la utilización de estos activos para producirlos.

La historia del mantenimiento, como parte estructural de las empresas, data desde el momento mismo de la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, inclusive desde cuando el hombre forma parte de la energía de dichos equipos.

Se reconoce la aparición de los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las máquinas desde principios del siglo XX, en los Estados Unidos, donde todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionan vía mantenimiento correctivo. (Alberto Mora Gutiérrez, 2016)

2.1.1 Mantenimiento preventivo.

Constituye una herramienta valiosa que contribuye a ser más eficaz la función del mantenimiento programado. Por lo tanto, no es un tipo más de mantenimiento, sino es un estilo de realizar mantenimiento, en forma sistematizada, que se basa en la técnica y necesita que, previamente funcione el mantenimiento programado. (Raimundo Heber Gonzalez, 1984)

Dentro de un plan de mantenimiento preventivo encontramos:

1. Reemplazo de equipos, subconjuntos, componentes o piezas
2. Conservación, revisión o restauración de ítems.
3. Rutas de inspección y chequeos.
4. Limpieza, ajuste y lubricación.
5. Calibración.

- **Objetivos del mantenimiento preventivo:**

1. Aumentar la disponibilidad de los activos industriales.
2. Disminuir las detenciones no programadas.
3. Minimizar las averías imprevistas de los equipos
4. Mejorar la utilización de mano de obra por medio de la programación de tareas.
5. Mejorar la calidad de productos y servicios.
6. Disminuir el riesgo para el personal en las operaciones de producción y mantenimiento.
7. Minimizar los gastos debido a reparaciones de emergencia.
8. Disminuir el impacto ambiental por medio de una mejor planificación de tareas.

2.2. TÉCNICAS DE APOYO PARA ANALIZAR FALLAS.

En este proyecto se utilizará un tipo de análisis de fallas, tal como ‘’Diagrama Ishikawa’’, además se realizará un estudio sistemático del equipo incluyendo sus subsistemas de mecanismos o funcionamientos y sus componentes que forman parte de estos subsistemas, cabe señalar que estos análisis van ayudar a determinar un plan de mantenimiento para diferentes tipos de fallas, tanto recurrentes como también desperfectos puntuales.

2.3. RENDIMIENTO ACTUAL DEL EQUIPO.

Se denomina rendimiento (η) de una máquina al cociente entre el trabajo útil que proporciona y la energía que se le ha suministrado. Este rendimiento suele expresarse en tanto por ciento:

- **<u>Rendimiento del equipo</u>**

- Rendimiento = $\eta = \frac{Producción\ Real}{Producción\ Ideal}$
- Rango de producción del equipo = $40 - 80\frac{sachet}{minuto}$ (Según catálogo del equipo). (PLASPAK, 2012)

Cabe señalar que para calcular el rendimiento se utilizará un promedio del rango de producción del equipo, ya que si se utiliza un valor mínimo o un valor máximo este afectará directamente al rendimiento de la máquina.

- Por lo tanto, se tiene que: $\frac{40\frac{sachet}{minuto} + 80\frac{sachet}{minuto}}{2}$

$$= 60\frac{sachet}{minuto}.$$

Rendimiento de sachet producidos:

$$\eta = \frac{Producción\ Real}{Producción\ Ideal}$$

$$\eta = \frac{30\frac{sachet}{minuto}}{60\frac{sachet}{minuto}}$$

$$\eta = 0{,}50$$

$$\eta = \mathbf{50}\%$$

Cuando la materia prima es recibida y no está en condiciones óptimas granulométricas aceptadas, la máquina no puede trabajar eficientemente y su rendimiento decae, por ende, si se trabajara en condiciones normales, la materia prima se esparciría en el ambiente por la rapidez del tornillo sin fin y al tener menos densidad, la materia prima queda suspendida en el ambiente, haciendo que el sobre de sachet no posea la cantidad

necesaria de producto, obligando a los operadores a reducir la velocidad para que pueda ejercer el llenado adecuado. Cuando se produce este problema, el rendimiento decae de la máquina y pasa de producir 60 sachet/min a producir 30 sachet/min debido a la baja velocidad. Todo esto provoca que se produzca un déficit en la producción afectando de manera considerable los tiempos de entrega del producto y las utilidades de la empresa.

2.4 DISPONIBILIDAD ACTUAL DEL EQUIPO.

Disponibilidad es la probabilidad que un equipo sea requerido para la producción en buen estado operativo, es decir, que se encuentre produciendo o en condiciones de producir.

- **Factores que influyen en la disponibilidad del equipo:**
- Antigüedad o años de uso del equipo.
- Mantenimiento realizado al equipo.
- Mantenibilidad del equipo.

2.4.1 Disponibilidad del equipo según turnos de trabajo.

1. **Turno 1 de trabajo de la máquina**
   - **Lunes a jueves 8.00 AM- 18.00 PM** = 9 horas diarias x 4 días
     = 36 horas lunes a jueves.
   - **Viernes 8.00 AM -16.20 PM** = 7 horas, 20 minutos x 1 día
     = 7,33 horas solo los viernes.

Por lo tanto 36 horas + 7,33 horas

= 43,33 horas semanales x 4 semanas

= ***173,32 horas mensuales.***

2. **Turno 2 de trabajo de la máquina:**

- **Lunes a viernes de 18 PM a 3.40 AM** = 9hrs, 40 min diarias x 5 días

= 9,67 horas diarias x 5 días

= 48,35 horas semanales x 4 semanas

= ***193,4 horas mensuales.***

Por lo tanto:

173,32 horas mensuales del turno 1 + 193,4 mensuales del turno 2

= 366,72 horas mensuales en total x 12 meses

= 4400,64 horas de funcionamiento en el año de la máquina sin interrupciones debido a fallas o mantenimiento.

2.5 TIEMPO DE MÁQUINA DETENIDA POR FALLAS.

Todas horas de detención de la máquina se tomaron en cuenta en base a las horas de trabajo anteriormente calculadas.

1. Falla de chaveta: 142,5 horas x 3 (frecuencia de fallo durante el año) = 427,3 horas.
2. Ruptura de correa: 50 horas x 4 (frecuencia de fallo durante el año) = 200 horas.
3. Ruptura de rodamiento: 38 horas x 5 (frecuencia de fallo durante el año) = 190 horas.
4. Afilamiento de cuchillas por desgaste: 12 horas mensuales x 12 meses = 144 horas durante el año.
5. Cambio de aceite y rodamientos reductor: 1 vez al año = 6 horas.

a) Falla de chaveta: Se recomienda consultar tolerancias recomendadas según norma considerando el material y las dimensiones de la chaveta, debido a que en muchos casos esto no se realiza porque no se tiene el tiempo necesario o simplemente desconocimiento del tema.
b) Falla de correa: Debido a que la correa no posee rejilla protectora que la aísle del medio ambiente de trabajo y al encontrarse por debajo de una cadena, se generan partículas de aceite provenientes de dicha cadena, las cuales se adhieren a la correa generando un agrietamiento llegando a producir un desgaste que origina una ruptura.
c) Falla de rodamiento: Se recomienda cambiar los rodamientos no sellados por unos sellados debido a que el polvo en suspensión generado por el trabajo de la máquina, se incrusta dentro de los elementos rodantes generando un desgaste prematuro, también cabe destacar que al sobre exigir el apriete de la manilla del rodillo del papel film también genera daño a largo plazo de los rodamientos.
d) Falla de cuchillas: Cabe señalar que las cuchillas por promedio se afilan dos veces al mes, enviándolas a una maestranza que se demora durante toda la gestión aproximadamente 6 horas, ya sea el desmontaje de las cuchillas, el transporte, el proceso de afilado, verificación de medidas, transporte y montaje de estas en la máquina.

Por lo tanto, la sumatoria de horas por mantención o fallas:

427,3 horas + 200 horas + 190 horas + 144 horas + 6hrs = **967,3 horas al año**

Disponibilidad =

$$\frac{horas\ equipo\ en\ funcionamiento - horas\ detenidas}{horas\ equipo\ en\ funcionamiento} \times 100$$

Disponibilidad = $\frac{4400{,}64\ horas - 967{,}3\ horas}{4400{,}64\ horas}$ = **78 %**

2.6 SISTEMAS, SUBSISTEMAS, COMPONENTES Y ELEMENTOS.

El siguiente esquema representa el sistema, subsistemas, componentes y elementos del equipo en estudio, con el fin de representar todas las partes que interactúan entre sí para conformar un conjunto que se reflejará en el funcionamiento de la máquina sachetera.

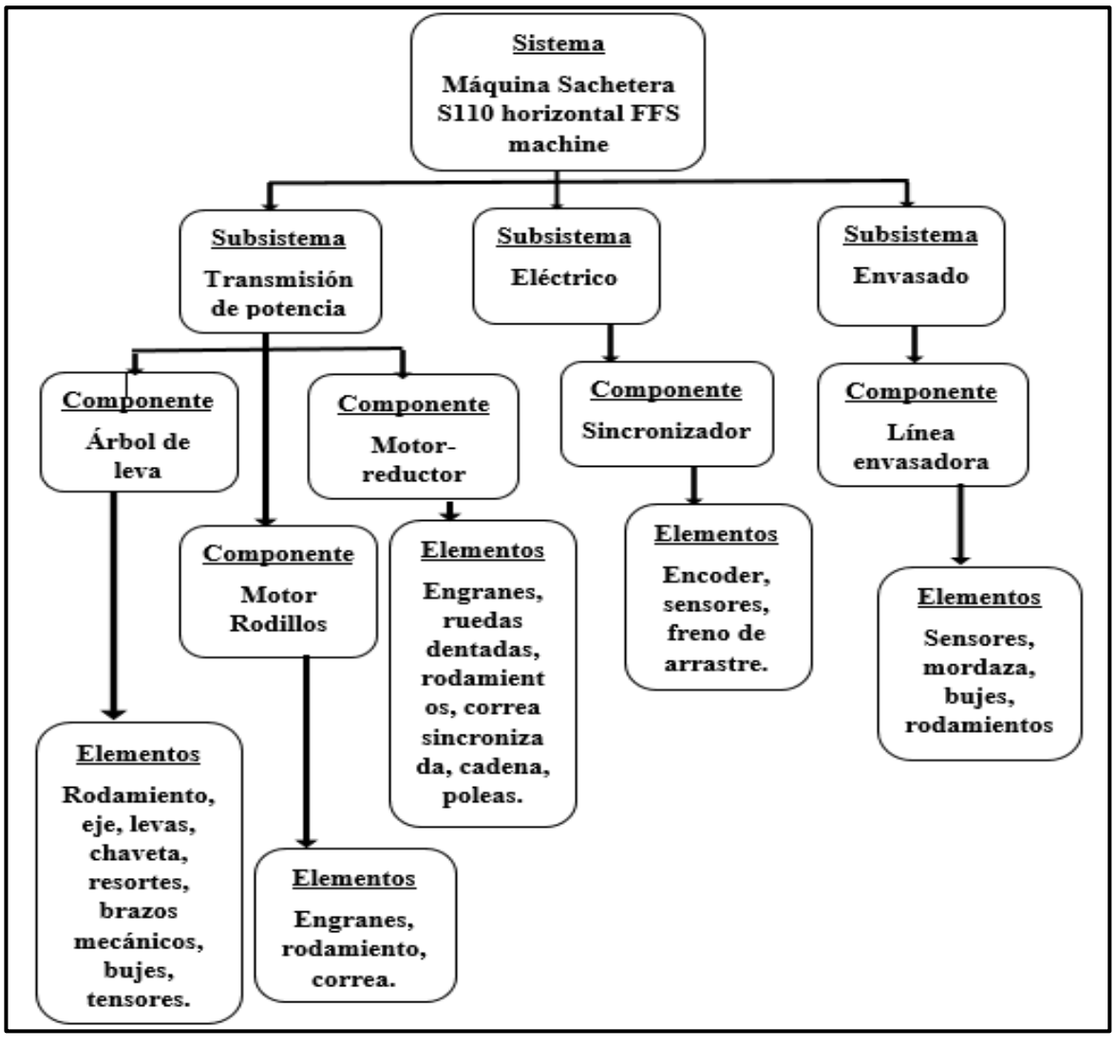


Figura 2-1. Diagrama de sistema, subsistemas, componentes y elementos de la máquina sachetera horizontal S-110.

Fuente: Elaboración propia en base a funcionamiento de la máquina sachetera horizontal S-110.

2.7. DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO O ISHIKAWA.

El Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto (conocido también como Diagrama de Espina de Pescado dada su estructura) consiste en una representación gráfica que permite visualizar las causas que explican un determinado problema, lo cual la convierte en una herramienta de la Gestión de la Calidad ampliamente utilizada dado que orienta la toma de decisiones al abordar las bases que determinan un desempeño deficiente.

A continuación, se presentarán algunos diagramas Ishikawa con el fin de analizar posibles causas de fallas puntuales ocurridos en el equipo.

2.7.1. Diagrama Ishikawa ruptura correa de transmisión.

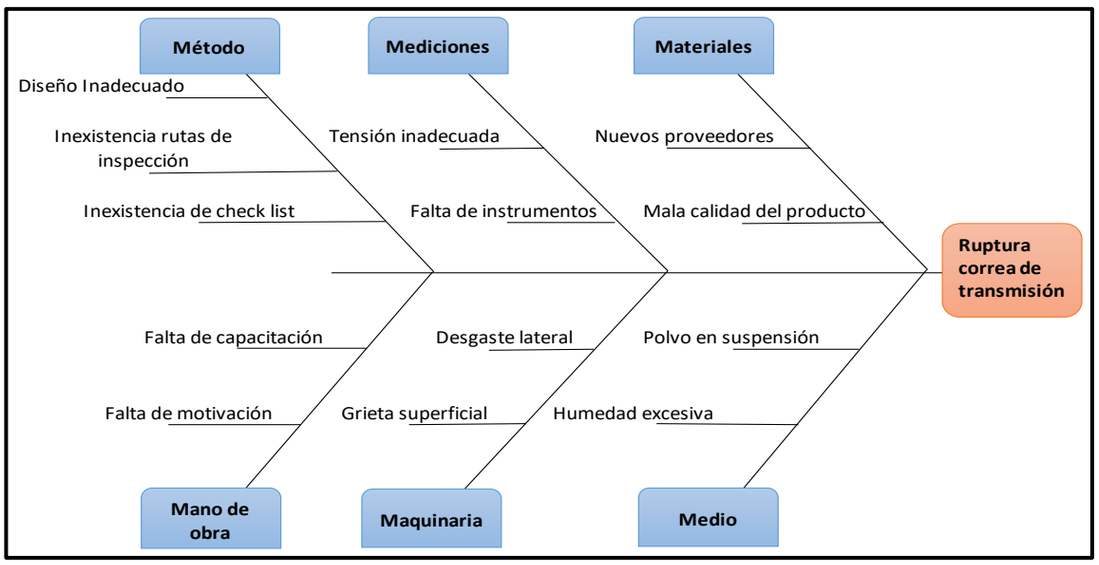


Figura 2-2. Diagrama de análisis Causa Raíz de ruptura correa de transmisión mediante método Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia en base a falla puntual presentado en la máquina sachetera horizontal S-110.

Análisis: Frente a las posibles causas de falla que se presentan en el diagrama, se puede observar que la falla que se asemeja a la causa raíz es la tensión deficiente que presentó la correa, esto debido a que no hay una ruta de inspección definida para comprobar la tensión de la correa cada cierto tiempo y la inexistencia de checklist que vaya verificando la realización de actividades en las que es importante que no olvidar ningún paso a paso de tareas que tienen un orden establecido, relacionadas con el montaje y desmontaje de la correa. Esto provocó que se originara un desgaste lateral anormal generando grietas en la correa logrando su ruptura, cabe señalar que en la ubicación donde se encuentra la correa con sus poleas no existe una rejilla protectora que impidiese el ingreso de partículas dañinas tales como polvo o aceite, por ende, el factor de agrietamiento aumentó considerablemente. Si bien, las correas sincronizadas en el mercado no son de un valor elevado, lamentablemente no se contaba con un stock de repuesto, lo que provocó que la máquina estuviese detenida provocando pérdidas en la producción, asociando también perdidas en las utilidades de la empresa.

2.7.2. Diagrama Ishikawa ruptura rodamiento de rodillo de papel film.

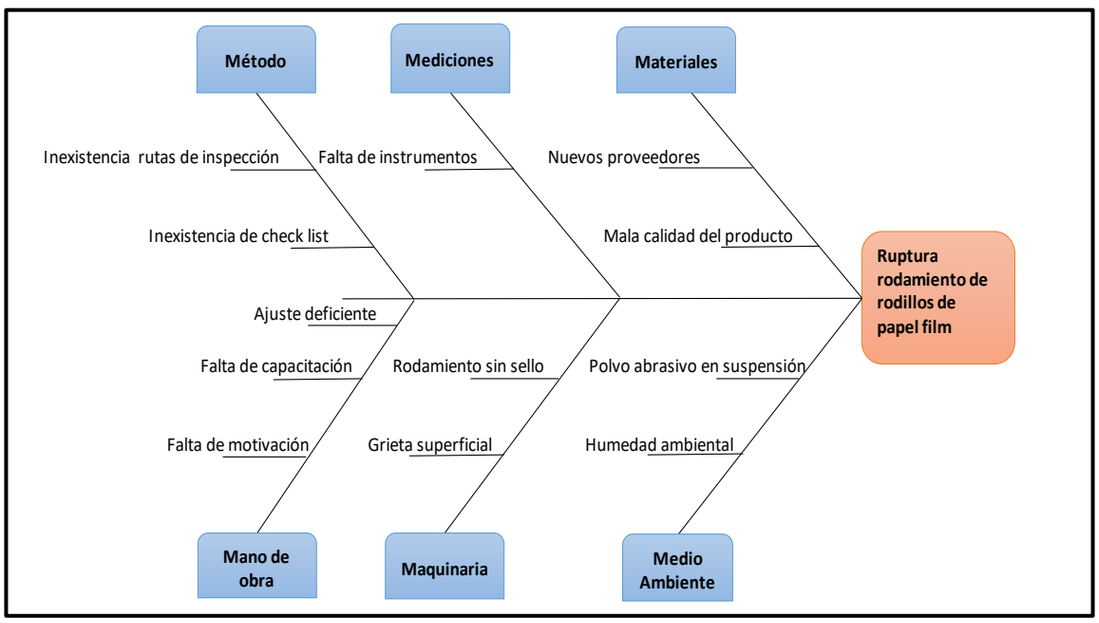


Figura 2-3. Diagrama análisis Causa Raíz de ruptura rodamiento de rodillos de papel film mediante método Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia en base a falla puntual presentado en la máquina sachetera horizontal S-110.

Análisis: La ruptura del rodamiento del rodillo se puede ver claramente que el rodamiento estaba contaminado, debido a que el medio ambiente en que trabajan dichos rodamientos es demasiado abrasivo, ya que existen partículas en suspensión como el colágeno en polvo, además el rodamiento no era sellado, el cual permitió la entrada de contaminantes que actuaron como verdaderas herramientas de corte dentro del rodamiento produciendo grietas y generando un desgaste prematuro reduciendo su vida útil. Cabe señalar que, existe una mala manipulación de estos rodamientos por parte de los mecánicos que, al momento de reemplazar un rodamiento por otro, lo hacían tocando los rodamientos con la yema de los dedos produciendo una contaminación. Se recomienda para este tipo de falla utilizar rodamientos sellados o más bien tener algún protector que aísle los rodamientos del medio externo y realizar rutas de inspección para verificar el estado de los rodamientos para prevenir prematuras fallas que afecten directamente en el funcionamiento de la máquina.

2.8. MANTENIMIENTO ACTUAL DE LA EMPRESA IPAK LTDA.

La empresa Ipak Ltda. lleva alrededor de 8 años de funcionamiento, durante sus comienzos fue una planta pequeña que producía solo algunos productos de suplementos alimenticios, por lo cual poseía poca maquinaria para la elaboración de aquellos. Al transcurrir el tiempo, se pudo apreciar la alta demanda de productos por parte de los consumidores, obligando así a la empresa a necesitar más maquinarias para la producción y de una bodega más grande para almacenar sus materias primas, además de la expansión de infraestructura de la planta. Todo esto ha llevado a que las maquinas presentes requieran una adecuada mantención para asegurar una disponibilidad y así poder continuar con las metas de producción que se fijan cada año. Sin embargo, la empresa Ipak Ltda. no tiene un plan de mantenimiento definido, ya que actualmente solo se consta de un mantenimiento correctivo deficiente con tiempos de respuesta extensos generando retrasos en la producción cuando se producen fallas en sus máquinas.

Para identificar y conocer algunas deficiencias que posee el plan de mantenimiento actual de la empresa Ipak Ltda. se ha decidido realizar un diagrama Ishikawa ayudando a identificar posibles causas de este.

2.9. PLAN DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO SEGÚN VENDORS.

2.9.1 Mantención.

a) La máquina debe mantenerse limpia todo el tiempo. El intervalo de limpieza periódica está relacionado con la propiedad del producto a envasar.
b) Limpie los troqueles de sellado con un cepillo de alambre todos los días para eliminar el polietileno acumulado.
c) Limpie todos los días las juntas rodantes para que sigan funcionando libremente.
d) Las tijeras deben limpiarse todos los días para eliminar la sustancia sucia. Si la maquina esta inactiva durante un periodo prolongado, las cuchillas de las tijeras deben engrasarse para evitar que se manchen.
e) Cuando las cuchillas de las tijeras están gastadas o tienen una abolladura, lo que puede causar un corte defectuoso del film, se recomienda afilar estas cuchillas (consulte la sección 4 de este capítulo para obtener información sobre la forma de afilar las cuchillas).
f) Es recomendable limpiar periódicamente los filtros del sistema de aire comprimido y el sistema de vacío. (PLASPAK, 2012).

2.9.2. Lubricación.

a) La mayoría de las juntas de los rodamientos rodantes de la maquina son del tipo sellado (lubricación permanente), no es necesario un engrase diario de dicho rodamiento.
b) Las articulaciones que necesitan lubricación se muestran en la figura 8-1.

c) El periodo de lubricación que se proporciona en este manual es una referencia para las condiciones normales de funcionamiento, ya que el requisito de lubricación real está relacionado con condiciones como humedad, polvo, atmosfera, corrosión, etc.
d) La superficie de la leva debe pulverizarse con aceite (spray) cada 72 horas.
e) Otros rodamientos y juntas que necesiten lubricación deben lubricarse cada mes.
f) El aceite en la caja de engranajes del reductor debe ser reemplazado cada año. (PLASPAK, 2012)

NOTA: Queda estrictamente prohibido engrasar la superficie del freno de la unidad de extracción de bolsas.

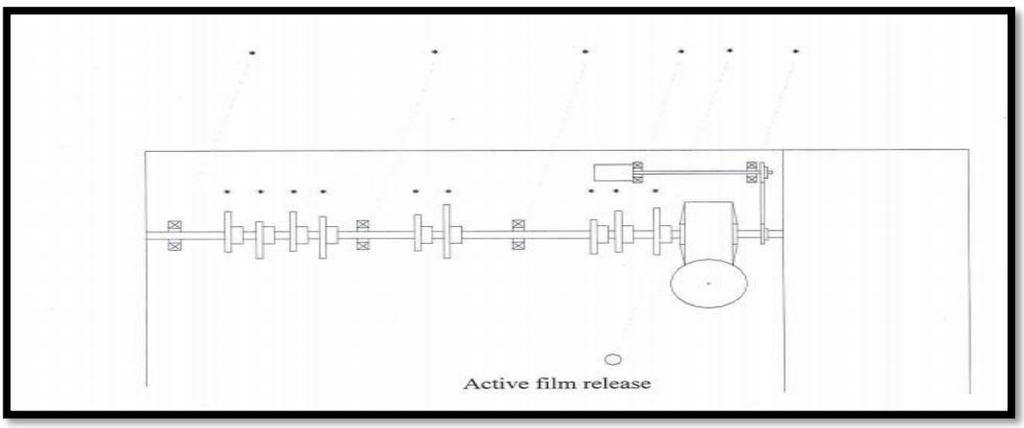


Figura 2-4. Componentes del equipo que requieren lubricación.

Fuente: Catálogo Plaspak Maquinarias Ltda.

2.9.3 Lubricantes recomendados por fabricante.

- Aceite Lubricante:

ESSO:	BUTOH-32
SHELL:	TELLUS OIL 37

Tabla 2-1. Aceites lubricantes recomendados por el fabricante.

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por catálogo Plaspak Maquinarias Ltda.

- Aceite para lubricación por pulverización (Spray):

ESSO:	MARCOL 352
SHELL:	ONDINA OIL 68

Tabla 2-2. Aceites lubricantes spray recomendados por el fabricante

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por catálogo Plaspak Maquinarias Ltda.

- Grasa de calidad alimentaria.

ESSO:	CARUM 330
SHELL:	ALVANIA GREASE-2

Tabla 2-3. Grasas lubricantes recomendados por el fabricante.

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por catálogo Plaspak Maquinarias Ltda.

2.9.4 Mantenimiento de la unidad de corte.

a) Las tijeras de la maquina están hechas de una aleación especial que contribuye en gran medida a la agudeza (filo) de las cuchillas. Para mantener el filo de las cuchillas es recomendable prestar atención a los siguientes puntos.

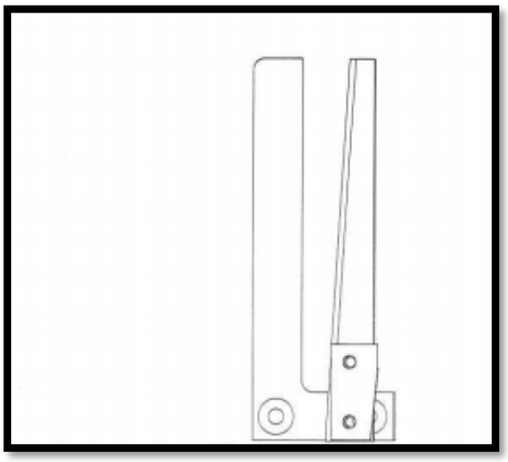


Figura 2-5. Cuchillas de la máquina sachetera horizontal S-110.

Fuente: Catálogo Plaspak Maquinarias Ltda.

b) La superficie de las cuchillas se mantendrá limpia todo el tiempo.
c) Aceite un poco las superficies de las tijeras con aceite a prueba de manchas todos los días después del trabajo.
d) Es recomendable evitar el funcionamiento de la maquina sin carga, ya que dicha operación puede acortar la vida útil de la unidad de corte.
e) No está permitido cambiar arbitrariamente el ángulo de corte. Cuando afile las cuchillas, mueva ligeramente las dos superficies enfrentadas con una muela fina lubricada con un poco de aceite (PLASPAK, 2012).

A continuación, se presentan algunas fallas generales de la máquina y las soluciones según fabricante (PLASPAK, 2012), consultar la siguiente tabla:

Fallas	Posible Causa	Solución
La máquina no puede empezar a trabajar.	• El botón de parada de emergencia está presionado	Suelte el botón de parada de emergencia
	• Alguna fuente de alimentación eléctrica no está encendida	Abra caja eléctrica y encienda todos los interruptores de la fuente de alimentación
La máquina no puede funcionar continuamente.	• Aparece un mensaje de error: Baja Temperatura. Detectado; Presión de aire insuficiente; Error de succión al vacío.	Comprueba los mensajes de error en la pantalla del PLC y elimine los fallos de funcionamiento
La máquina deja de funcionar automáticamente.	• La puerta de seguridad ha sido abierta.	Cierre las puertas de seguridad, verifique el estado de trabajo de los interruptores de las puertas si es necesario
	• No más film (rollo de papel).	Es necesario cargar un nuevo rollo de film
	• Error en el marcador de fotocélula.	Ajuste la posición de la fotocélula o la sensibilidad. Asegúrese de que los sobres se ejecuten normalmente.
	• El relé de protección de sobrecarga del motor comienza a funcionar.	Verifique los relés de calor y la protección de sobrecarga de los motores, asegúrese de que no haya otros factores que involucren.

	• Temperatura anormal.	Comprobar barras de calentamiento y termopilas (termopares).

Tabla 2-4 Fallas generales de la máquina y sus soluciones según fabricante.

Fuente: Elaboración propia en base a catálogo Plaspak Maquinarias Ltda.

2.10. PERFIL ACTUAL DE MANTENIMIENTO.

En la siguiente planilla se detalla el mantenimiento actual que se está ejerciendo en la planta Ipak Ltda. teniendo como respaldo o registro de la deficiencia del mantenimiento que se está efectuando hoy en día en la planta.

Perfil actual del mantenimiento				
		Insuficiente	Suficiente	Bueno
Información técnica	Codificación de equipos		x	
	Catálogos	x		
	Listado de maquinaria/componentes		x	
	Informe de inspección y chequeos	x		
Mantenimiento correctivo	Orden de trabajo	x		
	Programación de trabajo	x		
	Solicitudes de repuestos y materiales		x	
	Conocimiento de repuestos criticos	x		
Mantenimiento preventivo	Programación de detenciones para el mantenimiento	x		
	Hojas de rutas de inspección	x		
	Planes de mantenimiento	x		
Prodecimientos	Asignación de responsabilidades laborales		x	
	Canales de comunicación entre trabajador/jefatura		x	
	Asignación de tareas a realizar para operadores.			x
Antecedes técnicos	Historiales de mantenimiento correctivo		x	
	Historiales de consumos de repuestos	x		
Operadores	Calidad		x	
	Experticia		x	
	Disponibilidad			x
	Capacitación	x		
Mantenedores	Experiencia		x	
	Entrenamiento continuo	x		
	Capacitación	x		
Facilidades	Equipos de apoyo		x	
	Herramientas e instrumentos	x		
	Bodega			x
Adquisiciones	Reposición de repuestos criticos	x		

Tabla 2-5. Perfil actual de mantenimiento de la planta Ipak Ltda.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida por parte de los operadores de la planta Ipak Ltda. mediante encuesta.

La información técnica de las maquinarias son pocas, por el cual la empresa no ha estudiado sus equipos y tampoco ha realizado algún tipo de ficha técnica que le ayude a obtener un mayor conocimiento sobre la máquina para crear una ficha de las principales mantenciones que requiere dicho equipo. La existencia de catálogos de los equipos es prácticamente nula debido a que principalmente la mayoría de las máquinas que compran son de segunda mano, lo que provoca que gran parte de las veces sus dueños antiguos no

entreguen los catálogos o manuales. El actual mantenimiento que hay en la empresa no posee un orden ni una programación, solo la experiencia de los mantenedores que llevan años trabajando en la empresa tienen una noción de los repuestos que se necesitan para que la máquina siga operativa. La empresa compra equipos usados o que tengan falencias para que su precio sea menor y así aprovechar esta condición para abastecerse de repuestos en caso de que se presente alguna falla puntual y reducir el tiempo de reparación, pero si existe una falla funcional, es decir, que detenga el equipo por completo, la máquina puede estar varios días detenida debido a que no se conoce el origen de falla y el tiempo de análisis que pierden los mantenedores para solucionar el problema.

2.11. DIAGRAMA ISHIKAWA MANTENIMIENTO ACTUAL DE LA EMPRESA.

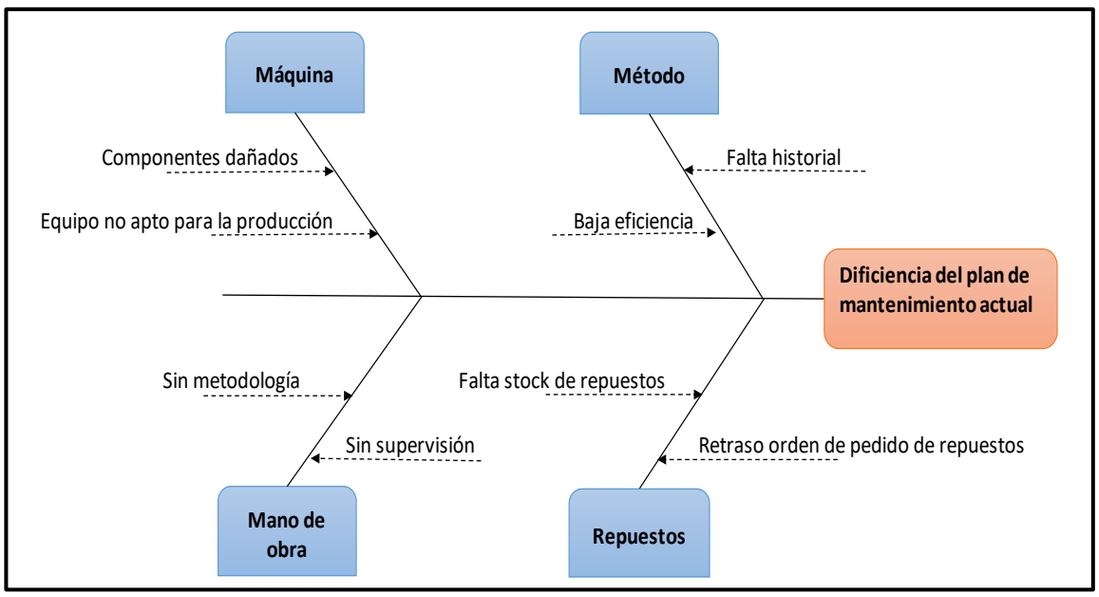


Figura 2-6. Diagrama de análisis Causa Raíz de la deficiencia del mantenimiento actual que presenta la planta Ipak Ltda mediante método Ishikawa

Fuente: Elaboración propia en base a la deficiencia del mantenimiento actual que presenta la planta Ipak Ltda.

Análisis: Se puede apreciar claramente la deficiencia actual del plan de mantenimiento presente dentro de la planta, todos estos puntos son cruciales dentro del déficit del plan de mantención, ya que al tener un retraso o falta de stock de repuestos influye directamente en las horas de pérdidas de producción de la máquina, ya que no puede ejercer su trabajo debido a que se encuentra detenida, por otro lado, en el ámbito de la mano de obra, no existe una supervisión minuciosa por parte del encargado tomando en cuenta que tampoco existe un conocimiento mecánico por parte de él, por ende, no hay metodologías para llevar a cabo una supervisión, además existe una baja eficiencia por parte del personal a cargo de la mantención debido a que no hay un jefe de mantenimiento que otorgue tareas preventivas o correctivas, sino que todo se genera bajo el mando de un jefe de producción que no tiene suficientes conocimientos del funcionamiento del equipo, y debido a esto tampoco existe un historial de fallas de la máquina con sus respectivas reparaciones que podría ayudar a reducir los tiempos de reparación de una falla puntual, por otra parte, en el ámbito de la máquina existen muchos componentes dañados que fueron mencionados anteriormente ,es decir, no están en las óptimas condiciones para ejercer sus funciones dentro del sistema.

En base al análisis del diagrama Ishikawa se puede concluir que:

1. Inexistencia de una pauta de control por parte del supervisor e historial de acciones de mantenimiento por parte de la empresa.
2. Falta de fichas técnicas de los equipos. Además de la inexistencia de un registro de falla o mantenciones de las máquinas.
3. El actual mantenimiento no se considera para ningún equipo presente en la planta, cabe señalar que hay equipos nuevos embalados que la empresa no incluye en el plan de mantenimiento, es decir, no hay un estudio previo del funcionamiento de los nuevos equipos que llegan a la empresa.
4. No existe un procedimiento que explique detalladamente el cómo efectuar una mantención, lo que podría ocasionar un problema como el olvido u omisión de pasos importantes, como, por ejemplo: desconectar la maquina al momento de la mantención.

5. Falta un historial de falla de cada máquina que podría ayudar a reducir los tiempos de reparación, teniendo en cuenta que ya se conocería el modo de falla y efecto de fallas para luego realizar la reparación.
6. Falta un Stock de repuestos para acortar los tiempos de reparación.
7. Falta limpieza y revisión de componentes en equipos, esto evita futuras fallas.

2.12. ANÁLISIS SIPOC.

SIPOC es una herramienta en formato tabular para caracterizar un proceso (o grupo de procesos), a partir de la identificación de elementos claves en los dominios de: Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes. La herramienta toma su nombre del acrónimo de la cadena de caracterización en inglés: Suppliers - Inputs - Process - Output – Customers.

SIPOC es útil para presentar una descripción general del proceso a personas que no están familiarizados con el mismo. Además, sirve como "guía de referencia rápida" para personas que, aunque conozcan el proceso, requieran aclarar un aspecto clave, soportar las tareas de definición de nuevos procesos y actuar como entrada a la mejora del proceso.

Se utilizará un método de análisis SIPOC con el fin de presentar una descripción general del proceso del equipo a los especialistas o jefaturas de la empresa IPAK LTDA que no están familiarizadas con la máquina, donde este análisis servirá como guía de referencia para que los operadores y/o mecánicos especialistas requieran aclarar un factor clave tal como el proceso del equipo y su correspondientes modos y efectos de fallas respaldado en una tabla FMEA logrando crear tareas de mantenimiento.

FMEA: Análisis de modos y efectos de fallas, es un procedimiento de análisis de fallas potenciales de un sistema clasificados por la gravedad o efectos de fallas en el sistema.

SIPOC

- Proveedor (Supplier): Bodega planta Ipak Ltda.
- Entrada (Input): Polvo colágeno hidrolizado y papel Film.
- Proceso (Process): Mantener constante la dosificación de colágeno en polvo, además de la formación de bolsa de sachet para su termo embalaje.
- Salida (Output): Sachet sellado con el polvo de colágeno en su interior.
- Cliente (Customer): Máquina codificadora.

Función: Mantener constante la dosificación de colágeno en polvo, además de la formación de bolsa de sachet para su termo embalaje, los que posteriormente serán introducidos dentro de una caja para su posterior codificado.

Equipo	Criticidad del proceso (Según empresa)	Funciones primarias y secundarias	Falla Funcional	Modo de Falla		Efectos de Falla
Máquina Empacadora horizontal S110	10	Mantener constante la dosificación de colágeno en polvo, además de la formacion de bolsa de sachet para su termoembalaje. Velocidad de producción de sachet: 60 sachet/minuto	Detención Imprevista	1	Rotura correa sincronizadora	Grieta superficial
						Endurecimiento de correa
						Desgaste lateral
				2	Rotura chaveta eje	Deformacion canal chavetero
						Desgaste superficial de chaveta/acomplamiento reductor
						Corrosión de material
				3	Trabamiento motor	Perdida de aislacion de motor
						Rodamiento: Temperatura en descansos
						Rodamiento: Ruido en descansos
						Rodamiento: Vibración en descansos
						Motor en cortocircuito
				4	Trabamiento reductor	Rodamiento: Temperatura en descansos
						Rodamiento: Ruido en descansos
						Rodamiento: Vibración en descansos
						Engranes: Desgaste de dientes
						Engranes: Grieta de dientes
						Engranes: Particulas metálicas en aceite del reductor
						Grietas en ejes
				5	Trabamiento Arbol de leva	Rodamiento: Temperatura en descansos
						Rodamiento: Ruido en descansos
						Rodamiento: Vibración en descansos
						Grieta superficial de eje
						Flexión del eje
				6	Rotura Cadena	Grieta superficial
						Lubricacion deficiente
						Tensión Deficiente
						Corrosión de material

Tabla 2-6. Modos y efectos de fallas FMEA de la máquina sachetera horizontal S-110.

Fuente: Elaboración propia en base al proceso que realiza la máquina sachetera horizontal S-110.

2.12.1 Plan de actividades.

Una vez realizado el análisis de modo y efecto de fallo FMEA se realizará el listado de actividades de mantenimiento sugeridas para el equipo crítico, para definir estas tareas se considerarán los modos de fallos de los distintos componentes que se encuentran en la tabla FMEA presentada que se realizó a través del análisis SIPOC.

Para definir la frecuencia de actividades se considerará diversos aspectos que tienen relación con la prevención de fallas, dichos criterios son los siguientes:

- Análisis causa raíces presentadas mediante diagramas Ishikawa.
- Recomendaciones del fabricante.
- Condiciones de operación.
- Diagrama sistema, subsistemas, componentes y elementos presentados.

Con este plan de mantenimiento se busca no tener que realizar cambios de componentes prematuros (en al menos 1 año), aumentar la producción y disponibilidad de la máquina.

A continuación, se presentan las tablas con las propuestas de tareas o actividades de mantenimiento con su respectiva frecuencia de realización, el personal responsable que ejecutará dicha tarea y recomendaciones.

Equipo	Máquina sachetera horizontal S110					Recomendaciones
Subsistema	Componente	Elemento	Actividad	Frecuencia	Responsable	
Transmisión de potencia	Arbol de leva	Rodamiento	Medir temperatura	Mensual	Mantenedor mecánico	Medir temperatura lo mas cerca del rodamiento.
			Medir vibraciones	Trimestral	Mantenedor mecánico	Medir vibraciones en los descansos.
			Inspección auditiva(ruido)	Diario	Operador/Mantenedor mecánico	Si se escucha un ruido anómalo, informar al mantenedor a cargo.
		Eje	Limpieza	Diario	Operador/Mantenedor mecánico	Limpiar el eje con un paño seco y limpio.
			Verificar desgaste	Trimestral	Mantenedor mecánico	Inspección a lo largo de todo el eje si es que se visualizan desgastes.
			Verificar rayaduras	Trimestral	Mantenedor mecánico	Por medio de particulas mágneticas verificar si existen rayaduras en el eje.
		Chaveta	Verificar desgaste	Trimestral	Mantenedor mecánico	Inspeccionar visualmente si la chaveta presenta algún tipo de deformación.
			Verificar ajuste con chavetero	Trimestral	Mantenedor mecánico	Verificar presencia de holgura entre chaveta y canal chavetero.
			Verificar desgaste de canal chavetero	Trimestral	Mantenedor mecánico	Verificar si el canal chavetero presenta deformaciones y/o desgaste en la suerficie de contacto.
		Resorte	Verificar tensión	Mensual	Mantenedor mecánico	A través de un tensiometro verificar la correcta tensión.
			Verificar corrosión	Diario	Operador/Mantenedor mecánico	Por medio de una escobilla de cobre remover corrosión si es que esta presente, una vez limpio engrasar.
			Verificar ajuste de sujeción.	Trimestral	Mantenedor mecánico	Verificar que los ganchos de sujeción del resorte no esten agrietados ni con deformaciones.
		Brazos mecánicos	Inspección visual	Diario	Operador/Mantenedor mecánico	A través de la inspección visual verificar si los brazos presentan grietas superficiales y deformaciones. Para un control más profundo se recomienda realiza ensayo tintas penetrantes una vez al año.
			Engrasar	Mensual	Mantenedor mecánico	Engrasar los brazos mecánicos para evitar corrosión.
			Verificar ajuste de apriete con pernos	Semanal	Mantenedor mecánico	Se recomienda para este procedimiento utilizar una llave de torque, conociendo el grado del perno para un correcto apriete.

Tabla 2-7. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos del árbol de levas.

Fuente: Elaboración propia en base a tareas de mantenimiento a los elementos del árbol de levas del subsistema de transmisión de potencia de la máquina sachetera horizontal S-110.

Equipo	Máquina sachetera horizontal S110					Recomendaciones
Subsistema	Componente	Elemento	Actividad	Frecuencia	Responsable	
Transmisión de potencia	Arbol de leva	Bujes	Inspección de desgaste	Trimestral	Mantenedor mecánico	Verificar si los bujes presentan desgaste excesivos, de ser asi reemplazarlos.
			Engrasar	Trimestral	Mantenedor mecánico	Mantener siempre engrasados los bujes.
			Verificar ajuste de holgura.	Semestral	Mantenedor mecánico	Si los bujes presentan demasiada holgura es posible que exista un desgaste excesivo.
		Leva	Inspección de desgaste	Semestral	Mantenedor mecánico	Se recomienda verificar que la superficie de contacto de las levas con los rodamientos este correctamente alineada.
			Engrasar	Trimestral	Mantenedor mecánico	Engrasar la superficie de contacto de la leva con el rodamiento.
			Limpieza	Diario	Operador/Mantenedor mecánico	Eliminar párticulas contaminantes de las levas, con un paño limpio y seco, luego volver a engrasar.
		Pernos	Verificar torque/apriete	Semestral	Mantenedor mecánico	Utilizar llave de torque para un correcto apriete de los pernos.
			Verificar corrosión	Mensual	Mantenedor mecánico	Si el perno está con corrosion, cambiar el perno teniendo en consideracion que sea de la misma calidad, material y grado.
			Inspección de desgaste de la cabeza	Mensual	Mantenedor mecánico	Si el perno presenta desgaste en su cabeza, se recomienda reemplazarlo, antes de que pierda su forma hexagonal.

Equipo	Máquina sachetera horizontal S110					Recomendaciones
Subsistema	Componente	Elemento	Actividad	Frecuencia	Responsable	
Transmisión de potencia	Motor eléctrico	Bobinado	Medir aislación	Anual	Electricista	Con la ayuda de un instrumento meyer, medir la aislacion de fase a masa para verificar si existen espigas en corte.
			Limpieza	Semanal	Electricista	Con la ayuda de una brocha limpiar bobinado para eliminar particulas contaminantes.
		Rodamiento	Medir temperatura	Trimestral	Mantenedor mecánico	Medir temperatura lo más cerca del rodamiento.
			Medir vibraciones	Trimestral	Mantenedor mecánico	Medir vibraciones lo mas cerca del eje, para obtener una informacion fidedigna del estado del rodamiento.
			Inspección auditiva(ruido)	Diario	Operador/Mantenedor mecánico	Al escuchar algun ruido anómalo, informar al mantenedor a cargo.
		Caja de conexiones	Inspección y reaprete	Semestral	Electricista	Verificar que no existan cables sueltos ni con su aislación defectuosa, apretar tornillos correctamente.
		Acoplamiento correa	Inspección alineamiento	Trimestral	Mantenedor mecánico	Por medio de una regla verificar alineacion con el acomplamiento del reductor.
			Inspección de desgaste	Trimestral	Mantenedor mecánico	Verificar si los dientes del acoplamientos no presentan desgaste para una correcta sincronización con la correa.

Tabla 2-8. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos del motor eléctrico.

Fuente: Elaboración propia en base a tareas de mantenimiento a los elementos del motor eléctrico del subsistema de transmisión de potencia de la máquina sachetera horizontal S-110.

Transmisión de potencia	Reductor	Rodamiento	Medir temperatura	Trimestral	Mantenedor mecánico	Medir temperatura lo mas cerca del rodamiento.
			Medir vibraciones	Trimestral	Mantenedor mecánico	Medir vibraciones en los descansos.
			Inspección auditiva(ruido)	Diario	Mantenedor mecánico	Si se escucha un ruido anomalo, informar al mantenedor a cargo.
		Engranes	Medir temperatura	Quincenal	Mantenedor mecánico	Medir temperatura lo más cerca de los engranes.
			Medir vibraciones	Quincenal	Mantenedor mecánico	Se recomienda medir vibraciones lo más cerca de los engranes.
			Inspeccionar desgaste de dientes	Semestral	Mantenedor mecánico	Al descarmar el reductor , se recomienda inspeccionar si existe desgaste en los dientes o si existe desgaste de tipo cavitación.
			Inspección auditiva(ruido)	Diario	Operador/Mantenedor mecánico	Al sentir algun ruido extraño al funcionamiento normal del reductor, informar al mantenedor a cargo.
			Verificar sincronización con otros engranes	Semestral	Mantenedor mecánico	Verificar que los engranes esten bien encajados y sincronizados.
		Aceite hidráulico	Medir nivel de aceite	Mensual	Mantenedor mecánico	Verificar nivel de aceite y viscocidad.
			Cambio de aceite	Semestral	Mantenedor mecánico	Al realizar el cambio de aceite, tener en consideración que sea el lubricante recomendado por el fabicante.
		Piñon del eje	Inspeccionar desgaste de dientes	Trimestral	Mantenedor mecánico	Verificar si existen desgaste de los dientes del piñon.
			Inspección auditiva(ruido)	Diario	Operador/Mantenedor mecánico	Si se escucha un ruido anómalo, informar al mantenedor a cargo.
			Inspeccionar alineamiento	Mensual	Mantenedor mecánico	Verificar alineamiento con respecto al piñon del eje donde está el encoder.
			Medir temperatura	Mensual	Mantenedor mecánico	Medir la temperatura directamente en el piñon.
		Empaquetaduras	Inspeccionar desgaste	Mensual	Mantenedor mecánico	Verificar si existen filtraciones de aceite a través de la empaquetadura, y a través del sello mecánico.
			Reaprete de pernos	Mensual	Mantenedor mecánico	Reapretar los pernos de forma cruzada con una llave de torque.
			Cambiar empaquetaduras	Semestral	Mantenedor mecánico	Tener en consideración al cambiar las empaquetaduras que están cubran toda la zona superficial para que no existan filtraciones.

Tabla 2-9. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos del reductor.

Fuente: Elaboración propia en base a tareas de mantenimiento a los elementos del reductor del subsistema de transmisión de potencia de la máquina sachetera horizontal S-110.

Equipo	Máquina sachetera horizontal S110					Recomendaciones
Subsistema	Componente	Elemento	Actividad	Frecuencia	Responsable	
Transmisión de potencia	Motor reductor	Cadena	Verificar tensión	Mensual	Mantenedor mecánico	Con un tensiómetro verificar que la cadena tenga la tension adecuada.
			Aceitar	Semanal	Mantenedor mecánico	Aceitar de manera que no quede ningún eslabón sin lubricación.
			Inspeccionar desgaste de eslabones y/o articulaciones	Mensual	Mantenedor mecánico	Verificar que no existan eslabones desgastados o con grietas.
			Inspección auditiva(ruido)	Diario	Mantenedor mecánico	Si se escucha un ruido anómalo, informar al mantenedor a cargo.
		Correa sincronizadora	Verificar alineamiento	Mensual	Mantenedor mecánico	Verificar que la correa este correctamente sincronizada con los acomplamientos tanto del reductor como del motor eléctrico.
			Inspección de desgaste lateral/superficial	Mensual	Mantenedor mecánico	Verificar si existe desgaste por dentro de la correa, si la correa presenta resequedad, se recomienda humectar con dressen belt. Nunca lubricar la correa con aceite.
			Verificar tensión	Mensual	Mantenedor mecánico	Verificar si existe una adecuada tension, a traves de un tensiómetro.
			Cambiar correa	Anual	Mantenedor mecánico	Si la correa cumplió sus horas de uso según el fabricante, se debe cambiar, ojalá antes de que cumpla la totalidad de sus horas de tope.
		Polea	Verificar alineamiento	Mensual	Mantenedor mecánico	Verificar que este correctamente alineada.
			Inspeccionar desgaste superficial	Mensual	Mantenedor mecánico	Inspeccionar si presenta algun desgaste, si lo presenta se recomienda cambiarla.
			Cambiar polea	Anual	Mantenedor mecánico	Una vez al año se recomienda reemplazar la polea de manera preventiva.

Tabla 2-10. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos del motor-reductor.

Fuente: Elaboración propia en base a tareas de mantenimiento a los elementos del motor-reductor del subsistema de transmisión de potencia de la máquina sachetera horizontal S-110.

Equipo	Máquina sachetera horizontal S110					Recomendaciones
Subsistema	Componente	Elemento	Actividad	Frecuencia	Responsable	
Eléctrico	Sincronizador	Encoder	Limpieza	Diario	Operador/Electricis	Se recomienda limpiar y sacar excesos de contaminantes.
		Sensores	Limpieza	Diario	Operador/Electricis	Se recomienda limpiar la fibra óptica del sensor y limpiar excesos de contaminantes.
			Verificar funcionamiento	Mensual	Electricista	Verificar por medio de pruebas de calibración el correcto funcionamiento del sensor.
		Freno de arraste	Limpieza	Semanal	Operador/Electricis	Limpiar el freno de particulas contaminantes.
			Verificar funcionamiento	Trimestral	Electricista	Verificar que realice correctamente la opcion de frenado al momento de arrastrar el papel.

Tabla 2-11. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos del sincronizador.

Fuente: Elaboración propia en base a tareas de mantenimiento a los elementos del sincronizador del subsistema eléctrico de la máquina sachetera horizontal S-110.

Equipo	Máquina sachetera horizontal S110					Recomendaciones
Subsistema	Componente	Elemento	Actividad	Frecuencia	Responsable	
Envasado	Línea envasadora	Sensores	Limpieza	Diario	Operador/Electricis	Se recomienda limpiar la fibra optica del sensor y limpiar excesos de contaminantes.
			Verificar funcionamiento	Mensual	Electricista	Verificar por medio de pruebas de calibracion el correcto funcionamiento del sensor.
		Mordaza	Inspeccionar desgaste	Semestral	Mantenedor mecánico	Verificar que las mordazas no presentes desgastes excesivos en el aprete.
			Limpieza	Semanal	Mantenedor mecánico	Eliminar particulas por medio de un cepillo con dientes de cobre, se recomienda hacer eso al final de las jornadas de trabajo para que contaminante entre en la linea de proceso.
			Cambiar teflon mordazas	Mensual	Mantenedor mecánico	Se recomienda cambiar el teflon una vez que este haya perdido su funcion o este desgastado.
		Rodamiento	Medir temperatura	Mensual	Mantenedor mecánico	Medir temperatura lo mas cerca del rodamiento.
			Medir vibraciones	Trimestral	Mantenedor mecánico	Medir vibraciones en los descansos.
			Inspección auditiva(ruido)	Semanal	Mantenedor mecánico	Si se escucha un ruido anomalo, informar al mantenedor a cargo.
		Cuchillas	Verificar filo	Mensual	Mantenedor mecánico	Verificar que el corte de la cuchilla sea limpio y sin partes arrugadas en el papel.
			Inspeccionar desgaste	Mensual	Mantenedor mecánico	Verificar por medio de corte del papel si presenta desgaste, si la máquina no se utilizará por un tiempo determinado se recomienda dejar las cuchillas engrasadas para evitar corrosión.
			Afilar cuchillas	Mensual	Mantenedor mecánico	Se recomienda mandar la cuchillas a afilar a una maestranza, teniendo siempre unas de respuesto en el caso de desgaste.
		Bujes	Inspección de desgaste	Trimestral	Mantenedor mecánico	Verificar si los bujes presentan desgaste excesivos, de ser asi reemplazarlos.
			Engrasar	Trimestral	Mantenedor mecánico	Para este tipo de bujes se recomienda utilizar grasa alimentaria indicada por el fabricante.
			Verificar ajuste de holgura.	Semestral	Mantenedor mecánico	Si los bujes presentan demasiada holgura es posible que exista un desgaste excesivo.

Tabla 2-12. Plan de actividades de mantenimiento a los elementos de la línea de envasado.

Fuente: Elaboración propia en base a tareas de mantenimiento a los elementos de la línea envasadora del subsistema de envasado de la máquina sachetera horizontal S-110.

2.14 CONTROL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

Un control de plan de mantenimiento se crea para que la mantención sea realmente efectiva en el tiempo, además de vigente y actualizado, por lo tanto, se implementará una hoja de vida para los equipos, donde se llevará un seguimiento a las tareas de mantenimiento por medio de planillas de registro incluyendo su valoración de desempeño del mantenimiento empleado.

iPAK ALIMENTOS SALUDABLES		Hoja de vida del equipo				
Nombre del equipo:				Ubicación:		
Fecha:		N° Orden trabajo	Descripción	Tipo de mantenimiento		Responsable
Inicio	Término			Preventivo	Correctivo	

Tabla 2-13. Planilla de control de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia en base al mantenimiento a efectuar a la máquina sachetera horizontal S-110.

iPAK ALIMENTOS SALUDABLES	Registro de mantenimiento correctivo	
Fecha inicio:	**Realizado por:**	**Horas/Hombre:**
Fecha término:	**Nombre del equipo:**	
Origen de la falla:	***Mecánica / Eléctrica / Operacional***	
Descripción y diagnóstico	**Repuestos e insumos utilizados**	
Actividades realizadas		

Tabla 2-14. Registro de mantenimiento correctivo.

Fuente: Elaboración propia en base al mantenimiento correctivo a efectuar a la máquina sachetera horizontal S-110.

iPAK ALIMENTOS SALUDABLES	Registro de mantenimiento preventivo	
Fecha inicio:	**Realizado por:**	**Horas/Hombre:**
Fecha término:		
N° orden de trabajo:	**Nombre del equipo:**	
¿Se encontraron anomalías?		
No ☐ **Si** ☐	**(Especifique)**	
EVALUACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO		
☐	Deficiente: El estado del equipo es deterioro en su funcionamiento, por ende, es necesario intervenir inmediatamente, debe evaluarse reducir las tareas o actividades de mantenimiento	
☐	Funcional: El estado del equipo es adecuado para realizar sus funciones, desgaste esperado y frecuencia de mantemiento correcto	
☐	Optimo: El estado del equipo es muy similar al que tenía una vez finalizado el mantenimiento preventivo anterior, evaluar aumento de frecuencia del mantenimiento	
¿Se necesita realizar cambios en las tareas del plan de mantenimiento?		
No ☐ **Si** ☐	**(Especifique)**	

Tabla 2-15. Registro de mantenimiento preventivo.

Fuente: Elaboración propia en base al mantenimiento preventivo a efectuar a la máquina sachetera horizontal S-110.

2.15 STOCK DE REPUESTOS.

La existencia de un stock de repuestos resulta esencial para disminuir los tiempos de reparaciones. Cabe señalar, que este stock debe encontrarse siempre actualizado para asegurar una disponibilidad de los equipos, por el contrario, se tendrá tiempos excesivos

de fuera de servicio de la máquina, por lo tanto, es necesario realizar una lista de los repuestos necesarios en bodega y realizar solicitudes de compra a los proveedores cuando se estime que exista un bajo número de stock de repuestos.

Piezas estándar de fábrica			
Item	Nombre	Nomenclatura	Imagen
1	Cojinete de bolas	UC 205	
2	Corra sincronizadora	GT2300	
3	Arandela de manguito de rodillo	S13-03A-10	
4	Pieza de operación	AZ15/16-B3	
5	Interruptor de seguridad	AZ15ZVK	
6	Tuerca del cojinete de apoyo	S13-03A-14	

Piezas estándar de fábrica			
Item	Nombre	Nomenclatura	Imagen
7	Bloqueo de pulso	S18-03-26	
8	Anillo de retención	S18-03-31	
9	Manguito de goma a prueba de polvo	S18-04-30	
10	Juntas colgantes	S18-05-03	
11	Junta de camisa	S18-05-05	
12	Soporte de cursor	S18-05-06	
13	Controlador de relieve	S18-05-08	
14	Rodamiento	CF16	

Piezas estándar de fábrica			
Item	Nombre	Nomenclatura	Imagen
15	Rodamiento	80100 GB278-82	
16	Cadena	GB 1243.1-83	
17	Rodamiento	GB 278-82	
18	Clave plana	GB 1096-79	
19	Rueda pequeña de mano	GB 4141-20	
20	Cojinete en conjunto	SLI6T/K	
21	Cojinete en conjunto	S18T/K	
22	Cojinete en conjunto	S16T/K	
23	Cojinete en conjunto	SLI8T/K	
24	Manguito de eje	ZC0806-6	
25	Resorte de extension	LH 162-100	

Piezas estándar de fábrica			
Item	Nombre	Nomenclatura	Imagen
26	Resorte conjunto	LH 162-100	
27	Resorte conjunto	LH 183-157	
28	Resorte conjunto	LH 182.5-175	
29	Resorte conjunto	LH 182.5-150	
30	Resorte conjunto	LH 162-155	
31	Ajuste sin fín	LG6-68	
32	Ajuste sin fín	LG6-112	
33	Ajuste sin fín	LG6-185	
34	Ajuste sin fín	LG6-120	
35	Ajuste sin fín	LG8- 145	
36	Ajuste sin fín	LG6-215	

Piezas estándar de fabrica			
Item	Nombre	Nomenclatura	Imagen
37	Ajuste sin fín	LG6-120	
38	Codigo de impresión		
39	Asiento del rodamiento	PFL 205	
40	Buje	ZC2320-30	
41	Buje	ZC2320-20	
42	Buje	ZC1008-12	
43	Buje	ZC1210-20	
44	Buje	ZC1412-15	
45	Buje	ZC1412-20	
46	Buje	ZC1412-25	
47	Buje	ZC1816-15	

Piezas estándar de fabrica			
Item	Nombre	Nomenclatura	Imagen
48	Buje	ZC1816-20	
49	Buje	ZC1816-10	
50	Eje	ZH10-66	
51	Eje	ZH10-134	
52	Eje	ZH16-103	

Piezas estándar de fábrica			
Item	Nombre	Nomenclatura	Imagen
53	Eje	ZH16-112	
54	Eje	ZH16-220	
55	Eje	ZH16-56	
56	Eje	ZH16-66	
57	Eje	ZH16-67	
58	Eje	ZH16-90	
59	Eje	ZH16-92	
60	Contacto de metal n° 8		

Tabla 2-16. Piezas estándar de fábrica.

Fuente: Elaboración propia en base a piezas estándar del equipo mediante información obtenida en catálogo Plaspak Maquinarias Ltda.

Partes eléctricas			
Item	Nombre	Nomenclatura	Imagen
1	Terminal de masa	USLKG3	
2	Cable de conección al terminal	UK3N	
3	Controlador de temperatura	NG-6411V-2F	
4	Ventilación de refrigeración	AA8252MS-AT	
5	Interruptor de electricidad	S-100-24	
6	PLC	FX1S-30MT	
7	Interruptor de proximidad	PR12-4DN	
8	Fotocélula	BF4R-R	
9	Fibra óptica	FD--620-10	
10	FVD	FR-D720S-0.4K-CHT	

Partes eléctricas			
Item	Nombre	Nomenclatura	Imagen
11	Indicador de poder	EV165	
12	Interruptor con luz verde	XB2-EW3361	
13	Boton de parada de emergencia	XB2-EX542	
14	Llave de contacto	B041	
15	Conmutador rotatorio	XB2-ED21	
16	Pedestal de seguros		
17	Relé intermedio	MY2NJ-24VDC	
18	Terminal de prensado en frío	0.75	
19	Terminal de prensado en frío	1.5	
20	Terminal de fijación	1.5-3.2	

Partes electricas			
Item	Nombre	Nomenclatura	Imagen
21	Terminal de fijación	1.25-4.2	
22	Patinaje de índice	EB5	
23	Disyuntor miniaruta	C65N-1P/10A	
24	Relé de estado sólido	GJ25-W	
25	Relé de estado sólido	G3TA-0DX02S	

Tabla 2-17. Piezas eléctricas del equipo.

Fuente: Elaboración propia en base a piezas eléctricas del equipo mediante información obtenida en catálogo Plaskpak Maquinarias Ltda.

Para llevar a cabo las tareas de mantenimiento, es necesario tener en cuenta los procedimientos de las diferentes actividades a realizar, debido a que servirá de apoyo y respaldo al momento de ejecutar una reparación o inspección pretendiendo disminuir los tiempos de reparación del equipo.

2.16. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENCIÓN		
Equipo: Máquina sachetera horizontal	Modelo: S110	***Subsistema: Transmisión de potencia***
Tarea a efectuar: Verificar estado de eje	Insumos y Herramientas	Aplicación
	Paño limpio	Eliminar particulas contaminantes
	Lupa	Inspeccionar rayaduras o desperfectos
	Linterna	En caso de poca visibilidad
Responsable de la tarea:		**Cargo: Mantenedor Mecánico**

Pasos para realizar tarea	
Item	
1	Apagar el equipo
2	Abrir puerta trasera de la máquina
3	Limpiar el eje con un paño seco y limpio para eliminar particulas contaminantes.
4	A través de una inspección visual revisar si existen rayaduras o grietas superciales a lo largo del eje, si existen desgastes es necesario cambiar el eje o mandarlo a rectificar.
5	Cerrar la puerta trasera de la máquina.
6	Puesta en marcha del equipo.
7	Realizar informe de registro.

IMAGEN DE APOYO

Tabla 2-18. Procedimiento de verificación del estado del eje.

Fuente: Elaboración propia en base a procedimiento de mantenimiento a tarea de verificación del estado del eje.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENCIÓN		
Equipo: Máquina sachetera horizontal	Modelo: S110	***Subsistema: Envasado***
Tarea a efectuar: Limpiar mordazas	Insumos y Herramientas	Aplicación
	Teflón	Cubrir las mordazas
	Escobilla de bronce	Limpieza de mordazas
	Pinzas	Extracción de teflón
Responsable de la tarea:		**Cargo: Mantenedor Mecánico**

Pasos para realizar tarea	
Item	
1	Apagar equipo
2	Extraer capa de teflón con unas pinzas
3	Limpiar plástico film que se encuentren en las mordazas
4	Verificar que las mordazas se encuentren limpias
5	Colocar una capa de teflón nueva
6	Encender equipo
7	Verificar correcto funcionamiento de las mordazas
8	Realizar informe de registro del mantenimiento

IMAGEN DE APOYO

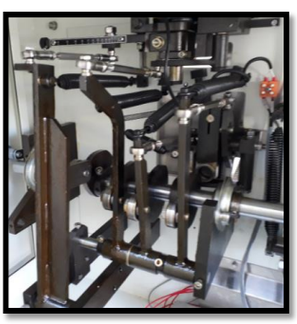
Tabla 2-19. Procedimiento de limpieza de mordazas.

Fuente: Elaboración propia en base a procedimiento de mantenimiento a limpieza de mordazas.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENCIÓN		
Equipo: Máquina sachetera horizontal	Modelo: S110	***Subsistema: Transmisión de potencia***
Tarea a efectuar: Inspección de los elementos que contiene el eje tales como: resortes, brazos mecánicos, levas y tensores.	Insumos y Herramientas	Aplicación
	Llave punta corona 14 (mm)	Pernos tensores
	ESSO CARUM 330 / SHELL ALVANIA GREASE 2	Engrasar elementos
Responsable de la tarea:		**Cargo: Mantenedor Mecánico**

Pasos para realizar tarea	
Item	
1	Apagar el equipo
2	Abrir puerta trasera de la máquina
3	Extraer resortes de manera manual verificando que no exista en su sistema de sujeción roturas o deformaciones y corrosión superficial, si se encuentran dañados, hay que cambiarlos.
4	Soltar pernos en ambos extremos de los tensores y verificar que sus bujes se encuentren en buen estado y que los hilos no se encuentren dañados, si se encuentran dañados, hay que cambiarlos
5	Verificar que los brazos mecánicos no esten deformados o con presencia de grietas, si se encuentran dañados, hay que soldarlos y rectificarlos.
6	Verificar que no existan deformaciones o grietas superciales en las levas, si es asi, se recomienda cambiar el conjunto completo
7	Montar resortes manualmente en sus ubicaciones.
8	Apretar pernos y colocar los tensores con sus respectivos bujes
9	Engrasar elementos tales como bujes, tensores, resortes, brazos mecánicos y levas para evitar corrosiones prematuras
10	Cerrar puerta trasera de la máquina
11	Puesta en marcha
12	Verificar funcionamiento
13	Realizar informe de registro

IMAGEN DE APOYO



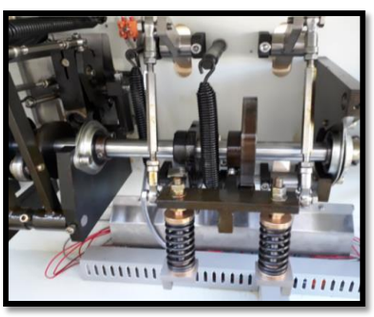


Tabla 2-20. Procedimiento de inspección de los elementos del eje.

Fuente: Elaboración propia en base a procedimiento de mantenimiento a tarea de inspección de elementos del eje.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENCIÓN		
Equipo: Máquina sachetera horizontal	Modelo: S110	***Subsistema: Transmisión de potencia***
Tarea a efectuar: Limpiar y lubricar cadena	Insumos y Herramientas	Aplicación
	Destornillador paleta	Extracción de pasador
	Desengrasante/gasolina	Eliminar grasa sucia
	Cepillo	Eliminar grasa impregnada
	Papel higiene industrial	Secado de cadena
	ESSO MARCOL 352/ SHELL ONDINA OIL 68	Lubricación por pulvorizado
	Linterna	En caso de poca visibilidad
Responsable de la tarea:		**Cargo: Mantenedor Mecánico**

Pasos para realizar tarea	
Item	
1	Apagar equipo
2	Abrir puerta trasera de la máquina
3	Localizar eslabón de seguridad
4	Extraer hacia la izquierda el pasador del eslabón de seguridad
5	Quitar cadena
6	Pulverizar con ayuda de un cepillo los bujes, rodillos, casquillo y eslabones de la cadena
7	Monte la cadena sobre los piñones, trate de separarlos ligeramente y si se logra ver una gran cantidad de luz entre la cadena y los dientes, se recomienda reemplazar la cadena
8	Inspeccionar crestas de piñones, si se encuentra con desgaste se recomienda reemplazar los piñones
9	Pulverizar toda la superficie de los piñones
10	Cepillar dientes de los piñones eliminando grasa impregnada
11	Secar piñones
12	Montar cadena limpia o nueva según sea el caso
13	Tensar cadena
14	Lubricar cadena/piñones
15	Verificar correcto funcionamiento de los componentes
16	Cerrar puerta trasera de la máquina
17	Encender equipo
18	Realizar informe de registro de mantenimiento

IMAGEN DE APOYO

Tabla 2-21 Procedimiento Limpieza y lubricación de cadena.

Fuente: Elaboración propia en base a procedimiento de mantenimiento a tarea de limpieza y lubricación de cadena.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENCIÓN		
Equipo: Máquina sachetera horizontal	Modelo: S110	***Subsistema: Transmisión de potencia***
Tarea a efectuar: Cambiar correa del motor-reductor	Insumos y Herramientas	Aplicación
	Llave Allen 8 (mm)	Pernos eje reductor/Prisionero polea
	Llave punta corona 14 (mm)	Pernos eje motor
	Drissing Belt	Evitar chirridos de la correa
	Martillo	Extraer Tapa
	Extractor de rodamientos SKF	Extraer rodamientos
	Inductor mágnetico SKF	Calentar rodamiento
	Pirómetro FLUKE	Medición de temperatura
Responsable de la tarea:		**Cargo: Mantenedor Mecánico**

Pasos para realizar tarea	
Item	
1	Apagar equipo
2	Abrir puerta trasera de la máquina
3	Extraer perno del eje del motor
4	Soltar ligeramente con unos pequeños golpeteos la polea del eje del motor
5	Extraer pernos allen de la polea del eje del reductor
6	Extraer prisioneros de la polea del eje del reductor
7	Soltar ligeramente con unos pequeños golpeteos la polea del eje del reductor
8	Extraer correa sincronizadora (fijarse en el código de la correa para reemplazarla por la misma)
9	Colocar correa sincronizadora nueva (fijarse que quede bien posicionada en los surcos de ambas poleas)
10	Tensar correa (se recomienda una tension de 10 mm app pulsando un dedo sobre la correa)
11	Aplicar un pequeño pulverizado de drissing belt a la correa
12	Apretar perno del eje del motor
13	Apretar pernos allen de la polea del eje del reductor
14	Apretar prisioneros de la polea del eje del reductor
15	Puesta a punto de prueba
16	Cerrar puerta trasera de la máquina
17	Encender equipo
18	Realizar informe de registro de mantenimiento

IMAGEN DE APOYO

Tabla 2-22. Procedimiento de cambio de correa del motor-reductor.

Fuente: Elaboración propia en base a procedimiento de mantenimiento a tarea de cambio de correa del motor-reductor.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENCIÓN		
Equipo: Máquina sachetera horizontal	Modelo: S110	***Subsistema: Transmisión de potencia***
Tarea a efectuar: Inspeccionar canal chavetero y chaveta (dentro del reductor)	Insumos y Herramientas	Aplicación
	Llave punta corona 13 (mm)	Pernos de anclaje motor eléctrico
	Destornillador paleta	Extraer eslabón de cierre
	Llave punta corona 15 (mm)	Pernos tapa reductor
	Llave punta corona 14 (mm)	Pernos anclaje motor
	Llave allen 8 / 6 (mm)	Pernos reductor parte eje / Prisioneros
	Llave allen 8mm / 6 (mm)	Pernos manivela reductor
	Perno punta corona 14 (mm)	Perno eje motor
	Aceite Mobilyear 600 X320	Aceitar reductor
	Extractor de rodamientos SKF	Extraer rodamientos
	Inductor magnetico SKF	Calentar rodamiento
	Pirometro FLUKE	Medición de temperatura
	Llave allen 6 (mm)	Tapa de aceite reductor
Responsable de la tarea:		**Cargo: Mantenedor Mecánico**

Pasos para realizar tarea	
Item	
1	Apagar equipo
2	Abrir puerta trasera del equipo
3	Soltar pernos de anclaje de motor eléctrico y extraer motor
4	Quitar correa sincronizadora
5	Soltar y extraer eslabón de cierre de la cadena
6	Extraer pernos de sujeción del reductor
7	Desmontar reductor del eje
8	Desmontar eje
9	Verificar holgura de chaveta con respecto al canal chavetero del eje, si existe una holgura excesiva de estos elementos, se recomienda cambiar la chaveta y solicitar un fresado de canal chavetero
10	Verificar estado de dientes de los engranajes de la caja reductora,si presenta desgaste es necesario cambiarlos
11	Cambiar rodamientos de reductor
12	Extrar tapón de aceite de reductor
13	Cambio de aceite reductor llenando con un nivel adecuado según fabricante
14	Colocar tapa de aceite de reductor
15	Colocar y apretar pernos de sujeción del reductor
16	Colocar eslabón de cierre o unión de cadena
17	montar motor y apretar pernos de anclaje
18	Colocar y tensar correa sincronizadora
19	Cerrar puerta trasera del equipo
20	Puesta en marcha del equipo
21	Realizar informe de registro

IMAGEN DE APOYO

Tabla 2-23. Procedimiento de inspección de canal chavetero y chaveta del reductor.

Fuente: Elaboración propia en base a procedimiento de mantenimiento a tarea de inspección de canal chavetero y chaveta del reductor.

PROCEDIMIENTOS DE MANTENCIÓN		
Equipo: Máquina sachetera horizontal	Modelo: S110	***Subsistema: Transmisión de potencia***
Tarea a efectuar: Cambiar rodamiento de motor eléctrico o según sea el caso	Insumos y Herramientas	Aplicación
	Paño limpio	Eliminar particulas contaminantes
	Lupa	Inspeccionar rayaduras o desperfectos
	Llave punta corona 14 (mm)	Polea eje motor
	Llave Allen 8 (mm)	Pernos manivela reductor
	Extractor rodamiento	Sacar rodamiento
	Guantes	Evitar contaminación de rodamientos
	Inductor mágnetico	Calentar rodamiento
	Pirómetro	Medir temperatura
	Cincel	Sacar tapa del motor
	Pernos allen 8 (mm)	Pernos tapa motor
Responsable de la tarea:		**Cargo: Mantenedor Mecánico**

1	Apagar equipo
2	Abrir puerta trasera del equipo
3	Extraer polea y correa del motor eléctrico
4	Marcar el lado de la tapa para utilizarlo como referencia de la posición original
5	Extraer pernos allen de la tapa
6	Quitar tapa de manera ordenada (con golpeteos a traves del cincel de lado a lado)
7	Extraer rodamiento
8	Inspeccionar rayaduras o deformaciones en pista exterior e interior, elementos rodantes y jaula suelta, sello roto o con despefectos, si es asi, hay que reemplazarlo (fijarse en el código que se encuentra en el sello para cambiarlo por el mismo modelo) En caso de cambiar rodamiento, es sumamente importante colocarse guantes limpios para no contaminar el rodamiento con la yema de los dedos
9	Verificar que el eje donde ira montado el rodamiento no este dañado, si es asi, se recomienda reparar
10	Calentar rodamiento hasta 110-120°C
11	Montar rodamiento al eje
12	Colocar y apretar pernos de la tapa del motor eléctrico
13	Colocar y montar polea y correa del motor eléctrico
14	Cerrar puerta trasera del equipo
15	Realizar informe de registro del mantenimiento

IMAGEN DE APOYO

Tabla 2-24. Procedimiento cambio de rodamiento del motor.

Fuente: Elaboración propia en base a procedimiento de mantenimiento a tarea de cambio del rodamiento del motor eléctrico.

CAPÍTULO 3: COSTOS DE MANTENIMIENTO.

3. COSTOS DE MANTENIMIENTO.

3.1. COSTOS DE MANTENIMIENTO.

Desde el punto de vista de la gestión del mantenimiento, uno de los factores más importante es el costo. El personal encargado no tiene por lo general suficiente conocimiento en esta área, si no que en aspectos técnicos. Por eso se tiene que analizar y profundizar respecto a los costos de mantenimiento a fin de conocer mejor su manejo y control, evitando así el crecimiento de estos. (Ing. Camilo Botero G., 1995)

La gestión o administración del mantenimiento es el conjunto de operaciones con el objetivo de garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el proceso por averías de máquinas y equipos.

La gestión del mantenimiento se basa en dos funciones: la técnica y la económica. Como el conjunto de organismos de la empresa, este servicio debe ajustar su gestión a un presupuesto anual y sus actividades deberán ser realizadas al menor costo posible para ser consecuente con la premisa antedicha. El avance tecnológico, la mayor especialización de la mano de obra, el incremento del lucro cesante por horas perdidas por inactividad debido a fallas, el elevado costo de existencias mínimas de repuestos necesarios, el mayor costo de la energía, entre otros aspectos, obligan al personal de mantenimiento a ser muy cuidadoso con los gastos que se realicen. En principio, este criterio exige de todos y cada uno de los integrantes del plantel de mantenimiento, primero una buena capacitación en cuanto al sistema de costo que emplea la empresa y, en segunda instancia, una conducta en orden de obtener bajos costos operacionales. Estas dos instancias, capacitación y aplicación exigen al responsable del área, un constante reciclaje y control en todos los niveles de supervisión, a efectos de obtener los resultados de un servicio de mantenimiento económico. (Tecnológica, 2013)

Dentro de los costos asociados a una empresa a mantenimiento se pueden desprender 4 niveles importantes los cuales son:

1-. Costos fijos.

2-. Costos variables.

3-. Costos financieros.

4-. Costos de la indisponibilidad por fallas.

3.1.1. Costos fijos.

Se refieren a las acciones planeadas de mantenimiento, e implican los valores que se pagan por usar todos los instrumentos, tanto básicos, avanzados y específicos de orden técnico, que se requieren para llevar a cabo cada una de las tareas.

Estos son independientes de la cantidad de producción o el tipo de servicio que se requiera, como también porque son planeados para periodos de tiempo definidos con anticipación.

3.1.2. Costos variables.

Son los gastos que surgen cuando aparecen fallas o reparaciones no planificadas. Todo tipo de acciones correctivas o modificativas que no han sido planeadas generan costos. Sus valores o costos dependen de la mano de obra, repuestos, materiales, instrumentos de mantenimiento que se usen para hacer reparaciones o simplemente para hacer modificaciones a los equipos.

3.1.3. Costos financieros.

Toda inversión que se tenga ya sea en repuestos, insumos y/o materias primas de mantenimiento en bodegas, la duplicación de maquinarias para elevar la confiabilidad y la disponibilidad, además de valores asociados generan los costos financieros.

3.1.4. Costos de la indisponibilidad por fallas.

El valor que implica el no poder utilizar una máquina, debido a reparaciones o modificaciones causadas por fallas imprevistas, es el factor más importante en los costos de mantenimiento; normalmente es superior a los tres anteriores sumados y es al que probablemente menos atención se le presta en las empresas, pero es indudablemente la más relevante de todas.

La suma de estos cuatro niveles permite un control estratégico permanente sobre la gestión y la operación del mantenimiento, ya que descompone básicamente todas las actividades y rubros del mantenimiento. (Gutiérrez, 2007b)

3.2. COSTOS POR MÁQUINA DETENIDA.

Es de suma importancia para la empresa contar una buena disponibilidad de sus maquinarias, debido a que, si esto no se cumple de manera eficiente, las utilidades de cualquier empresa comenzaran a disminuir.

Actualmente la máquina sachetera tiene una producción por hora aproximadamente de cuatrocientos mil pesos, es por eso que, si la máquina sufre fallas considerables por falta de inspección y mantenimiento, conlleva a una gran pérdida para la empresa, teniendo en consideración la existencia de dos turnos en que la maquina estará totalmente inhabilitada para trabajar.

Costos de producción perdidas por máquina detenida		
1 hora	$	400.000
Durante 2 jornadas de trabajo (18 horas)	$	7.200.000
6 días (semanal)	$	43.200.000
24 días (mensual)	$	1.036.800.000

Tabla 3-1. Costos de producción pérdidas por máquina detenida debido a fallas.

Fuente: Elaboración propia en base a los costos de producción perdidas por inactividad del equipo debido a fallas.

Cabe señalar, que durante la falla de la ruptura de chaveta el equipo estuvo detenido durante 6 días, debido a que no existía un stock de repuesto ni tampoco había un plan de mantenimiento que pudiese haber ayudado a reducir el tiempo de reparación o conocer la causa u origen de esta falla. Por lo tanto, la tabla presentada muestra claramente cuánto dinero pudiese perder la empresa si la máquina se encuentra detenida por alguna falla puntual.

3.3. ESTUDIO DE COSTOS.

Para demostrar la rentabilidad de este plan de mantenimiento se debe realizar un análisis de los costos relacionados a la propuesta empleada, donde se deben señalar toda la variedad de recursos que se necesitarán para ejecutar este plan de mantención.

3.4. COSTOS DE STOCK DE REPUESTOS.

La siguiente planilla de los costos de stock de repuestos solo contará con los componentes relacionados al plan de mantenimiento en estudio de nuestro equipo crítico, además que son los más propensos a fallar durante el funcionamiento de la máquina.

Tabla con los repuestos mínimos que son necesarios mantener en stock.

COSTOS DE REPUESTOS RELACIONADOS AL PLAN DE MANTENIMIENTO				
Repuesto	Nomenclatura/Marca	Cantidad	Valor	Total
Perno parker (caja 50 unidades)	M10x1.25x25	2	$21.830	$ 43.660
Perno parker (cajaa 100 unidades)	M8x1.25x30	1	$30.000	$ 30.000
Perno inox hexagonal	Fixser 3/8x1.1/4	20	$790	$ 15.800
Perno inox hexagonal	Fixser 3/8x1.1/4	4	$790	$ 3.160
Perno nox hexagonal	Fixser 5/16x1.1/2	10	$790	$ 7.900
Rodamiento 10x35x11 (mm)	SKF 6300 2RS	9	$6.360	$ 57.240
Rótula hilo derecho hembra	RC	8	$400	$ 3.200
Rótula hilo izquierdo	RC	8	$400	$ 3.200
Rodamiento seguidor de leva 16x35x18	CF16	5	$17.500	$ 87.500
Rodamiento de descanso	NSK UC 205	3	$13.190	$ 39.570
Rodamiento de descanso (cojinete)	PFL 205	3	$3.080	$ 9.240
Tensor	SYX SSIL 8T/K	2	$3.200	$ 6.400
Tensor	SYX SSI 8T/K	2	$3.200	$ 6.400
Buje	2020	10	$480	$ 4.800
Resorte	LH 162 100	2	$2.300	$ 4.600
Resorte	LH 183-157	2	$2.300	$ 4.600
Resorte	LH 182.5-175	2	$2.300	$ 4.600
Resorte	LH 182.5-150	2	$2.300	$ 4.600
Resorte	LH 162-155	2	$2.300	$ 4.600
Rodamiento SKF	SKF 6002	2	$6.480	$ 12.960
Cadena	ANSI	2	$7.000	$ 14.000
Correa sincronizadora	GT2 300mm	2	$1.900	$ 3.800
Sproket superior	RS PRO Z27 D100	2	8410	$ 16.820
Piñon inferior	RS PRO Z24 D60	2	$7.530	$ 15.060
Polea conducida 4'' Tipo A	VIDRI 1AK41	1	$9.910	$ 9.910
Polea conductora 4.1/2'' Tipo A	VIDRI 1AK46	1	$11.290	$ 11.290
			TOTAL	$424.910

Tabla 3-2. Costos de repuestos del plan de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia en base a los costos relacionados a los repuestos que se necesitan para el mantenimiento propuesto.

Dentro de los costos totales de herramientas e insumos, se debe tener en cuenta que muchas de estas herramientas servirán para todo el ámbito operacional de los distintos equipos de la empresa, por lo tanto, si se tiene un exhaustivo cuidado sobre todo a las herramientas de medición o los artefactos más costosos que requieren de una manipulación por parte de un experto, podrían durar mucho tiempo operativos facilitando el mantenimiento a lo largo de los años.

COSTOS DE HERRAMIENTAS E INSUMOS PARA LLEVAR A CABO EL MANTENIMIENTO				
Repuesto	Nomenclatura/Marca	Cantidad anual	Valor	Total
Kit cepillo de limpieza	Park tool	4	$ 1.869	$ 7.476
Cincel metal 10''	Topex	2	$ 3.690	$ 7.380
Desengrasante	Alcalish Wasser	6	$ 2.690	$ 16.140
Juego destornillador 8 piezas	Kendo	2	$ 12.639	$ 25.278
Drissing Belt 30527 340 grs	Loctite	4	$ 12.330	$ 49.320
Escobilla de bronce 160x27x36 (mm)	Faesin	4	$ 4.000	$ 16.000
Kit de extractor rodamiento TMMD 100	SKF	1	$ 622.534	$ 622.534
Guantes mecánico	Truper	1	$ 3.250	$ 3.250
Calentador de inducción portátil	SKF	1	$1.420.990	$ 1.420.990
Linterna led a pilas	Energizer	2	$ 4.690	$ 9.380
Set llaves hex allen 5/64'' x 1/4''	Stanley	2	$ 10.490	$ 20.980
Set llaves punta corona 9 unidades	Ubermann	2	$ 23.990	$ 47.980
Llave torque 1/2'' 40-210 N m	Force	1	$ 51.300	$ 51.300
Lupa cuello cisne 51 (cm)	Velleman	2	$ 11.990	$ 23.980
Martillo bola 12 oz acero	Redline	2	$ 4.490	$ 8.980
Set 870 paños industriales para limpieza WYPALL X-70 34x28 (cm)	Kimberly Clark	2	$ 64.490	$ 128.980
Set alicates acero 3 unidades	Karson	2	$ 7.290	$ 14.580
Pirómetro rango -30°C a 500°C	Fluke	1	$ 135.000	$ 135.000
1 rollo teflón cinta adhesiva 25mm x 10 m alta	Junhui tools store	1	$ 7.450	$ 7.450
Tineta aceite ESSO marcol (spray) 18 litros	352	1	$ 120.000	$ 120.000
Tineta aceite Mobilyear 19 litros (reductor)	600 X320	1	$ 58.500	$ 58.500
Tineta aceite SHELL ondina oil 18 litros (spray)	68	1	$ 61.160	$ 61.160
Tineta grasa ESSO carum 16 kilos	330	1	$ 149.820	$ 149.820
Tineta grasa SHELL alvania grease 20 kilos	2	1	$ 92.120	$ 92.120
Vibrometro pórtatil CMAS 100 SL	SKF	1	$1.525.000	$ 1.525.000
			Total	$ 4.623.578

Tabla 3-3. Costos de herramientas e insumos para el plan de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia en base a los costos relacionados a las herramientas e insumos que se necesitan para ejecutar el mantenimiento.

La siguiente tabla muestra el costo de mantenimiento preventivo propuesto de manera ordenada desde los distintos subsistemas del equipo, componentes y los costos de hora/hombre de sus actividades de mantenimiento. Cabe señalar, que el cálculo de los valores horas/hombre (HH) se tomaron en cuenta con la base de que un mantenedor recibe un sueldo alrededor de $600.000 en la planta Ipak Ltda.

COSTOS ANUAL DE HH PARA MANTENIMIENTO							
Subsistema	Compenente	Elementos	Actividad	Frecuencia anual	HH	Valor HH	Total
Transmisión de potencia	Arbol de leva	Rodamiento	Medir temperatura	6	1	$ 2.200	$ 13.200
			Medir vibraciones	4	1	$ 2.200	$ 8.800
		Eje	Limpiar	12	0.5	$ 1.100	$ 13.200
			Verificar rayaduras	12	1	$ 2.200	$ 26.400
		Chaveta	Verificar desgaste (ajuste) canal chavetero	1	3	$ 6.600	$ 6.600
		Resorte	Verificar tensión	2	0.5	$ 1.100	$ 2.200
			Inspeccionar corrosión	2	0.5	$ 1.100	$ 2.200
		Brazos mecánicos	Engrasar	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
			Reapretar pernos	2	0.5	$ 1.100	$ 2.200
		Bujes	Engrasar	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
		Leva	Engrasar	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
			Limpiar	12	0.5	$ 1.100	$ 13.200
		Pernos	Reapretar pernos	2	0.5	$ 1.100	$ 2.200
			Inspeccionar corrosión	2	0.25	$ 550	$ 1.100
	Motor eléctrico	Bobinado	Medir aislación	1	1	$ 2.200	$ 2.200
			Limpiar	12	0.5	$ 1.100	$ 13.200
		Caja de conexiones	Inspección y reaprete	2	0.5	$ 1.100	$ 2.200
		Correa	Verificar tensión	6	0.5	$ 1.100	$ 6.600
			Inspeccionar desgaste	2	0.5	$ 1.100	$ 2.200
			Alinear	6	1	$ 2.200	$ 13.200
			Reemplazar correa	1	1.5	$ 3.300	$ 3.300
	Reductor	Engranajes	Medir vibraciones	4	1	$ 2.200	$ 8.800
			Medir temperatura	6	1	$ 2.200	$ 13.200
			Inspeccionar dientes	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
		Aceite hidraulico	Cambiar aceite	1	1	$ 2.200	$ 2.200
			Medir nivel de aceite	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
		Piñon	Medir temperatura	6	1	$ 2.200	$ 13.200
			Inspeccionar desgaste dientes	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
		Empaquetaduras	Cambiar empaquetaduras	2	0.5	$ 1.100	$ 2.200
			Inspeccionar desgaste	1	0.5	$ 1.100	$ 1.100
	Motor-reductor	Cadena	Lubricar	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
			Inspeccionar desgaste de eslabones	2	0.5	$ 1.100	$ 2.200
			Verificar tensión	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
		Correa	Verificar tensión	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
			Verificar desgaste	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
			Alinear	4	1	$ 2.200	$ 8.800
			Reemplazar correa	1	1	$ 2.200	$ 2.200
		Polea	Verificar alineamiento	6	0.5	$ 1.100	$ 6.600
			Inspeccionar desgaste superficial de surcos o grietas	3	0.5	$ 1.100	$ 3.300
Eléctrico	Sincronizador	Encoder	Limpiar	12	0.25	$ 550	$ 6.600
		Sensores	Limpiar	12	0.25	$ 550	$ 6.600
			Verificar funcionamiento	4	1	$ 2.200	$ 8.800
		Freno arraste	Limpiar	12	0.5	$ 1.100	$ 13.200
			Verificar funcionamiento	4	1	$ 2.200	$ 8.800
Envasado	Linea envasadora	Mordaza	Limpiar	12	0.25	$ 550	$ 6.600
			Cambiar teflón	6	0.25	$ 550	$ 3.300
			Inspeccionar desgaste	12	0.5	$ 1.100	$ 13.200
		Rodamiento	Medir temperatura	6	1	$ 2.200	$ 13.200
			Medir vibraciones	4	1	$ 2.200	$ 8.800
		Cuchillas	Verificar filo	12	0.5	$ 1.100	$ 13.200
			Afilar	12	0.5	$ 1.100	$ 13.200
		Bujes	Engrasar	4	0.5	$ 1.100	$ 4.400
						Total	$361.900

Tabla 3-4. Costo anual para realizar las distintas tareas de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia en base al costo total de los distintos subsistemas de la máquina sachetera horizontal S-110.

3.5. COSTOS TOTALES PARA GENERAR UN BUEN MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA.

La siguiente tabla muestra los costos totales de mantenimiento, tanto costos del personal, costos de repuestos y costos de herramientas e insumos.

TOTALIDAD DE COSTOS DE MANTENIMIENTO		
COSTOS HORA HOMBRE		$361.900
COSTOS DE REPUESTOS		$424.910
COSTOS DE HERRAMIENTAS		$4.623.578
	TOTAL	$5.410.388

Tabla 3-5. Costo total del mantenimiento propuesto a la máquina sachetera horizontal S-110.

Fuente: Elaboración propia en base a todos los costos asociados para realizar el mantenimiento propuesto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo respetando los procedimientos señalados en este, conlleva a grandes beneficios económicos y además otorga una presentación confiable a la empresa. Al momento de intervenir un equipo una vez en que se presente una falla en comparación a anticiparse a dicha falla, los gastos de recursos tales como gastos económicos y tiempos de reparación suelen ser menores en el mantenimiento preventivo, además, que la disponibilidad del equipo se ve favorecido con un mantenimiento que se anticipa a las fallas. Para definir la estrategia del tipo de mantenimiento, primero se debe definir que función se cumple en el proceso del equipo en estudio, y posteriormente definir qué tipo de mantenimiento es el más adecuado para llevar a cabo, teniendo en cuenta un control y registros de mantenimiento para asegurar la disponibilidad anteriormente mencionada. Gracias a la información obtenida mediante el personal se pudo llevar a cabo distintos análisis de fallas que lograron identificar las causas raíces de las distintas fallas, permitiendo así generar un plan de mantenimiento preventivo apoyados de distintas técnicas de gestión del mantenimiento y facilitando el trabajo del personal a cargo de la empresa para llevar un control más exhaustivo y un orden de las distintas tareas a realizar.

Finalmente, con esta memoria se espera demostrar frente a la gerencia de la empresa Ipak Ltda. que invirtiendo algo de dinero y cambiando el concepto de mantenimiento se pueda aumentar la vida útil del equipo y a la vez generar más ganancias económicas al estar la mayoría del tiempo operable, además se busca que se pueda tomar en consideración esta propuesta de mantenimiento y llevarla a cabo, y la vez que la puedan proyectar para el resto de los equipos que no tienen un mantenimiento preventivo adecuado.

Algunas recomendaciones para la empresa es que antes de comenzar la jornada de trabajo se debe realizar un control de calidad del tamizado de la materia prima para verificar que el colágeno venga en óptimas condiciones, y así evitar pérdidas del material

que generalmente queda en suspensión en el aire debido a que no se genera un control de su estado. Por otra parte, se recomienda que la máquina se encuentre siempre libre de partículas de colágeno para poder facilitar las tareas de mantenimiento. Con respecto a la correa sincronizadora, se recomienda instalar una rejilla protectora ya que se encuentra propensa a que partículas en polvo se adhieran en su superficie, cabe señalar que la correa se sitúa debajo de la cadena que se encuentra con lubricante donde esta condición resulta fatal para dicha correa, cabe señalar que estas partículas endurecen la correa reduciendo notablemente la vida útil de está llegando así a la ruptura. Cabe señalar, que para dicha correa se recomienda la utilización de drissing belt o liquido humectante por la zona interior de esta, con el fin de no perder su elasticidad y siga cumpliendo sus funciones. Se debe tomar en cuenta que al momento de terminar la jornada de trabajo se debe limpiar las mordazas ya que estas al trabajar con calor son propensas a quedar con restos de poliuretano del papel film que podrían afectar el correcto funcionamiento de sellado de los sachet.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

Alberto Mora Gutiérrez. (2016). *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control.* Alfaomega.

Colombia, U. N. (12 de mayo de 2016). Procedimiento para la preparacion de colágeno. Bogotá, Colombia: wipo.

Expósito, C. A. (2014). Suplementos de colágeno y efecto en el tratamiento de lesiones articulares.

Gutiérrez, A. M. (2007b). *Mantenimiento estatégico empresarial.* Medellín : Fondo editorial Fonefit.

Ing. Camilo Botero G. (1995). *Manual de mantenimiento: Costos en el departamento de mantenimiento.* SENA CCA/ASTIN.

MINSAL. (2013). REGLAMENTO SANITARIO DE LOS ALIMENTOS. 168.

PLASPAK. (2012). *MANUAL ENVASADORA SACHET HORIZONTAL MODELO-110.* SANTIAGO.

Raimundo Heber Gonzalez. (1984). *Mantenimiento industrial: organización, gestión y contol.* Bueno Aires: Editorial Alsina.

Tecnológica, C. P. (2013). *Capítulo 8: Los Costos y el Mantenimiento.* Rio grande.