



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

ANÁLISIS RCM DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE PAPA PARA UNA EMPRESA MULTINACIONAL DE ALIMENTOS EN QUITO

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

MARTÍNEZ NEIRA DAVID ANDRÉS
david.martinez@epn.edu.ec

DIRECTOR:
ING. AGUINAGA BARRAGÁN ÁLVARO GONZALO, Ph.D.
alvaro.aguinaga@epn.edu.ec

FECHA:
QUITO, 2020

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Martínez Neira David Andrés**, bajo mi supervisión.



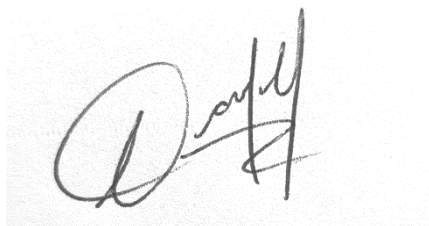
Ing. Álvaro Aguinaga, Ph.D.

DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, **Martínez Neira David Andrés**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Martínez Neira David Andrés

AGRADECIMIENTO

Agradezco a toda mi familia por el soporte que me dieron durante el transcurso de mi carrera. A mis tíos y primos por ayudarme y apoyarme durante el desarrollo de mi carrera en una nueva ciudad, a mis abuelos por el apoyo económico y el cariño que me dieron durante este tiempo y especialmente a mis padres Xavier y Belén por creer en mí siempre y por haber estado ahí en todo momento.

David Martínez

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Pregunta de Investigación	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
1. Marco teórico	3
1.1. Historia de la compañía.....	3
1.2. Misión	4
1.3. Visión	4
1.4. Negocio de la organización	5
1.5. Políticas de calidad	5
1.6. Diagnóstico de la situación actual	5
1.6.1. Líneas de Producción.....	5
1.6.1.1 Layout de la línea de empaque	6
1.6.2. Problemas durante el proceso de empaque	8
1.6.2.1 Problemas en el flujo de producto	8
1.6.2.2 Problemas de sellado.....	9
1.6.2.3 Problemas de corte	10
1.6.3. Defectos en el empaque	11
1.6.4. Descripción general del proceso de empaque.....	12
1.6.5. Ritmo de empaque.....	13
1.6.6. Antigüedad de la instalación.....	14
1.7. Ingeniería de mantenimiento.....	14
1.7.1. Historia del mantenimiento.....	14
1.7.2. Funciones del mantenimiento.....	17
1.7.3. Estrategias del mantenimiento	18
1.7.4. Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	21
1.7.4.1 Confiabilidad Operacional	22
1.7.4.2 Las siete preguntas del RCM	23

1.7.4.3	Etapas del RCM.....	23
1.7.5.	AMFE.....	24
1.7.5.1	Objetivos del AMFE	25
1.7.5.2	Modo de fallo	26
1.7.5.3	Falla funcional.....	26
1.7.5.4	Efecto del fallo.....	26
1.7.5.5	Causas del modo de fallo.....	26
1.7.5.6	Gravedad	27
1.7.5.7	Frecuencia	28
1.7.5.8	Detectabilidad	28
1.7.5.9	Índice de prioridad de riesgo	29
1.7.5.10	Proceso para realizar un AMFE	29
1.7.6.	Análisis de Causa Raíz	30
1.7.6.1	Técnica de los 5 porqués	31
1.7.6.2	Diagrama de Causa-Efecto	31
2.	METODOLOGÍA	33
2.1.	Estudio y descripción general.....	33
2.1.1.	Máquinas empacadoras	33
2.1.1.1	Envasadora vertical.....	33
2.1.2.	Sistemas principales de una envasadora vertical	34
2.1.2.1	Sistema de vacío:.....	35
2.1.2.2	Unidad de control remoto RCU:	35
2.1.2.3	Sistema de alimentación del film:	36
2.1.2.4	Sistema de sellado vertical.....	39
2.1.2.5	Sistema de sellado horizontal.....	40
2.1.2.6	Sistema de formado	42
2.1.2.7	Sistema de arrastre	44
2.1.2.8	Sistema de corte	47
2.1.3.	Cabezal pesador	50

2.1.3.1	Plato de dispersión.....	52
2.1.3.2	Pool Hopper	52
2.1.3.3	Weigh hopper.....	53
2.1.3.4	Booster Hopper	54
2.1.3.5	Descripción del proceso de pesado.....	54
2.1.4.	Alimentadores transversales y principales.....	55
2.1.4.1	Principales subsistemas.....	57
2.1.4.2	Especificaciones técnicas	58
2.1.5.	Bandas recolectoras y acumuladoras.....	59
2.1.5.1	Tolva de alimentación y banda de ingreso	60
2.1.5.2	Banda de conteo	61
2.1.5.3	Rueda recolectora.....	61
2.1.5.4	Banda de salida	61
2.1.5.5	Especificaciones técnicas	61
2.2.	Desglose de sistemas, subsistemas y partes mantenibles	62
2.3.	Análisis de los modos de y efectos de fallo AMFE	78
3.	Resultados.....	85
3.1.	Actividades de formación y protocolos de mantenimiento sugeridos	85
3.1.1.	Implementar mantenimiento predictivo.....	85
3.1.2.	Actividades de formación	85
3.2.	Plan de Mantenimiento.....	86
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	95
4.1.	Conclusiones	95
4.2.	Recomendaciones	96
	Referencias Bibliográficas	97
	Anexos.....	101

Índice de figuras

Figura 1.1 Figura esquemática de la línea de empaque.....	6
Figura 1.2 Vista frontal de la línea de empaque.....	7
Figura 1.3 Vista superior de la línea de empaque.....	7
Figura 1.4 Flujo de producto dentro del tubo de formado.....	9
Figura 1.5 Descripción del proceso de embalaje.....	13
Figura 1.6 Evolución de las expectativas del mantenimiento.....	17
Figura 1.7 Evolución de las técnicas de mantenimiento.....	17
Figura 1.8 Visión general del mantenimiento planeado y no planeado.....	19
Figura 1.9 Tipos de mantenimiento.....	19
Figura 1.10 Factores de la confiabilidad.....	22
Figura 1.11 Confiabilidad.....	23
Figura 1.12 Diagrama de flujo para elaborar un AMFE.....	30
Figura 1.13 Diagrama de Causa y Efecto.....	32
Figura 2.1 Vista frontal y posterior de la envasadora vertical.....	33
Figura 2.2 Bomba de vacío.....	35
Figura 2.3 Visualización de datos en RCU.....	35
Figura 2.4 Ubicación de la RCU en la envasadora.....	36
Figura 2.5 Sistema de alimentación de film.....	37
Figura 2.6 Posiciones del rodillo de formación.....	38
Figura 2.7 Ala del formador y rodillo de formación.....	38
Figura 2.8 Fococelda.....	39
Figura 2.9 Unidad de sellado vertical (Correa de sellado accionada).....	40
Figura 2.10 Unidad de sellado vertical simple.....	40
Figura 2.11 Unidad de sellado rotatorio tipo O y D.....	41
Figura 2.12 Unidad de sellado horizontal (sistema no rotatorio).....	42
Figura 2.13 Partes del tubo de formación.....	43
Figura 2.14 Tipos de tubos de formador.....	44
Figura 2.15 Correa de fricción y de aspirado.....	45
Figura 2.16 Sistema de arrastre mediante mordaza.....	45
Figura 2.17 Vista superior del sistema de arrastre y tubo de formador.....	46
Figura 2.18 Sistema de arrastre.....	46
Figura 2.19 Ilustración del sistema de doble mordaza giratorio.....	47
Figura 2.20 Ilustración del sistema de corte no giratorio.....	47
Figura 2.21 Impresión en papel carbón.....	48
Figura 2.22 Mordaza y cuchilla.....	48

Figura 2.23 Subsistemas principales de la pesadora multicabezal.....	51
Figura 2.24 Posibles configuraciones de las tolvas.....	52
Figura 2.25 Pool Hopper y weigh hopper.....	53
Figura 2.26 Esquema de funcionamiento de la pesadora multicabezal.....	55
Figura 2.27 Esquema de los alimentadores en la plataforma de empaque.....	56
Figura 2.28 Alimentador transversal.....	56
Figura 2.29 Alimentador principal.....	57
Figura 2.30 sistema de piñones excéntricos.....	57
Figura 2.31 Sensor fotoeléctrico del alimentador transversal.....	58
Figura 2.32 Características técnicas del alimentador transversal.....	58
Figura 2.33 Banda recolectora acumuladora.....	59
Figura 2.34 Banda recolectora acumuladora simple.....	60
Figura 2.35 Banda recolectora acumuladora doble.....	60
Figura 2.36 Desglose de subsistemas principales.....	63
Figura 4.1 Análisis causa raíz.....	104

Índice de tablas

Tabla 1.1 Maquinaria de la línea de empaque	8
Tabla 1.2 Defectos del empaque.	11
Tabla 1.3 Clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente	27
Tabla 1.4 Clasificación de la frecuencia/probabilidad de ocurrencia de modo de fallo.	28
Tabla 1.5 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo.	29
Tabla 2.1 Aspectos técnicos máquina envasadora	34
Tabla 2.2 Tipos de cuchillas.....	49
Tabla 2.3 Especificaciones técnicas banda recolectora y acumuladora.	61
Tabla 2.4 Despiece de envasadora vertical	64
Tabla 2.6 Despiece pesadora multicabezal.....	68
Tabla 2.7 Despiece alimentador transversal	70
Tabla 2.8 Despiece alimentador principal	72
Tabla 2.9 Despiece banda recolectora y acumuladora doble	74
Tabla 2.10 Despiece banda recolectora y acumuladora simple	76
Tabla 2.11 AMFE	78
Tabla 3.1 Plan de mantenimiento	86

RESUMEN

Este documento tiene por objetivo presentar un análisis RCM (Reliability Centered Maintenance) y como parte de este, desarrollar un profundo estudio del sistema para obtener un plan de mantenimiento, un análisis modal de fallos y efectos, una serie de procedimientos de operación y mantenimiento estructurado de forma sistémica que eviten que se produzcan dichos fallos y así aumentar la disponibilidad de las maquinas, mejorar los procedimientos de mantenimiento y reducir los tiempos muertos en una empresa de alimentos de la ciudad de Quito.

Se presentan las siguientes etapas:

- Identificación de los equipos que forman el sistema general.
- Desglose en subsistemas.
- Estudio preliminar del funcionamiento de los equipos.
- Análisis modal de fallos y efectos.
- Elaboración de protocolos y mejoras de mantenimiento, incluyendo el plan de mantenimiento.

Posterior a este profundo estudio se presenta una serie de recomendaciones y conclusiones para mejorar la productividad de la instalación obteniendo un listado de piezas y partes críticas que se deben tener en stock, nuevas técnicas de mantenimiento incluyendo metodologías modernas de mantenimiento predictivo, partes de sistemas a mejorar, recomendaciones de entrenamiento para personal de mantenimiento y operaciones.

De esta manera se espera mejorar la disponibilidad de las maquinas, depender menos de personal especializado en mantenimiento y obtener mejores calificaciones en auditorías internas de la empresa, llegando a destacar a nivel regional.

Palabras clave: Mantenimiento, Confiabilidad, Disponibilidad, Fallos, Técnicas.

ABSTRACT

This document aims to present a Reliability Centered Maintenance analysis and as part of it, to develop a deep study of the system to obtain a maintenance plan, a failure mode and effects analysis, operation and maintenance procedures structured in a systemic way that prevent such failures from occurring and thus increase the availability of machines, improve maintenance procedures and reduce downtime in a food company in the city of Quito.

The following stages are presented:

- Identification of the equipment that make up the general system.
- Breakdown into subsystems.
- Preliminary study of the operation of the equipment.
- Failure mode and effects analysis
- Elaboration of maintenance protocols and improvements, including the maintenance plan.

After this in-depth study, a series of recommendations and conclusions are presented to improve the productivity of the installation, obtaining a list of critical parts and parts that must be kept in stock, new maintenance techniques including modern predictive maintenance methodologies, parts of systems to improve, training recommendations for maintenance and operations employees.

In this way, it is expected to improve the availability of the machines, to depend less on specialized maintenance employees and to obtain better qualifications in internal audits of the company, coming to stand out at the regional level.

Keywords: Maintenance, Reliability, Availability, Failures, Techniques.

ANÁLISIS RCM DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE PAPA PARA UNA EMPRESA MULTINACIONAL DE ALIMENTOS EN QUITO.

INTRODUCCIÓN

Todas las plantas y sistemas de producción presentan errores y fallas, ya sean de carácter humano o mecánico, de aquí la obligación de resolver y mejorar aquellos aspectos que provocan dichos errores y fallas. Un análisis centrado en la confiabilidad nos brinda la metodología y herramientas para poder resolver este problema. Cuando los problemas son muy recurrentes o no se pueden resolver, es cuando es necesario investigar a profundidad para poder descubrir y sobre todo corregir los errores que están provocando que el sistema no funcione correctamente.

El objetivo principal de instaurar un análisis RCM en una fábrica es aumentar la fiabilidad de los equipos, es decir disminuir los tiempos muertos o tiempos en los que las máquinas dejan de funcionar ya sea por fallas mecánicas o humanas, dichos tiempos muertos se traducen en tiempos en los cuales no hay producción y por lo tanto en pérdidas económicas para la empresa.

La correcta implantación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM trae varios beneficios a la planta industrial, estos pueden ser de varias clases como:

La mejora del impacto ambiental, ya que al estudiar los fallos y corregir las causas se puede evitar daños que tengan un impacto ambiental negativo, como desperdicio de envoltura, consumo excesivo de energía, etc.

El aumento de la fiabilidad en las máquinas de la planta industrial, después de estudiar los modos de fallos previstos es más fácil poder prever que estos sucedan y al haber identificado las partes y piezas más importantes se puede resolver un fallo imprevisto rápidamente.

La disminución del costo de mantenimiento, al disminuir los paros no planificados, asignar tareas de mantenimiento a los operadores, se requiere de una cantidad menor de mano de obra calificada y por lo tanto los costos disminuyen.

El aumento del conocimiento de la instalación, al realizar un análisis tan profundo, como lo es el RCM, se obtiene un documento en el cual se detallan muchos aspectos de funcionamiento, fallas y mejoras, mencionadas desde el punto de vista de todas las áreas implicadas, como producción, calidad, seguridad y mantenimiento, lo que brinda una visual muy amplia a la persona que va a estudiar el análisis RCM.

Estas son unas de las principales ventajas que brinda el RCM, otra ventaja específica que se busca obtener es el reconocimiento de la empresa a nivel regional o continental, ya que una vez al año se realiza auditorías internas calificando a la empresa y reconociéndola por el funcionamiento de las máquinas y conocimientos del personal.

Pregunta de Investigación

¿Cómo se puede mejorar la disponibilidad de los equipos de la línea de empaque?

Objetivo general

- Realizar un análisis RCM de la línea de empaque de papa de una empresa de alimentos para tomar medidas preventivas y mejorar la productividad.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis modal de fallo y efecto AMFE para priorizar las actividades de mantenimiento en base a la criticidad de la falla.
- Determinar actividades de formación, protocolos de mantenimiento y listado de piezas críticas de los diferentes sistemas mecánicos y mecatrónicos para así poder disminuir tiempos muertos y mejorar la productividad.
- Obtener plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Historia de la compañía

La historia comienza cuando un químico farmacéutico que fabricaba y preparaba bebidas en su botica en la localidad de Carolina del Norte, creó una bebida que ayudaba a la digestión y funcionaba como estimulante, esta bebida era producida a base de una enzima digestiva llamada pepsina, de ahí el nombre de la bebida. Luego de un largo periodo de éxito total, en 1923 la empresa tuvo serios problemas económicos relacionados con el descenso del precio del azúcar. Tras caer en quiebra Roy Megargel adquirió todos los derechos de la compañía.

La empresa no tuvo buenos resultados con Megargel y a la final, pasó a manos de Charles Guth, el presidente de Loft Inc., una fábrica de golosinas que tenía una gran cantidad de máquinas de refrescos dispuestas por el país. Loft reformuló la receta de la bebida e hizo una gran campaña publicitaria por radio, logrando un notable crecimiento económico. Como resultado, la empresa dobló sus beneficios entre 1936 y 1938.

Luego surgió un gran pleito entre Guth y Loft, dando como vencedor a Loft, se nombró presidente a Walter Mack, quien estuvo al frente durante cuarenta años. Mack comenzó a cambiar las estrategias publicitarias que siempre excluían a la población afroamericana, o cuando los incluían era en base a representaciones estereotipadas. Mack quería cambiar esta estrategia, ya que se dio cuenta de que se podía beneficiar del consumo de la población afroamericana.

Posteriormente golpeó la segunda guerra mundial a la compañía, trayendo consecuencias negativas a la producción de azúcar lo que afectó a la venta de las bebidas. Conforme la situación mejoraba la marca fue registrada en ochenta países. Mack continuó con la expansión en México y Latinoamérica y el Caribe y, una vez concluida la Segunda Guerra Mundial. La compañía contaba con 118 plantas embotelladoras en 52 países fuera de los Estados Unidos.

Donald Kendall, fue el nuevo presidente. En 1965 la compañía se unió a Frito-Lay. Como resultado, cambió su imagen a un estilo más juvenil. Les pagó a famosos como Michael Jackson, Tina Turner y Michael J. Fox para promocionar la bebida. En este mismo año la compañía lanzó la primera botella de plástico de la historia, para finales del año 1986 la compañía era dueña de restaurantes de comida rápida como Pizza Hut y Taco Bell, llegando al puesto 41 del ranking de las empresas más importantes de Estados Unidos. Su buen trabajo le ha permitido poseer unos ingresos anuales de más de 60.000.000.000 de dólares y más de 285.000 empleados. La empresa se cotiza en el mercado de valores de Nueva York. Los restaurantes Kentucky Fried Chicken, Pizza Hut y Taco Bell dejaron de estar bajo su poder (Díaz, 2019).

1.2. Misión

La misión de la fábrica es la siguiente:

“Crear más sonrisas con cada sorbo y cada bocado”

- Para los consumidores:

Crear momentos alegres a través de nuestros deliciosos y nutritivos productos, y experiencias de marca únicas

- Para los clientes:

Al ser el mejor socio posible, impulsar la innovación que cambia el juego y ofrecer un nivel de crecimiento sin igual en nuestra industria.

- Para los asociados y comunidades:

Al crear oportunidades significativas para trabajar, adquirir nuevas habilidades y desarrollar carreras exitosas, y un lugar de trabajo diverso e inclusivo.

- Para el planeta:

Conservar los preciosos recursos de la naturaleza y fomentar un planeta más sostenible para nuestros hijos y nietos.

- Para los accionistas:

Ofrecer un TSR sostenible de primer nivel y adoptar el mejor gobierno corporativo de su clase. (PEPSICO, 2020)

1.3. Visión

La visión de la empresa es la siguiente:

“Ser el líder global en alimentos y bebidas de conveniencia Ganando con Propósito”

Esto refleja nuestra ambición de ganar de manera sostenible en el mercado y acelerar nuestro crecimiento de primera línea, al tiempo que mantenemos nuestro compromiso de hacer el bien para el planeta y nuestras comunidades. Se basa en décadas de progreso que hemos logrado desde la fundación de PepsiCo en 1965, al tiempo que establece una base sólida para una nueva era de crecimiento y prosperidad. Para ayudarnos a lograr esta visión, hemos definido un nuevo conjunto de aspiraciones: ser más rápido, más fuerte y mejor (PEPSICO, 2020).

1.4. Negocio de la organización

La empresa está ubicada en la ciudad de Quito, aquí se elaboran snacks a partir de materias primas locales, cuenta con cinco líneas de producción para el procesamiento de papa, verde, maduro, maíz y chicharrón. El procesamiento del producto empieza con la selección de las mejores materias primas, posteriormente pasa por un proceso de transformación automático que consiste básicamente en las etapas de lavado, pelado, rebanado, fritura, sazonado y empacado. En el desarrollo de esta tesis nos vamos a enfocar en el proceso de empacado de la línea más grande de la planta que es la línea de papa.

1.5. Políticas de calidad

La empresa está comprometida con asegurar la calidad de todas las marcas producidas y distribuidas por la compañía. Conservar la confianza del consumidor mediante la fabricación de productos de calidad superior, desde la compra de las materias primas hasta que el producto terminado llega a las manos de los consumidores. También está comprometida con el desarrollo de productos nuevos de forma ética y responsable, y con la adopción de normas y pautas de ética relativas a la investigación (PepsiCo, 2020).

1.6. Diagnóstico de la situación actual

En este capítulo se describirá rápida y generalmente las actividades de la empresa y los temas a estudiar durante el desarrollo del documento.

Consiste en un estudio rápido de los principales problemas que pueden estar afectando al sistema de producción. También se describirá los problemas en el producto final tomando en cuenta la antigüedad de la instalación y el ritmo de producción que tiene la fábrica, ya que todos estos aspectos están relacionados y pueden estar causando excesos de tiempos muertos, paras inesperadas de las máquinas y pérdidas económicas para la planta.

1.6.1. Líneas de Producción

La planta cuenta con cinco líneas de producción para los diferentes productos fabricados, cada línea de producción cuenta con su sistema de empacado final el cual va a ser motivo de estudio en este documento. La línea de empacado de papa está compuesta por 6 envasadoras verticales, 3 alimentadores transversales, 3 alimentadores principales, 3 cabezales pesadores y 4 bandas recolectoras y

acumuladoras de producto. La descripción y función específica de cada máquina o elemento se realizará en los capítulos siguientes de manera más detallada.



Figura 1.1 Plataforma de empaque
(Fuente: (Propia))

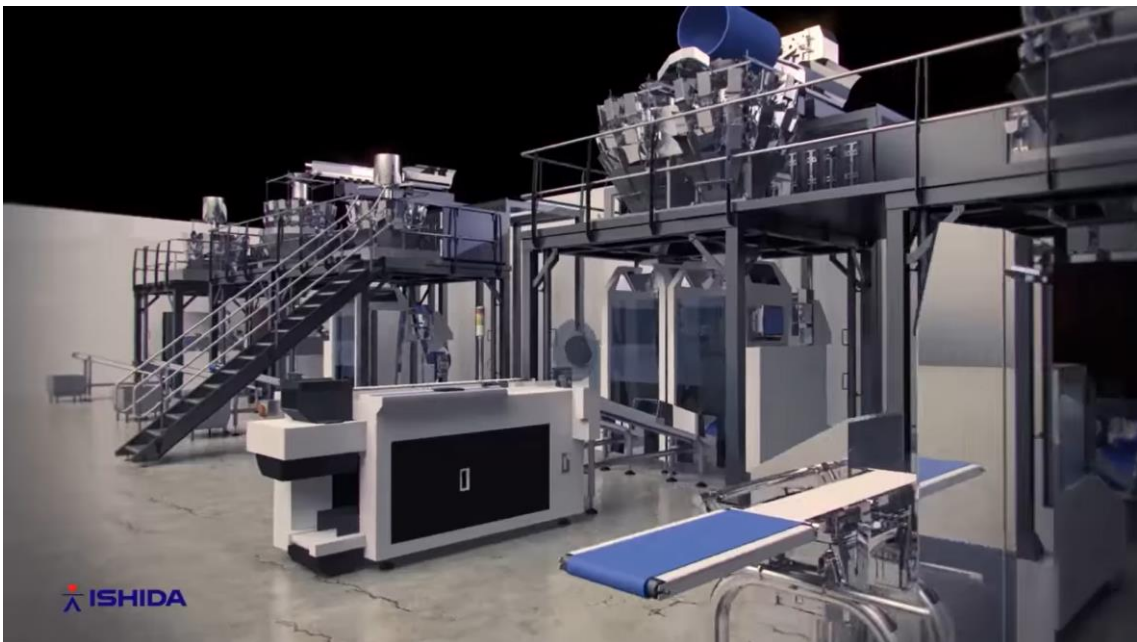


Figura 1.1 Figura esquemática de la línea de empaque
(Fuente: (ISHIDA, 2020))

1.6.1.1 Layout de la línea de empaque

En los siguientes gráficos se puede ver la disposición y localización de las diferentes máquinas que componen la línea de empaque.

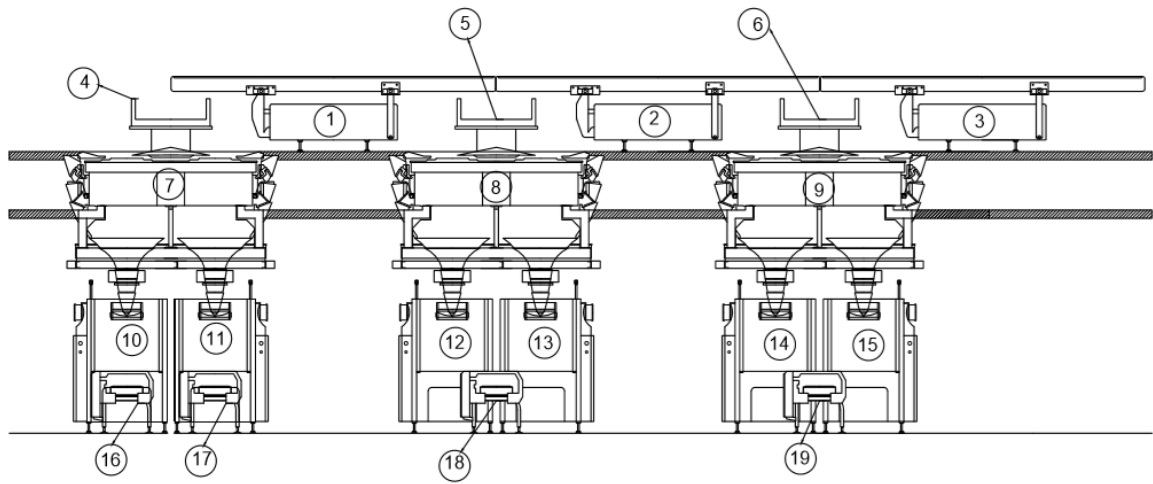


Figura 1.2 Vista frontal de la línea de empaque
(Fuente: propia)

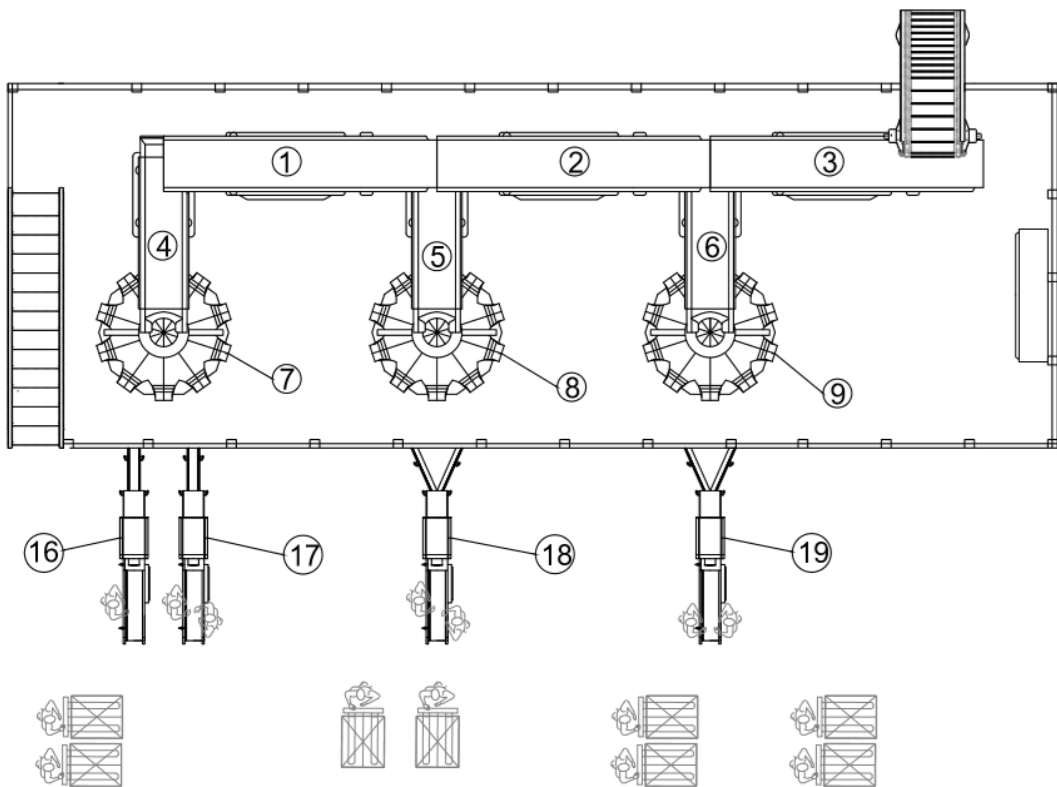


Figura 1.3 Vista superior de la línea de empaque
(Fuente: propia)

Tabla 1.1 Maquinaria de la línea de empaque

Maquinaria de la línea de empaque	
Número	Descripción
1,2,3	Alimentadores principales
4,5,6	Alimentadores transversales
7,8,9	Cabezales pesadores
10,11,12,13,14,15	Envasadoras verticales
16,17,18,19	Bandas recolectoras y acumuladoras de producto

Fuente: (propia)

1.6.2. Problemas durante el proceso de empaque

Cuando alguno de los parámetros de operación falla o no es el adecuado se generan defectos en el producto final, los cuales no son deseados dentro del proceso de fabricación. Los principales problemas que se dan durante el proceso son los siguientes:

1.6.2.1 Problemas en el flujo de producto

Durante el flujo del producto desde el cabezal pesador hasta la zona de embolsado se pueden presentar algunos problemas debidos a las características físicas del producto y de los tubos de formadores. Los indicios de los problemas de flujo en las envasadoras verticales derivan en tiempos muertos, y pueden ser reconocidos en sellados de bolsas defectuosos y problemas de corte.

Hay factores que influyen en el flujo del producto, los más comunes son el tamaño, volumen y densidad del producto, también pueden influir factores geométricos del tubo de formación, como pueden ser diámetro del tubo, geometría del tubo. Los problemas debidos a la geometría del tubo de formación generalmente se deben a una mala elección del mismo o a una decisión sin tomar en cuenta los factores antes mencionados.

Estos aspectos generan bloqueos o atascamientos creados cuando una carga de producto se atasca o genera un retraso lo suficientemente prolongado para juntarse con la siguiente descarga originando exceso de producto dentro del tubo de formación. Cuando esto sucede es necesario detener el proceso para poder limpiar el tubo de manera manual y continuar con el embolsado, esto toma demasiado tiempo y tiene consecuencias económicas graves para la empresa.



Figura 1.4 Flujo de producto dentro del tubo de formado
(Fuente: (Dennis, Greener corporation Soluciones P3TM, 2018))

Los bloqueos del tubo de formación se pueden dar en situaciones donde:

- La relación del tamaño producto-bolsa no es la adecuada.
- Se encuentran presentes unidades de producto sobredimensionados.
- El producto es demasiado liviano, lo que hace que tarde demasiado tiempo en bajar por el tubo de formación o presenta superficies ásperas que producen lentitud en el movimiento.

1.6.2.2 Problemas de sellado

Para obtener un sello de alta calidad se debe calibrar correctamente tres factores que influyen directamente en la calidad del sello, estos factores son calor, tiempo y presión. Cada factor influye directamente en el otro, esto significa que al aumentar o disminuir cualquiera de estas variables afectará de manera positiva o negativa a los demás factores. Por ejemplo, si la velocidad de producción aumenta será necesario aumentar la temperatura o la presión para mantener la integridad del sello.

Una mala calibración o falla en la máquina que provoque que estos factores pierdan calibración puede causar problemas en el producto final, los más comunes son los siguientes:

- Fugas o agujeros en las bolsas
- Deformación del sello causado por exceso de calor
- Abre fáciles

Un buen sello es aquel que es lo suficientemente fuerte para contener el producto dentro del empaque y pueda conservar la hermeticidad para mantener el producto en buen estado durante el periodo de vida previsto.

El tiempo de contacto entre las mordazas definirá la calidad del sello, cuanto más tiempo estén las mordazas en contacto mayor será la penetración de calor y ambas solapas del film se unirán más fácilmente, si el tiempo es demasiado prolongado se generarán deformaciones en el empaque o quemaduras en el sello. Si la velocidad de producción aumenta la temperatura también deberá aumentar para poder alcanzar la temperatura de inicio de sellado, por el contrario, una disminución de la velocidad de producción puede generar problemas si la temperatura no se regula igualmente, ya que la mordaza se puede calentar demasiado y provocar quemaduras o deformaciones en el empaque.

El facto de presión en las mordazas suele ser el que menos atención se presta, ya que por lo general ninguna máquina envasadora cuenta con un sensor de medición de presión, generalmente la calibración se la realiza en base a la experiencia y los resultados. Cuando la presión es demasiado alta puede llegar a cortar el film y si por el contrario la presión no es suficiente se puede dar una falta de fusión en el sello, sin embargo, se puede confundir fácilmente estos problemas debido a que también pueden ser generados por falta de calor en la mordaza, desalineación de la mordaza u holgura incorrecta, lo que dificulta la detección de falta o exceso de presión.

1.6.2.3 Problemas de corte

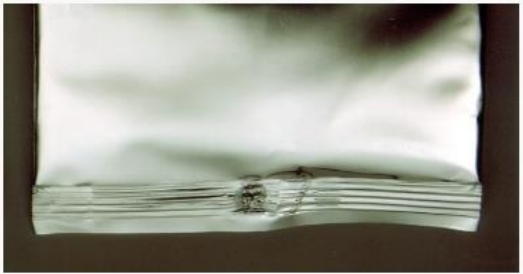



Los problemas de corte generalmente están relacionados con cuchillas desafiladas, malas instalaciones y desgaste de las partes. Esto es un problema muy común debido a la alta productividad de las máquinas, para evitar tiempos muertos es necesario realizar mantenimiento constante y tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.


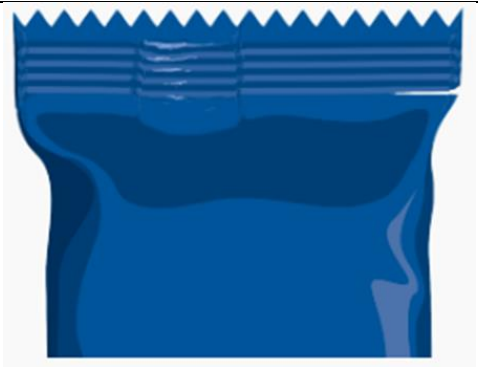
- Siempre que se reemplace la cuchilla también deberá ser reemplazado el yunque respectivo, ya que si la superficie del yunque está desgastada puede causar problemas de corte o un desgaste rápido de la cuchilla nueva.
- Si se utiliza cuchillas diagonales se deberá utilizar yunques radiados (no deben ser yunques planos).
- La cuchilla debe estar correctamente ajustada, no debe sobresalir más allá de la cara de sellado de la mordaza.
- Si se ajusta la altura de la cuchilla con calzas no se debe utilizar varias calzas delgadas, ya que esto puede causar un efecto de esponja permitiendo que la cuchilla se flexione en el centro.

1.6.3. Defectos en el empaque

Los principales problemas en la línea de empaque se dan en la parte final del proceso, más específicamente durante el proceso de corte, sellado y formado de las bolsas. Cuando estos parámetros no están correctamente alineados o por cualquier motivo se produce una des calibración de los equipos se puede originar problemas que afectan a la calidad del empaque final. Los problemas principales que se dan en el empaque son los siguientes:

Tabla 1.2 Defectos del empaque.

Nombre	Descripción	Imagen
Exceso de calor y/o presión	Da origen a mal formaciones en el sello, estas pueden originar fugas de aire en las bolsas.	
Abre fácil	Es un pequeño corte formado junto al final del sello, se puede originar por exceso de presión en las mordazas.	
Producto atrapado	Es cuando el producto se queda atrapado en uno de los sellos, se da generalmente por un problema de pesado o debido a atascamiento de producto.	
Fugas	Pueden ser originadas por falta de presión en el sello, puede originar huecos o fugas en zonas de transición.	

<p>Distorsión por calor</p>	<p>Distorsiona el sello y puede causar una mala adherencia en caliente, donde la película se abre de nuevo en las zonas de transición o mondas, antes de que el sello pueda producirse.</p>	
<p>Presión excesiva</p>	<p>El exceso de presión en las mordazas puede aplastar o dividir fácilmente el sello final.</p>	

(Fuente: (Wojtech, Greener corporation, 2018))

1.6.4. Descripción general del proceso de empaque

En esta sección se describe de manera general el conjunto de pasos y operaciones que se realizan en la línea de empaque para lograr obtener el producto final.

El producto terminado sube a la plataforma de empaque, ubicada un nivel más arriba que las envasadoras verticales, por medio de una banda jirafa que descarga el producto en los alimentadores principales. Estos son los encargados de mover el producto horizontalmente y distribuir a los alimentadores transversales, estos a su vez descargan el producto en los cabezales pesadores, aquí el sistema se encarga de que a cada bolsa le llegue la cantidad adecuada de producto mediante un sistema electrónico de balanzas, posteriormente llega a la parte principal del sistema de empaque, la maquina embolsadora o envasadora vertical, este sistema se encarga de realizar las operaciones de formado, llenado y sellado en una misma etapa de trabajo.

Las bolsas selladas se descargan sobre una banda transportadora que junta y acomoda una bolsa tras otra, para que los operadores puedan colocar manualmente el producto en cartones para su posterior acopio y despacho.

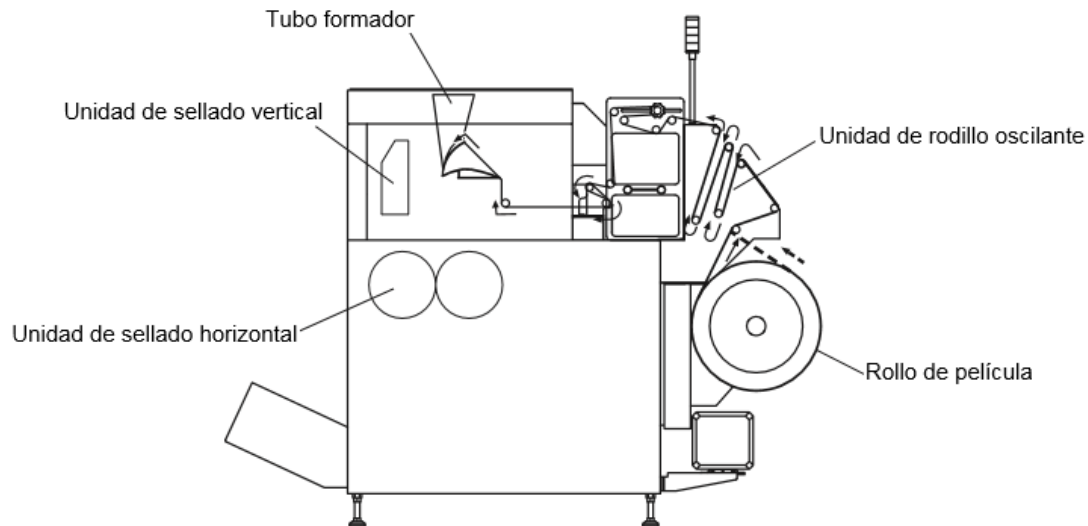


Figura 1.5 Descripción del proceso de embalaje
(Fuente: (ISHIDA CO.))

Según el fabricante de las máquinas envasadoras (ISHIDA CO.) el proceso de embalaje consta de los siguientes pasos:

1. La película es extraída del rollo correspondiente.
2. La película pasa a través del rodillo oscilante y la impresora imprime la fecha y la información adicional en la película.
3. La película se convierte en un tubo en el tubo formador.
4. La unidad de sellado vertical sella los bordes del tubo.
5. Se suministran los productos contenidos en la máquina.
6. Avanza una sección del tubo, suficiente para contener un paquete de producto.
7. La unidad de sellado horizontal sella el extremo inferior del tubo y corta el tubo.
8. El tubo recortado se llena con el producto contenido en la máquina. Con esto concluye el proceso de embalaje.

1.6.5. Ritmo de empaque

Las máquinas envasadoras tienen un alto ritmo de producción, fabricando aproximadamente 200 bolsas por minuto por máquina. Las máquinas deben ser capaces de funcionar las 24 horas del día cumpliendo periodos de trabajo sin descanso de cuatro a seis días.

Debido a la alta producción de la planta es muy importante que la disponibilidad de las máquinas sea lo más alta posible, ya que al ser el empaque la etapa final de producción si ocurre algún tipo de falla toda la línea de producción deberá parar obligatoriamente y dependiendo de la gravedad del fallo se tendrán pérdidas mayores o menores en la

producción. Por esta razón es muy importante tener muy bien organizado las estrategias de mantenimiento necesarias para que estos paros inesperados en las máquinas no ocurran, es necesario estar preparado y sobre todo anticiparse a las fallas, es decir realizar mantenimiento preventivo, y si ocurren tener todos los repuestos necesarios y el entrenamiento del personal adecuado para poder resolver lo más rápido posible las fallas ocurridas.

1.6.6. Antigüedad de la instalación

Las máquinas tienen una antigüedad que va desde los 10 años hasta los 15 años aproximadamente. Dentro de la línea de empaque se pueden encontrar diferentes tipos y modelos de máquinas con diferentes antigüedades.

1.7. Ingeniería de mantenimiento

La ingeniería en mantenimiento actualmente cumple con un rol indispensable dentro de los procesos industriales, su objetivo principal es mantener el correcto estado funcional de los equipos, pero actualmente cumple con otras funciones como la mejora de los procesos productivos, la reducción de los costos de mantenimiento, ayuda a desarrollar estrategias para mejorar las medidas de seguridad y aumentar la calidad del producto.

La Ingeniería del Mantenimiento modernamente comprende una serie de funciones de: aplicación de procesos creativos científico - técnicos, de planificación y gestión empresarial, que permiten alcanzar el mayor grado de confiabilidad en sus sistemas, máquinas, equipos, instalaciones, procesos e infraestructura. En términos industriales la Ingeniería del Mantenimiento conjuntamente con la de Producción permiten obtener productos altamente competitivos por su calidad, cantidad y bajo costo (Aguinaga, 2008).

1.7.1. Historia del mantenimiento

En el transcurso de los años el mantenimiento ha venido evolucionando de manera acelerada, cabe destacar que los cambios más grandes han llegado de la mano de la tecnología. Durante las primeras etapas del mantenimiento simplemente se realizaba lo que hoy conocemos como mantenimiento correctivo, es decir arreglar cuando ocurre un daño, con el transcurso de los años las máquinas fueron volviéndose más complejas y junto con esta evolución fue desarrollándose el mantenimiento hasta llegar a aplicar técnicas de mantenimiento cada vez más complejas como el mantenimiento predictivo que incluye análisis de vibraciones, monitoreo de condición, calidad de aceites. Todas estas nuevas técnicas de mantenimiento nos facilitan la gestión del mantenimiento

brindándonos bases de datos para poder entender y prevenir las fallas y reducir los tiempos muertos en las plantas industriales.

La evolución histórica del mantenimiento ha cursado por un grupo de generaciones. John Moubray, en el año 1991, plantea el desarrollo del mantenimiento a través de tres generaciones, más tarde se agrega una cuarta, y en la actualidad se habla de que el mantenimiento se encuentra cursando por la quinta generación de su desarrollo. (Rodríguez Machado, 2012). Las generaciones del mantenimiento son las siguientes:

La primera generación cubre el período entre 1930 y la Segunda Guerra Mundial. En esta época la industria estaba poco mecanizada y por tanto los tiempos fuera de servicio no eran críticos, lo que llevaba a no dedicar esfuerzos en la prevención de fallos de equipos. Además, al ser maquinaria muy simple y normalmente sobredimensionada, los equipos eran muy fiables y fáciles de reparar, por lo que no se hacían revisiones sistemáticas salvo las rutinarias de limpieza y lubricación. (Rodríguez Machado, 2012). En esta época el único mantenimiento que se realizaba era el correctivo, ya que las máquinas no eran tan complejas ni eran de alta producción.

La segunda generación conforma el período de la segunda guerra mundial. Durante esta época la necesidad de producir grandes cantidades y la falta de mano de obra causada por la guerra inicio el proceso de mecanización de las fábricas. Conforme aumentaba la mecanización, la industria comenzaba a depender de manera crítica del buen funcionamiento de la maquinaria. Esta dependencia provocó que el mantenimiento se entrara en buscar formas de prevenir los fallos y por tanto de evitar o reducir los tiempos de parada forzada de las máquinas. Con este nuevo enfoque del mantenimiento, apareció el concepto de mantenimiento preventivo. (Rodríguez Machado, 2012). En esta generación se comenzaron a realizar revisiones periódicas de las máquinas además se comenzó a planificar los mantenimientos, la segunda generación tenía como objetivo aumentar la disponibilidad, dar mayor vida útil a los equipos y reducir los costos.

La tercera generación empezó aproximadamente en los años setenta. Durante este período el mantenimiento programado toma más importancia, ya que los períodos improductivos o paros no programados representan un problema en la producción. El aumento de la mecanización en las fábricas también hace que las fallas tengan mayor impacto en la producción.

Por estos motivos es que en esta generación aparecen, se desarrollan y se aplican nuevas estrategias en la ingeniería del mantenimiento como son: el mantenimiento predictivo y proactivo, el mantenimiento productivo total TPM, el mantenimiento centrado en confiabilidad RCM y una gran cantidad de métodos estadísticos y de calidad que posibilitan desarrollar adecuadamente las estrategias del mantenimiento como son: histogramas, distribución de Weibull, índices de confiabilidad, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, árbol de fallos, análisis modal de falla y efecto AMFE, análisis causa raíz y otros. Estas estrategias y métodos están relacionadas entre sí y son complementarias. (Aguinaga, 2008)

La cuarta generación esta enfocada en la reducción de fallos empleando técnicas proactivas. Ahora se busca resolver los casos de fallo de raíz, es decir localizar el origen del fallo para corregirlo e impedir que vuelva a suceder. También se incrementa la trascendencia de la mantenibilidad y fiabilidad de las máquinas.

La cuarta generación tiene definidos como objetivos: mayor disponibilidad y fiabilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al Medio Ambiente, mayor vida de los equipos, eficiencia de costes, mayor mantenibilidad, patrones de fallos/ Eliminación de los fallos. Para sustentar estos objetivos las técnicas utilizadas son las siguientes: monitoreo de condición, utilización de pequeños y rápidos ordenadores, Modos de Fallo y Causas de Fallo (FMEA, FMECA), polivalencia y trabajo en equipo/ Mantenimiento Autónomo, estudio fiabilidad y mantenibilidad durante el proyecto, gestión del Riesgo, sistemas de mejora continua, mantenimiento Preventivo, mantenimiento Predictivo, mantenimiento Proactivo / eliminación del fallo, grupos de mejora y seguimiento de acciones. (Rodriguez Machado, 2012).

La quinta generación está centrada en el estudio y la gestión de la vida de un activo o recurso desde su adquisición hasta el fin de la vida útil. Integra prácticas gerenciales, financieras, de ingeniería, de logística y de producción a los activos físicos buscando costes de ciclo de vida (CCV) económicos. Es aplicable en todo tipo de industria y proceso. El objetivo principal de su aplicación es mejorar y mantener la efectividad técnica y económica de un proceso o equipo a lo largo de todo su ciclo de vida. La quinta generación define como objetivos plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de la gestión y operación de mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos (Rodriguez Machado, 2012).

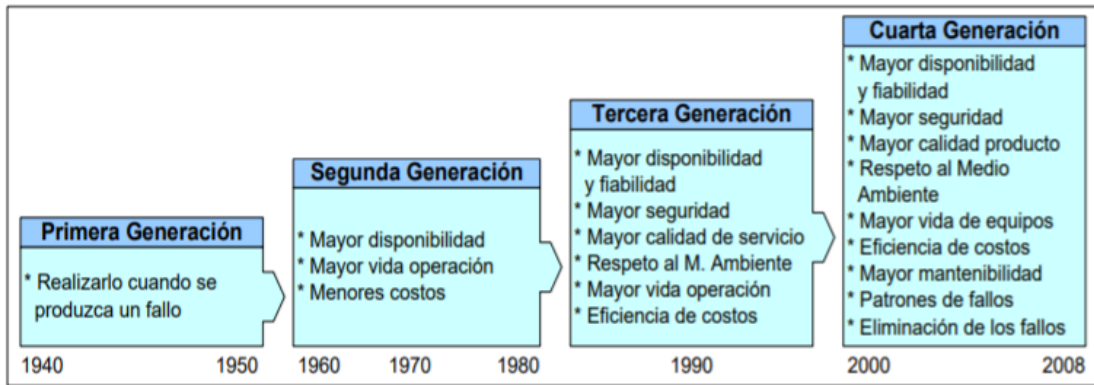


Figura 1.6 Evolución de las expectativas del mantenimiento.
(Fuente (Rodríguez Machado, 2012))

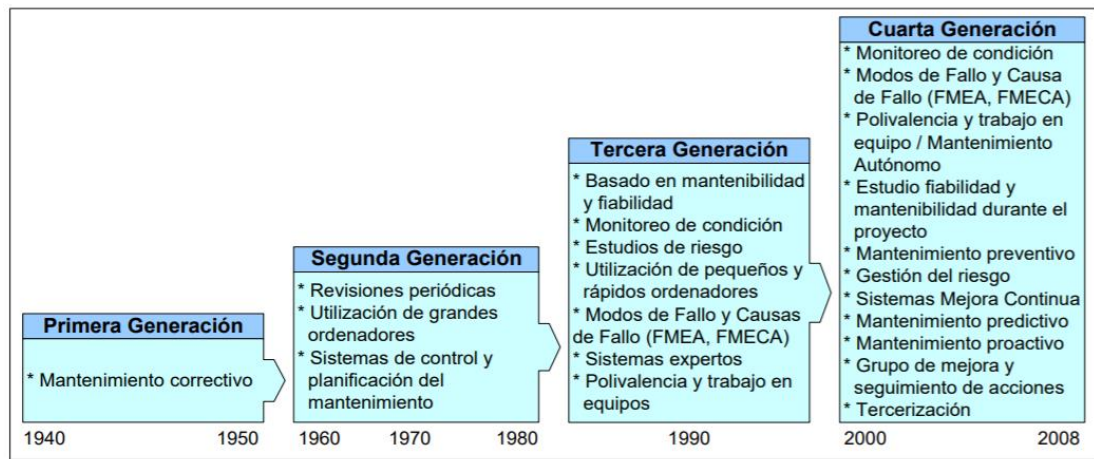


Figura 1.7 Evolución de las técnicas de mantenimiento.
(Fuente: (Rodríguez Machado, 2012))

1.7.2. Funciones del mantenimiento

En pocas palabras la función del mantenimiento se puede describir como la ejecución de los trabajos necesarios para que la funcionalidad de los equipos y máquinas se mantengan en buen estado.

La resolución de esta definición tan amplia dependerá de varios componentes relacionados con la empresa que maneja este departamento, factores que pueden depender de las políticas de calidad de la empresa, de su tamaño, características de producción, etc. Según (Gómez de León, 1998) el campo de acción de un departamento de ingeniería de mantenimiento puede abarcar las siguientes actividades:

- Mantener los equipos e instalaciones operativas eficaces y seguras.
- Efectuar un control del estado de los equipos, así como de su disponibilidad.
- Realizar los estudios necesarios para reducir el número de averías imprevistas.

- En función de los datos históricos disponibles, efectuar una previsión de los repuestos de almacén necesarios.
- Intervenir en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones.
- Llevar a cabo aquellas tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones.
- Instalación de nuevo equipo.
- Asesorar a los mandos de producción.
- Velar por el correcto suministro y distribución de energía.
- Realizar el seguimiento de los costes de mantenimiento.
- Preservación de locales, incluyendo la protección contra incendios.
- Gestión de almacén.
- Tareas de vigilancia.
- Gestión de residuos y desechos.
- Establecimiento y administración del servicio de limpieza.
- Proveer el adecuado equipamiento al personal de la instalación. Tipos de mantenimiento

1.7.3. Estrategias del mantenimiento

El mantenimiento puede dividirse en dos grandes categorías: Mantenimiento planeado y el mantenimiento no planeado.

En el mantenimiento no planeado, nada está organizado y todo se lleva a cabo dependiendo la situación o circunstancia del funcionamiento de las máquinas y equipos, este tipo de mantenimiento se aplica en máquinas o partes en los cuales es muy difícil predecir cuándo ocurrirá una falla y en procesos en los cuales no es de gran importancia detener la producción cada vez que ocurra una falla..

El mantenimiento correctivo no programado o de emergencia, obliga actuar con la mayor rapidez posible para superar las averías producidas, evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores. Se efectúa con la urgencia debida, dependiendo de la avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, etc.) (SENATI, 2007). El principal inconveniente de este tipo de mantenimiento es que las fallas pueden darse en cualquier momento, muchas o pocas veces por lo general se dan en casos en que se encuentra la producción a tope, otra dificultad que se presenta es la disponibilidad de partes de

reemplazo, ya que las fallas ocurren en momentos inesperados y no se garantiza la disponibilidad de los repuestos necesarios.

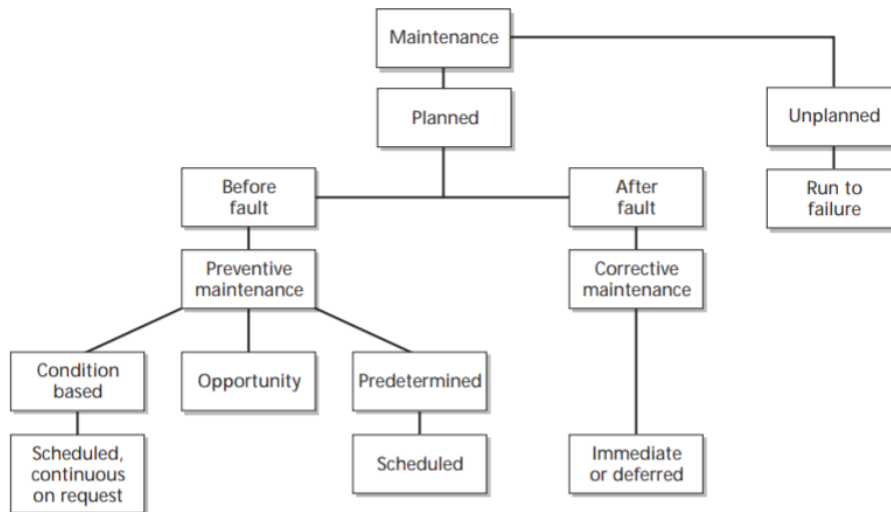


Figura 1.8 Visión general del mantenimiento planeado y no planeado (Fuente: (CIBSE, 2008))

El mantenimiento planeado es organizado, controlado y sigue un procedimiento. Este tipo de mantenimiento permite programar la parada del equipo y la ejecución de los trabajos sin ninguna urgencia y sin interferir en la producción, que lo diferencia del mantenimiento por emergencia. La oportunidad para su realización se dará en los espacios de tiempo de paradas, cambios de turnos, fines de jornada o semana, periodos de baja producción, o en vacaciones del personal, etc (SENATI, 2007).

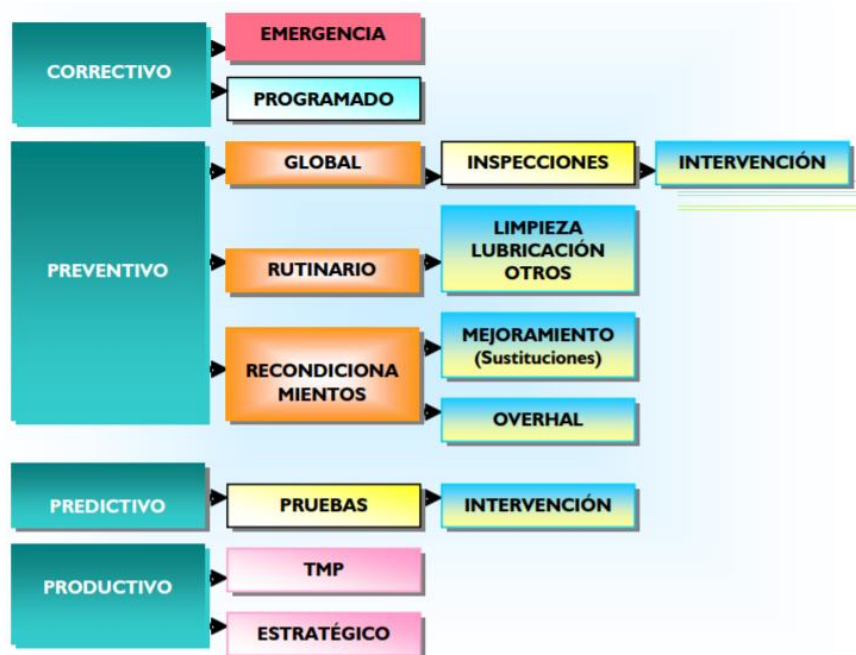


Figura 1.9 Tipos de mantenimiento (Fuente: (SENATI, 2007))

De los diferentes tipos de mantenimiento se analizarán los más importantes y posteriormente se definirá específicamente el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

- **Mantenimiento Correctivo:** se conoce también como **Mantenimiento Reactivo**, este método funciona al reparar las fallas una vez que estas ya han ocurrido y devolver la planta a sus condiciones normales.

Tiene un costo nulo en función del tiempo hasta que la unidad falla y hay que repararla normalmente de urgencia. Este tipo de intervenciones sucede en forma sorpresiva, sin posibilidades de programación, generalmente acompañada de lucros cesantes y daños que normalmente representan costos de gran magnitud, especialmente en la actualidad (Aguinaga, 2008).

- **Mantenimiento Preventivo:** Es aquel en el cual se realizan actividades para mantener una máquina en cierta condición de operación específica de operación, en general se realizan inspecciones periódicas y se tiene un tiempo establecido en el plan de mantenimiento para el reemplazo periódico de las partes o piezas de las maquinas.

El mantenimiento preventivo sugiere, en la mayoría de los casos, que las actividades o la producción del negocio se detenga para poder analizar en profundidad el funcionamiento de ordenadores, equipos y maquinarias. Por esta razón, es importante tener un plan de mantenimiento preventivo distribuido correctamente en el tiempo. A diferencia de otros tipos de cuidado, el mantenimiento preventivo ayuda a disminuir el coste de las reparaciones, ya que se adelanta a los fallos para corregir los problemas que puedan provocarlos (Einatec, 2019)

- **Mantenimiento Predictivo:** Servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, a través del análisis de síntomas o estimativa hecha por evaluación estadística, con el objetivo de predecir el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio o reparación - mantenimiento preventivo por estado (Tavares).

El mantenimiento predictivo o basado en la condición evalúa el estado de la maquinaria y recomienda intervenir o no en función de su estado, lo cual produce grandes ahorros. El mantenimiento predictivo es un conjunto de técnicas instrumentadas de medida y análisis de variables para caracterizar en términos de fallos potenciales la condición operativa de los equipos productivos. Su misión principal es optimizar la fiabilidad y disponibilidad de equipos al mínimo costo.

(Ballesteros Robles, 2017). Las principales técnicas del mantenimiento predictivo son:

- Análisis de vibraciones
 - Ultrasonido
 - Termografía
 - Análisis de corriente eléctrica
 - Monitoreo de condición
 - Análisis de aceites y lubricantes
-
- **Mantenimiento Proactivo:** El Mantenimiento Proactivo, es una estrategia de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio. Habitualmente, en una planta industrial encontraremos todas estas estrategias, aplicadas a diferentes equipos o partes de la instalación (Aguinaga, 2008).
 - **Mantenimiento Productivo Total:** Este tipo de mantenimiento está enfocado a aumentar la productividad, implica la participación de todo el personal, no solo del servicio de mantenimiento, para mantener siempre las instalaciones en buen estado. Este sistema está basado en la concepción japonesa del "Mantenimiento al primer nivel", en la que el propio usuario realiza pequeñas tareas de mantenimiento como: reglaje, inspección, sustitución de pequeñas cosas, etc., facilitando al jefe de mantenimiento la información necesaria para que luego las otras tareas se puedan hacer mejor y con mayor conocimiento de causa (Muños Abella).

1.7.4. Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Este tipo de mantenimiento fue creado en Estados Unidos por la industria aeronáutica, los buenos resultados del RCM en la industria aérea ha hecho que nuevos sectores se vean interesados en la implementación de este sistema, tales como centrales nucleares, termoeléctricas, la industria del petróleo, fábricas de gas. Un aspecto importante del mantenimiento centrado en la confiabilidad es que impulsa la usanza he implementación de tecnologías modernas de mantenimiento, el empleo de dichas tecnologías de mantenimiento junto con el enfoque del RCM hacen que el proceso sea más eficiente,

optimiza el proceso de producción y disminuye los posibles riesgos de seguridad industrial y medioambientales que pueden presentarse junto con los fallos.

Según (Smith, 1992) el mantenimiento centrado en la confiabilidad se define como: Una filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es necesario porque:

- Permite asociar los fallos con los riesgos del negocio
- Mejora la seguridad de los operadores
- Considera la fiabilidad del equipo o elemento
- Disminuye los costos de los inventarios de repuestos.

1.7.4.1 Confiabilidad Operacional

Es la capacidad de un proceso de cumplir la función para la cual fue asignada, la confiabilidad operacional consta de cuatro factores, los cuales es necesario analizar para mantener el control del sistema, estos son: confiabilidad de los procesos, confiabilidad operacional o humana, confiabilidad y mantenibilidad de los quipos.



Figura 1.10 Factores de la confiabilidad
(Fuente: (Espinosa fuentes))

Para las empresas la función principal del análisis de confiabilidad es controlar el costo de la no confiabilidad que se da por los fallos de los equipos y paros de los procesos, generando grandes pérdidas económicas.

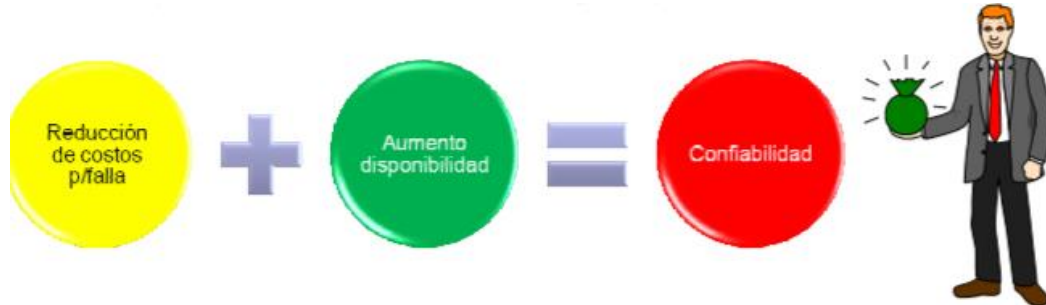


Figura 1.11 Confiabilidad.
(Fuente: (Vicente, Kessel, & Risso, 2008))

1.7.4.2 Las siete preguntas del RCM

El RCM es aplicado para determinar las tareas de mantenimiento particulares que se van a realizar, así como para influir en la confiabilidad y mantenibilidad del elemento. Es preciso definir qué clase de elementos existen y van a ser analizados, luego se realiza una cadena de cuestiones acerca de cada uno de los elementos elegidos, de acuerdo a la norma (SAE-JA1011, 1999) las siete interrogantes son las siguientes:

- ¿Cuáles son las funciones?
- ¿De qué forma puede fallar?
- ¿Qué causa que falle?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
- ¿Qué sucede si no puede prevenirse la falla?

1.7.4.3 Etapas del RCM

El mantenimiento centrado en la confiabilidad consta de diez pasos en su implementación. Esta metodología garantiza la documentación que registra exactamente como se seleccionaron las tareas de mantenimiento y por qué estas fueron las mejores selecciones posibles entre una serie de alternativas competitivas. Estos diez pasos incluyen:

- Fase 1: Definición de indicadores clave. Es un trabajo preliminar consta en la selección de indicadores de mantenimiento y evaluación de los mismos previo al inicio del estudio.

- Fase 2: Identificación de sistemas y subsistemas. Para ello es necesario desarrollar el árbol jerárquico de la planta, para esto es necesario conocer los sistemas, subsistemas, equipos y partes que componen cada sistema.
- Fase 3: Estudio de sistemas y subsistemas. Identificación de detalles técnicos y funciones de cada parte, elemento, subsistema y sistema detallados en el paso anterior.
- Fase 4: Identificación de fallos.
- Fase 5: Identificación de los modos de fallo es decir determinar el porqué de las causas de los fallos nombrados previamente.
- Fase 6: Análisis de consecuencias de los modos de fallo. Cada modo de fallo se debe categorizar según la importancia, dependiendo la norma a seguir pueden clasificarse en críticos, tolerables o insignificantes.
- Fase 7: Identificación de tareas de prevención:
 - Modificaciones
 - Implementación de sistemas para evitar averías
 - Mejora en el proceso
 - Tareas de mantenimiento
 - Protocolos de mantenimiento y operación
 - Tareas de formación
 - Lista de repuestos necesarios
 - Adopción de medidas en caso de fallo
- Fase 8: Creación de un plan de mantenimiento y listado de medidas preventivas: Una vez concluido las fases anteriores tenemos una gran cantidad de información que debe ser sintetizada, como resultado de esto se obtiene varios documentos como pueden ser:
 - Plan de mantenimiento
 - Lista de mejoras técnicas a implementar
 - Actividades de formación
 - Listado de procedimientos de mantenimiento y operación a mejorar.
- Fase 9: Implementación de las medidas de mejora.
- Fase 10: Seguimiento y evaluación de los resultados.

1.7.5. AMFE

Un AMFE es una herramienta de diseño que ha existido hace varios años y es reconocida como una herramienta esencial en el diseño desde el concepto hasta el

desarrollo de todo tipo de equipo concebible. Se define comúnmente como una serie de pasos para reconocer posibles fallas de diseño y proceso, con el fin de eliminarlos o disminuir el riesgo asociado a ellos. Este tipo análisis trae varios beneficios a las empresas como puede ser la reducción de tiempos muertos, la mejora de procesos, la mejora de diseños, aumentar la seguridad y salud ocupacional, disminuir el impacto ambiental, mejorar la productividad. Los procedimientos AMFE se basan en estándares de la ingeniería de confiabilidad.

“El AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos es un método dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que, mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo. (HORDAGO, 2013). Hay dos clases de análisis AMFE:

AMFE de diseño, este análisis se aplica como su nombre mismo lo dice en la etapa de diseño. Sirve para anticiparse a los problemas y necesidades que puedan presentarse posteriormente en el proceso, se analiza características como el material que será usado, su configuración física, sus dimensiones y todo aspecto que pueda originar una falla.

AMFE de proceso, con este análisis podemos identificar los fallos que pueden presentarse en un proceso industrial, es decir se identifica los fallos probables que puedan originarse en cada uno de las partes y como estos afectan al resultado final del producto.

1.7.5.1 Objetivos del AMFE

El método AMFE debe dar una descripción de los diferentes modos de fallo para todos los ítems de los equipos con respecto a sus funciones. De este modo, todo punto crítico puede ser identificado, con el objetivo de ser eliminado o minimizado durante una etapa temprana del proyecto ya sea durante el diseño o mediante la introducción de procedimientos operativos claros. Los objetivos esenciales del AMFE son:

- Identificación de equipos o subsistemas, modo de operación
- Identificar fallas potenciales y sus posibles causas
- Evaluar el efecto de las posibles fallas en el sistema

- Identificar medidas para suprimir o disminuir el peligro asociado con cada modo de falla
- Identificar ensayos y pruebas necesarias para probar y proporcionar información a los operadores y mantenedores del sistema para que comprendan las capacidades y limitaciones del sistema, para poder lograr el mejor desempeño.

1.7.5.2 Modo de fallo

Se puede definir como un suceso aislado que produzca que el sistema no funcione adecuadamente, es decir, es todo evento que cause una falla funcional. Es importante realizar este análisis, ya que un sistema puede tener miles de causas de fallas, entonces una vez que hayamos identificado los modos de fallo podemos saber que puede ocurrir cuando se presenta un modo de fallo, para poder estar preparados y saber que se puede hacer para eliminar o reducir el riesgo asociado.

Un modo de fallo significa que un elemento o sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él. El fallo es una desviación o defecto de una función o especificación (HORDAGO, 2013).

1.7.5.3 Falla funcional

Un fallo funcional es cuando una parte del sistema no cumple con la función para la cual fue diseñada, por ejemplo, un pistón neumático cumple la función de empujar una caja de forma horizontal a una distancia de 20 cm y funciona a una presión entre 3 y 4 bares, el fallo funcional sería el pistón neumático no empuja la caja de forma horizontal a una distancia de 20 cm.

1.7.5.4 Efecto del fallo

Un efecto de falla es la repercusión o consecuencia que tendrá el fallo sobre el sistema. Si un modo de fallo tiene muchos efectos, cuando se evalúe los efectos se deberá escoger el más grave. Entre los efectos más comunes están: no puede alinearse, no gira, no sujeta, no sella, etc.

1.7.5.5 Causas del modo de fallo

Se pueden encontrar en la iniciación de la falla, es decir es la razón o la consecuencia por la cual se da la falla. Es necesario asociar cada una de las causas de fallo posibles a cada modo de fallo, ya que así será posible enfocarse en la raíz del problema. Cada modo de fallo puede tener más de una causa asociada.

Supongamos que estamos analizando la función de refrigeración de un reactor químico a través de un serpentín con aporte continuo de agua.

- Modo de fallo 1: Ausencia de agua.

Causas: fallo del suministro, fuga en conducción de suministro, fallo de la bomba de alimentación.

- Modo de fallo 2: Pérdida de capacidad refrigerante.

Causas: Obstrucciones calcáreas en el serpentín, perforación en el circuito de refrigeración. Efecto en ambos modos de fallo: Incremento sustancial de temperatura.

Descontrol de la reacción. (Aguinaga, 2008)

1.7.5.6 Gravedad

Mide la importancia o severidad del daño que puede provocar el fallo según la percepción del cliente, da valores a la gravedad según la insatisfacción que pueda provocar la falla en la percepción del consumidor. Este índice solo es posible mejorarlo realizando modificaciones en el diseño.

Tabla 1.3 Clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

(Fuente: (NTP679, 2004))

Siempre que la gravedad esté en los niveles de rango de gravedad superior a 4 y la detectabilidad sea superior a 4, debe considerarse el fallo y las características que le corresponden como importantes. Aunque el IPR resultante sea menor al especificado como límite, conviene actuar sobre estos modos de fallo. De ahí que cuando al AMFE se incorpora tal atención especial a los aspectos críticos, el método se conozca como AMFEC, correspondiendo la última letra a tal aspecto cuantificable de la criticidad (NTP679, 2004)

1.7.5.7 Frecuencia

Es la posibilidad de que la causa de fallo ocurra y origine el modo de fallo. Es una estimación relativa, por lo tanto, se recomienda usar datos estadísticos de fallas anteriores para poder determinar correctamente este índice. No obstante, la experiencia es esencial. La frecuencia de los modos de fallo de un producto final con funciones clave de seguridad, adquirido a un proveedor, debería ser suministrada al usuario, como punto de partida, por dicho proveedor (NTP679, 2004). Para disminuir el índice de frecuencia podemos:

- Modificar el diseño.
- Modificar o reforzar los protocolos de prevención contra el fallo potencial.

Tabla 1.4 Clasificación de la frecuencia/probabilidad de ocurrencia de modo de fallo.

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos , ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos . Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

(Fuente: (NTP679, 2004))

1.7.5.8 Detectabilidad

Este índice sirve para evaluar la posibilidad de que la causa de fallo sea detectada antes de que ocurra, para así poder evitar los posibles daños que esta pueda causar. Es decir, la capacidad de detectar el fallo antes de que llegue al cliente final. Inversamente a los otros índices, cuanto menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente Índice de Riesgo (NTP679, 2004).

Se puede reducir este índice aumentando los controles de prevención sin embargo esto tiene un costo muy alto, otra opción es modificar el diseño para que sea más fácil la detectabilidad.

Tabla 1.5 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo.

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

(Fuente: (NTP679, 2004))

1.7.5.9 Índice de prioridad de riesgo

También conocido como IPR, es útil para establecer la prioridad de intervención en cada modo de fallo. Este índice se calcula mediante la multiplicación entre la frecuencia, detectabilidad y la gravedad.

$$IPR = FxDxG \quad (1)$$

El valor máximo del IPR será de 1000, un IPR inferior a 100 no requerirá de ninguna intervención.

El ordenamiento numérico de las causas de modos de fallo por tal índice ofrece una primera aproximación de su importancia, pero es la reflexión detenida ante los factores que las determinan, lo que ha de facilitar la toma de decisiones para la acción preventiva (NTP679, 2004).

1.7.5.10 Proceso para realizar un AMFE

Para realizar un AMFE se requiere de un grupo de personas que van a trabajar conjuntamente, aportando desde las diversas áreas de la empresa, áreas de interés como ingeniería, métodos, producción, calidad, mantenimiento.

Para la realización del AMFE es necesario dirigir al grupo hacia la identificación de los problemas potenciales de calidad del producto o del proceso, de una forma estructurada (HORDAGO, 2013). A continuación, se debe identificar los distintos modos de fallo, para lograr esto es recomendado usar el diagrama de causa-efecto, para cada modo de fallo se debe determinar:

- Efecto del fallo
- Causa del fallo

- Gravedad
- Frecuencia
- Detectabilidad
- EI IPR
- Listado de acciones correctoras

Con el listado de acciones correctoras concluye la primera etapa de implementación del AMFE. Posteriormente con el fin de mejorar los índices de prioridad de riesgo el equipo AMFE se debe reunir y evaluar los resultados de las acciones correctoras propuestas, con estos datos el equipo puede reevaluar el IPR, si con el nuevo IPR se cumplen los objetivos planteados inicialmente el AMFE puede darse por concluido.

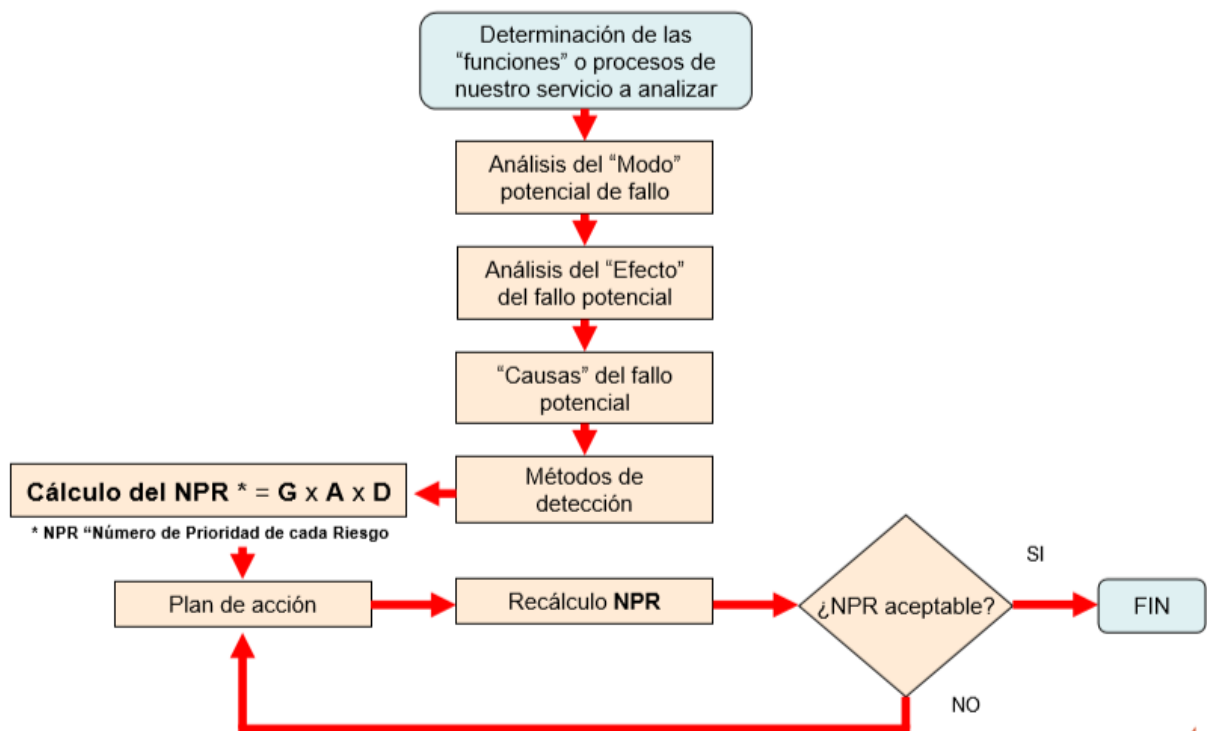


Figura 1.12 Diagrama de flujo para elaborar un AMFE.
(Fuente: (MDS))

1.7.6. Análisis de Causa Raíz

Muchas veces las personas se preocupan de resolver los problemas, pero no se ocupan de encontrar que es lo que está causando ese problema, por esta razón se ha creado una herramienta llamada análisis de causa raíz, que consta de un sistema de pasos para lograr encontrar el origen de los fallos y así poder mejorar los procesos productivos y por ende la confiabilidad de los equipos.

El Análisis de Causa Raíz (ACR) es básicamente una serie de metodologías que utilizan las organizaciones para establecer las causas que generan a determinadas cuestiones. El fin es utilizar el pensamiento objetivo para descifrar por qué algo salió mal o por qué algo no es posible, en lugar de culpar a los individuos o creer a los detractores que afirman que no se puede hacer o que se puede mejorar.

(Ovalles Acosta, Gisbert Soler, & Pérez Molina, 2017). Las causas raíz se pueden agrupar en tres niveles:

- Raíces físicas: Como su nombre mismo lo indica son todas las causas físicas que puedan afectar al sistema.
- Raíces humanas: aquí se encuentra el factor humano que puede afectar directa o indirectamente al correcto funcionamiento del punto a analizar, aquí puede existir factores como la mala preparación de los operadores, errores de diseño, etc.
- Raíces latentes: son todos los problemas que, aunque no hayan ocurrido es factible que ocurra.

1.7.6.1 Técnica de los 5 porqués

Los 5 porqués típicamente se refieren a la práctica de preguntar 5 veces por qué el fallo ha ocurrido, a fin de obtener la causa o las causas raíz del problema. Ninguna técnica especial o forma es requerida, pero los resultados deben ser capturados en una hoja de trabajo. Los 5 porqués es una excelente técnica para abordar un simple análisis de causa raíz (Ovalles Acosta, Gisbert Soler, & Pérez Molina, 2017).

1.7.6.2 Diagrama de Causa-Efecto

Creado por Ishikawa, es un gráfico en forma de espina de pescado, a través de la cual tenemos aglutinadas variables y/o categorías que podrían ser consideradas como origen y causa del problema en cuestión. En esta clase de diagrama se suelen analizar los factores que puedan contribuir a la aparición de un problema, los factores comúnmente analizados son:

- Mano de obra
- Método
- Máquina
- Material

- Medio ambiente
- Medición

Esta herramienta no ofrece respuesta a una pregunta, como el análisis de Pareto, diagramas Scatter o histogramas; en el momento de generar el diagrama causa-efecto, normalmente se ignora si estas causas son o no responsables de los efectos. Por otra parte, un diagrama causa-efecto bien organizado sirve como vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido (Zapata & Villegas, 2006)

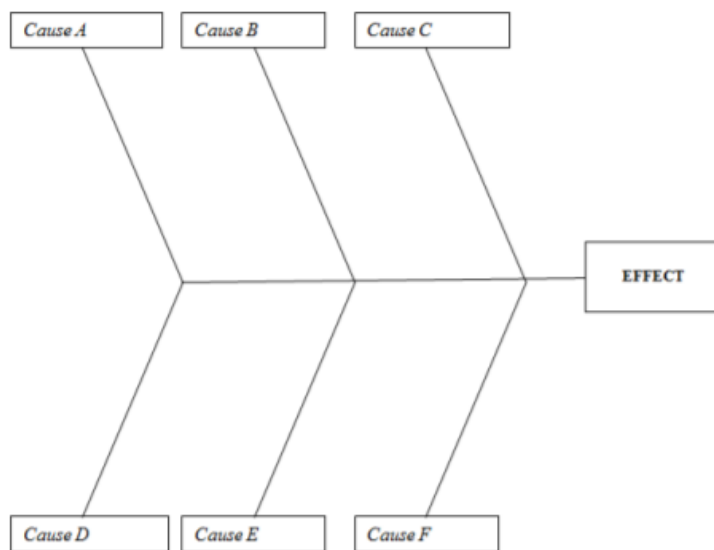


Figura 1.13 Diagrama de Causa y Efecto.
(Fuente: (Coccia, 2017))

2. METODOLOGÍA

2.1. Estudio y descripción general

En este capítulo se presenta un estudio de las partes que componen la línea de empaque de la planta industrial. Se detallarán los aspectos más importantes de las máquinas, así como de los sistemas principales que componen cada máquina.

2.1.1. Máquinas empacadoras

La línea de empaque está compuesta por seis envasadoras verticales Ishida Atlas. A continuación, se describe el funcionamiento de esta máquina envasadora.

2.1.1.1 Envasadora vertical

La envasadora vertical es una máquina de alta producción, está diseñada para empaquetar diferentes productos en bolsas de film, formando, llenado y sellando en una misma etapa de trabajo. La velocidad de empaque va desde 10-250 bolsas por minuto.

En este tipo de envasadora vertical se puede ajustar el tamaño de bolsa para así poder fabricar los diferentes paquetes comerciales ya sea en tamaño familiar o individual, también brinda muchas facilidades al operador, ya que prácticamente todo el proceso es automático.

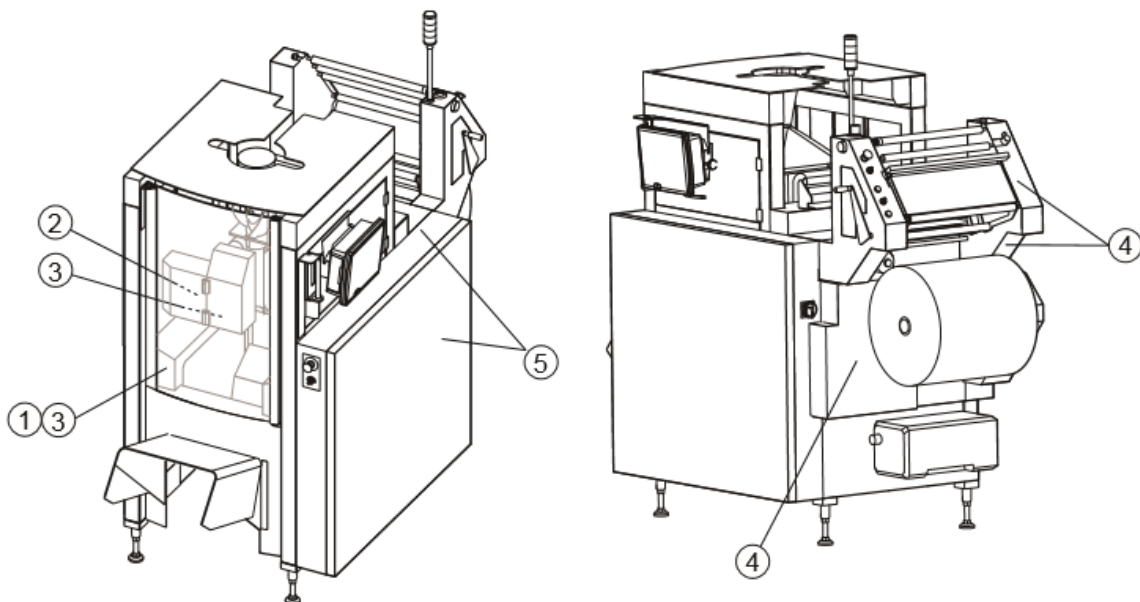


Figura 2.1 Vista frontal y posterior de la envasadora vertical
(Fuente: (ISHIDA CO.))

Los aspectos técnicos se describen en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Aspectos técnicos máquina envasadora

Modelos		ATLAS
Velocidad de marcha *		10 - 250 BPM
Tamaño de la bolsa	Anchura	75 mm - 230 mm
	Longitud	75 mm - 533 mm
Tamaño de la película	Diámetro exterior máximo del rollo	500 mm
	Anchura máxima del rollo	483 mm
	Diámetro interior del núcleo del rollo	76,2 mm
Producto		Bocadillos, por ejemplo, patatas fritas, palomitas de maíz, tortillas fritas
Método de alimentación del producto		Tipo de balanza sobremontada
Movimiento de avance de la película		Continuo/intermitente
Tamaño de la máquina	Anchura	1.000 mm
	Altura	1.700 mm
	Longitud	1.780 mm
Alimentación eléctrica	Tensión eléctrica **	Sin transformadores - trifásica de 200 VCA - 208 V VA W 50/60 Hz Transformadores incorporados - trifásica 220 VCA - 480 V
	Fluctuación admisible de tensión	±10 %
Fuente de aire		0 - 1 MPa (4,1 - 10,2 kgf/cm ²) 60 NI/min
Peso neto		1.300 kg
Temperatura de funcionamiento		0 - 40 °C HR30 - 80 %: sin condensación
Opciones		Impresora de datos, conjunto de interruptor neumático de nitrógeno y electroválvula para el chorro de aire Kit de cuchilla para película de la placa de empalme - Husillo doble

(Fuente: (ISHIDA CO.))

2.1.2. Sistemas principales de una envasadora vertical

Una máquina envasadora vertical consta de los siguientes subsistemas:

- Unidad de vacío
- Unidad de control remoto RCU
- Unidad de alimentación de film
- Unidad de sellado vertical
- Unidad de sellado horizontal
- Unidad de arrastre
- Unidad de formado

- Unidad de corte

2.1.2.1 Sistema de vacío:

Cada envasadora vertical tiene una bomba de vacío individual, el vacío generado es utilizado para el desplazamiento del film en las correas de tracción. Las correas de tracción poseen caños detrás de estas, estos caños generan vacío haciendo que el film se una a las correas de arrastre y se puedan deslizar suavemente sobre el tubo del formador.



Figura 2.2 Bomba de vacío.
(Fuente: (Gardner Denver, 2020))

2.1.2.2 Unidad de control remoto RCU:

Es un sistema de visualización y de control electrónico en el cual se puede realizar los ajustes necesarios para la producción y para el rendimiento de esta. En este sistema es necesario ingresar datos o variables de operación como la longitud de la bolsa, presión de sellado, tiempo de sellado, velocidad del proceso, nombre del producto, temperatura del sello, también se puede seleccionar opciones de operación o mantenimiento y visualizar avisos de errores ocurridos.



Figura 2.3 Visualización de datos en RCU
(Fuente: (ISHIDA CO.))

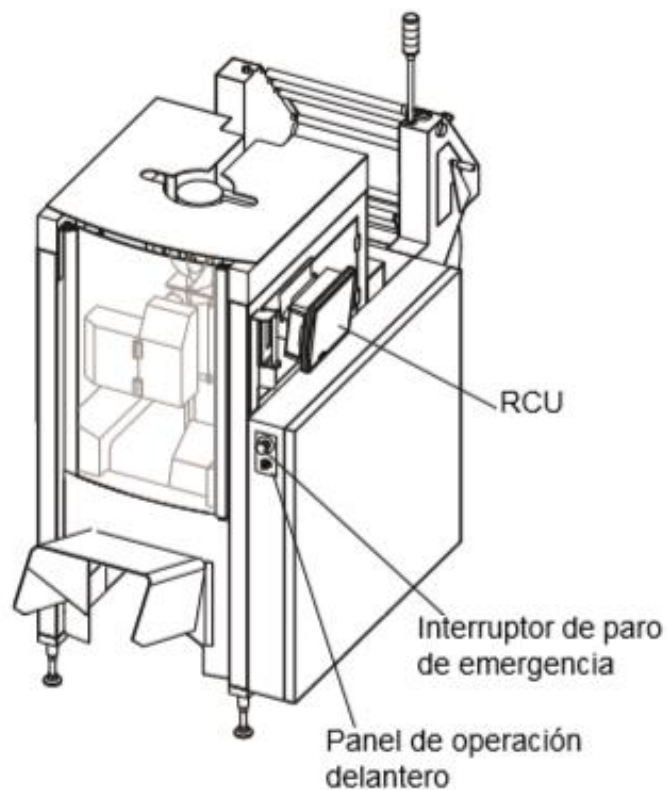


Figura 2.4 Ubicación de la RCU en la envasadora.
(Fuente: (ISHIDA CO.))

2.1.2.3 Sistema de alimentación del film:

Las envasadoras verticales brindan una alimentación rápida y precisa del film para lograr un embalaje de alta velocidad, el sistema consta de una célula de carga para controlar la tensión del film, la célula de carga detecta a tiempo real la carga aplicada por el film en los rodillos, automáticamente controla el ratio de alimentación del film para mantener una tensión constante.

La película o film se extiende por una red de rodillos hasta llegar al ala del formador y posterior tubo de formador donde se hace la bolsa, durante este trayecto se imprime la fecha de caducidad o cualquier información requerida en la bolsa. Para trasportar la película de la manera más uniforme posible, la red es guiada por un brazo móvil de rodillos llamado 'bailarinas' que se mueve de adelante hacia atrás. El brazo de las bailarinas está unido a un resorte de torsión que mantiene la red de la película bajo la tensión correcta, esto mejora el desenrollado del film y el curso de la película a través de la máquina.

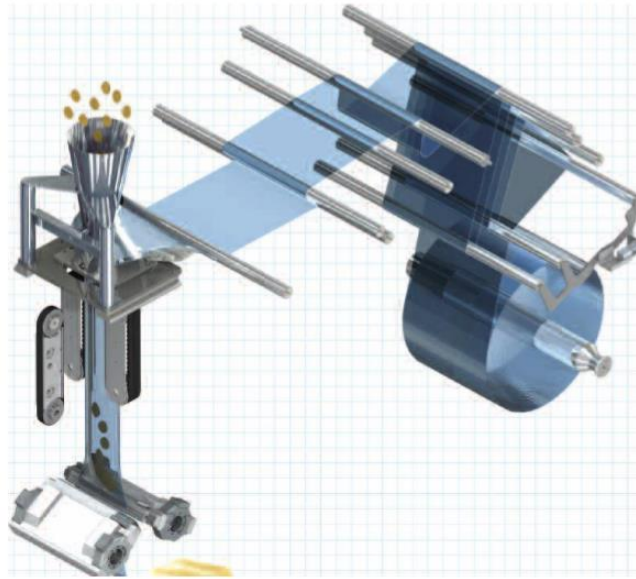


Figura 2.5 Sistema de alimentación de film
(Fuente: (ISHIDA, 2020))

Cualquier impedimento en el libre flujo del film puede causar problemas en las envolturas causando distorsiones en las bolsas o inclusive creando fugas en los sellos, por lo general una combinación de factores suelen ser los culpables. El sailor o ala del cuello del formador es el encargado de convertir el film de forma plana a tubular, debe soportar la tensión generada cuando el film plano es formado en el tubo, poca o mucha tensión pueden causar arrugas y pliegues en el empaque. Para asegurar la calidad del empaque se debe tomar en cuenta ciertos parámetros de regulación, como pueden ser:

- La posición de los rodillos debe asegurar el contacto uniforme entre el film y el sailor (posición 1 y 2 de la figura 2.6).
- No es recomendado que la posición del rodillo se encuentre por debajo del ala del formador, ya que se genera alta fricción que puede desgastar prematuramente el borde del formador (posición 3 de la figura 2.6).
- Asegurarse de que el film mantenga contacto en todo momento con el ala del formador, la posición del rodillo no debe levantar el film con respecto a la superficie del ala del formador (posición 4 de la figura 2.6).
- El rodillo de formación y el borde del ala del formador siempre deben estar paralelos para evitar que la tensión no sea homogénea a lo ancho del film (ver figura 2.7).
- La desalineación en el rodillo del formador causa desgaste en el labio del collar formador, lo cual puede agravar los problemas de arrugas o pliegues en el empaque.

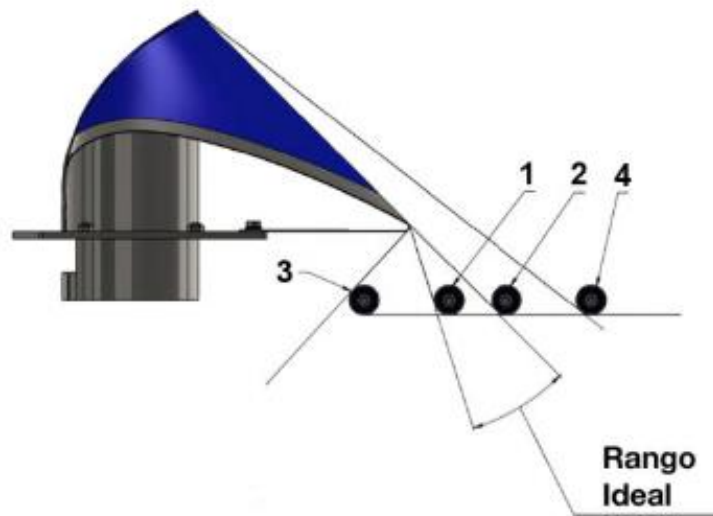


Figura 2.6 Posiciones del rodillo de formación.
 (Fuente: (Wojtech, Greener Corporation Soluciones P3TM, 2017))

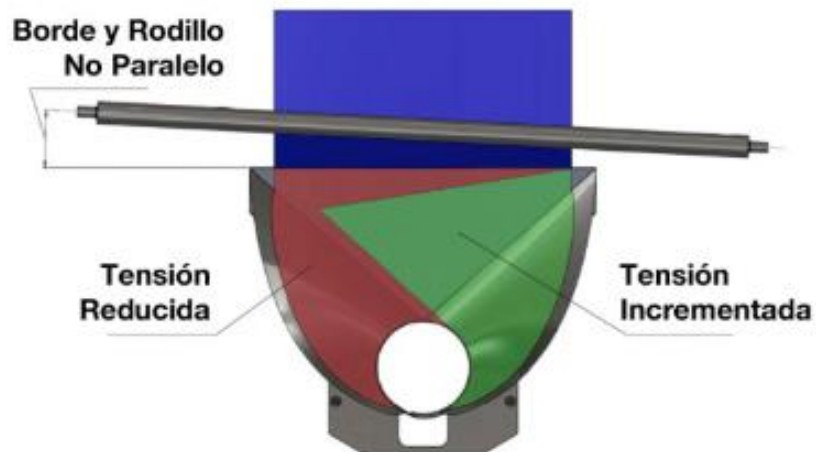


Figura 2.7 Ala del formador y rodillo de formación.
 (Fuente: (Wojtech, Greener Corporation Soluciones P3TM, 2017))

El sistema de alimentación de film también consta de una fotocelda, que sirve para detectar la posición de corte entre cada una de las bolsas.

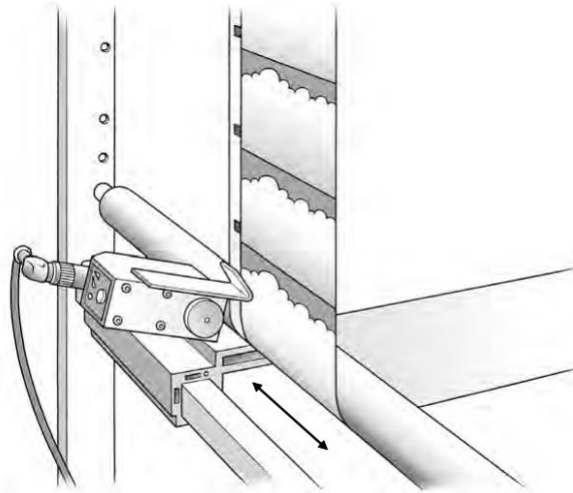


Figura 2.8 Fotocelda
(Fuente: (Bosch, 2014))

2.1.2.4 Sistema de sellado vertical

El sistema de sellado vertical consiste en un bloque calentador que se encuentra montado en la parte central y una banda de termosellado, estas se encargan de realizar la costura vertical a las bolsas de producto.

La banda de termosellado o sello vertical está programada internamente para funcionar a la misma velocidad que las bandas de arrastre, acelera y desacelera coordinadamente ambos sistemas juntos.

Para su correcto funcionamiento se debe mantener siempre limpia la banda, no se debe limpiar cuando la banda se encuentre girando, si la banda se encuentra dañada o rota un sensor de presión lanzara una alerta al operario. La banda entra en contacto con el film gracias a un cilindro neumático que se encuentra en el centro de la unidad de termosellado y que se extiende hacia el interior de la máquina de empaque, la banda debe estar casi paralela al tubo del formador, con solo unos grados en ángulo hacia afuera en la parte superior. Si el ángulo es muy abierto el velcro del formador se desgasta rápidamente en la base.

Cuando la máquina se encuentra en pausa el sello se retrae para no derretir el film, se debe alinear manualmente la banda de sellado con el traslape del film, esto se puede realizar ajustando una perilla que se encuentra en la parte superior de la unidad de sellado.

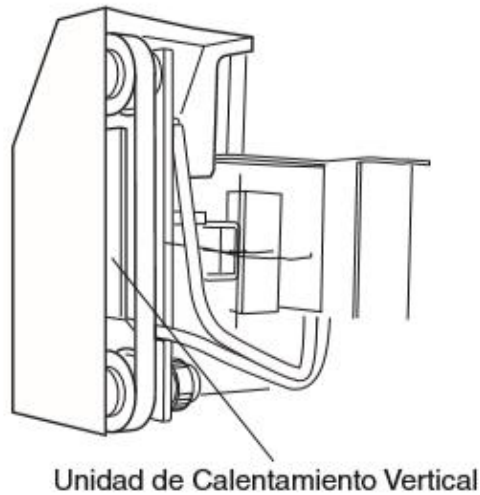


Figura 2.9 Unidad de sellado vertical (Correa de sellado accionada).
(Fuente: (ISHIDA CO.))

Sistemas de sellado antiguos constan de una resistencia eléctrica que se asienta directamente sobre el traslape del film ya sea por un accionador mecánico o neumático. Este sistema es menos eficiente que el de la banda de sellado ya que al no ser un sistema continuo la productividad es mucho menor al descrito anteriormente. Actualmente todas las envasadoras verticales de alta productividad tienen un sistema de sellado vertical por banda giratoria.

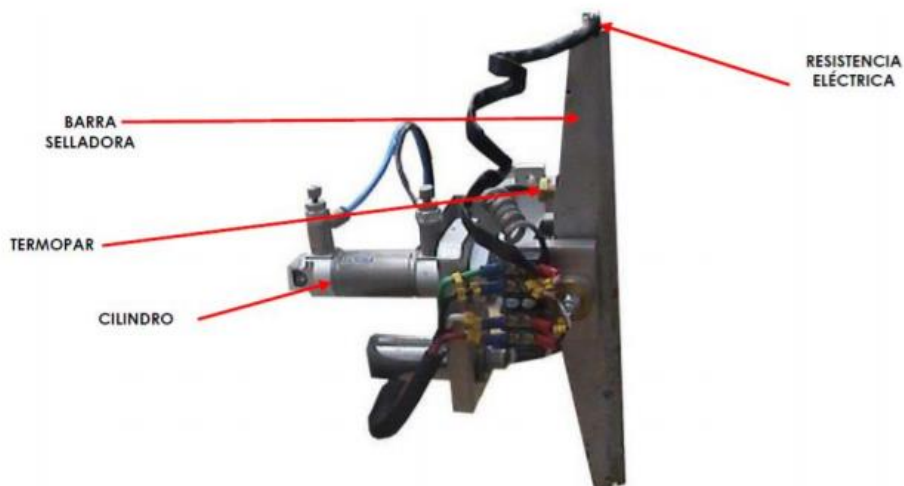


Figura 2.10 Unidad de sellado vertical simple.
(Fuente: (Reyes, 2012))

2.1.2.5 Sistema de sellado horizontal

Existen dos principales clases de sistemas de sellado horizontal, sistemas rotatorios y sistemas no rotatorios. Dentro de los sistemas rotatorio se encuentran los tipo O y tipo

D, la principal diferencia entre los sistemas rotativos O y D es el tiempo de sellado, como se puede ver en la figura 2.11 cuando la mordaza describe una curva tipo O se tocan brevemente una vez, entonces el tiempo de sellado es limitado, por el contrario en la curva tipo D cuando las mordazas se encuentran en la recta interna de lados paralelos el tiempo de sellado es más largo.

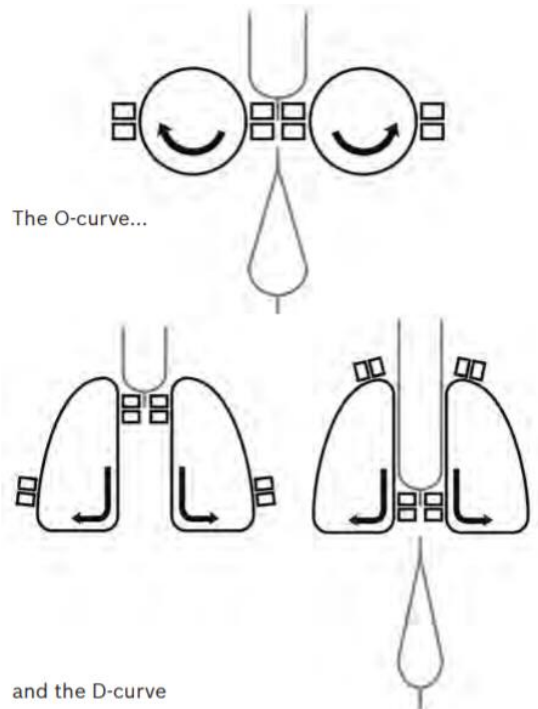


Figura 2.11 Unidad de sellado rotatorio tipo O y D.
(Fuente: (Bosch, 2014))

La envasadora vertical posee un sistema de sello horizontal o sello de cierre tipo O, la unidad de cierre realiza los sellos superior e inferior de la bolsa y lo corta del rollo del film. Este sistema consta de dos servo motores uno pivotante y uno giratorio, el primero acerca y aleja los dos ensambles de mordazas entre sí y el segundo se encarga de sellar. Las velocidades de giro de las mordazas no son constantes, se aceleran durante el movimiento hacia arriba y se desaceleran durante el sellado y corte.

Existen otros sistemas de sellado horizontal, como el que se muestra en la figura 2.12, este sistema al no ser rotatorio tiene una productividad mucho menor al antes descrito, actualmente todas las empacadoras modernas constan de un sistema de sellado horizontal rotatorio de alta velocidad.

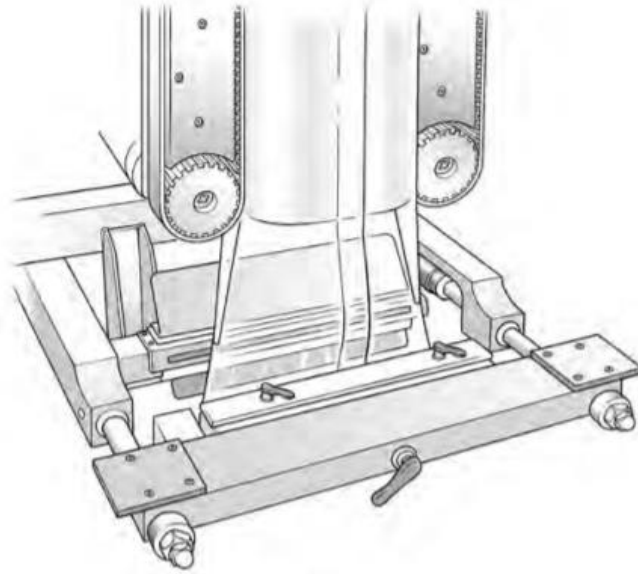


Figura 2.12 Unidad de sellado horizontal (sistema no rotatorio).
(Fuente: (Bosch, 2014))

2.1.2.6 Sistema de formado

Es la parte del proceso de embolsado en la cual se da la forma deseada al film y se introduce el producto dentro de las bolsas. El film llega a esta parte del proceso de forma plana, posteriormente pasa por el sailor, el cual dobla el film y hace que adquiera una forma cilíndrica para así poder formar, llenar y sellar las bolsas de producto.

El tubo del formador tiene una banda de velcro de 1in centrada de tal manera que coincida con la banda de termosellado, la función del velcro es evitar que el tubo del formador se sobrecaliente debido al contacto directo entre la banda de termosellado y el metal. Es aconsejable cambiar la banda de velcro cada quince turnos, el rápido desgaste o el desgaste excesivo del velcro sobre todo en la parte inferior, correspondiente a la lengua del tubo del formador, indica que existe un desalineamiento entre la banda de termosellado y el tubo del formador. Además, posee un inyector de aire que se encuentra montado en el formador, este tiene la función de abrir el tubo del film a medida que el formador descarga producto.

Algunos sistemas poseen inyectores de nitrógeno que se utiliza en algunos productos para reemplazar el oxígeno de las bolsas y conservar de mejor manera algunos productos específicos.

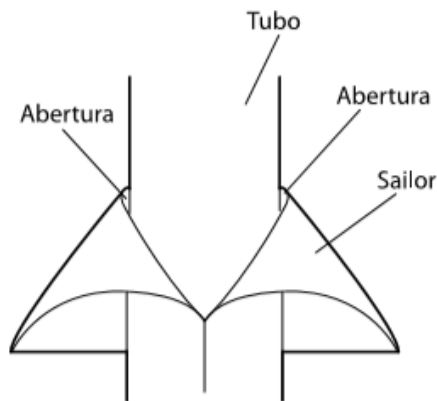


Figura 2.13 Partes del tubo de formación
(Fuente: (ISHIDA CO.)

El diseño del conducto de entrada y el tubo de formador desempeñan un papel fundamental en el correcto funcionamiento y en la optimización del flujo del producto y deben diseñarse y seleccionarse de acuerdo con la aplicación específica, se detallan a continuación las opciones más usadas.

- Tubo recto: este tipo de formador crea una transición más abrupta desde las pesadoras hasta sistema de formación. En algunos productos, generalmente productos voluminosos y de poco peso se puede generar cuellos de botella que disminuirán el ritmo de producción.
- Cono integral: consta de una transición cónica desde un diámetro mayor hasta un diámetro menor del tubo de formador. Ya que el ángulo del cono es más inclinado en la parte frontal que en la parte posterior, parte del producto que se encuentra en el ángulo más inclinado desliza más rápido que la del ángulo menos inclinado, logrando que no pase toda la carga de producto al mismo tiempo y así poder evitar cuellos de botella.
- Proporciona una transición gradual desde el diámetro más grande hasta el diámetro más pequeño. Tratando de maximizar el área de la sección transversal disponible para que pase el producto.

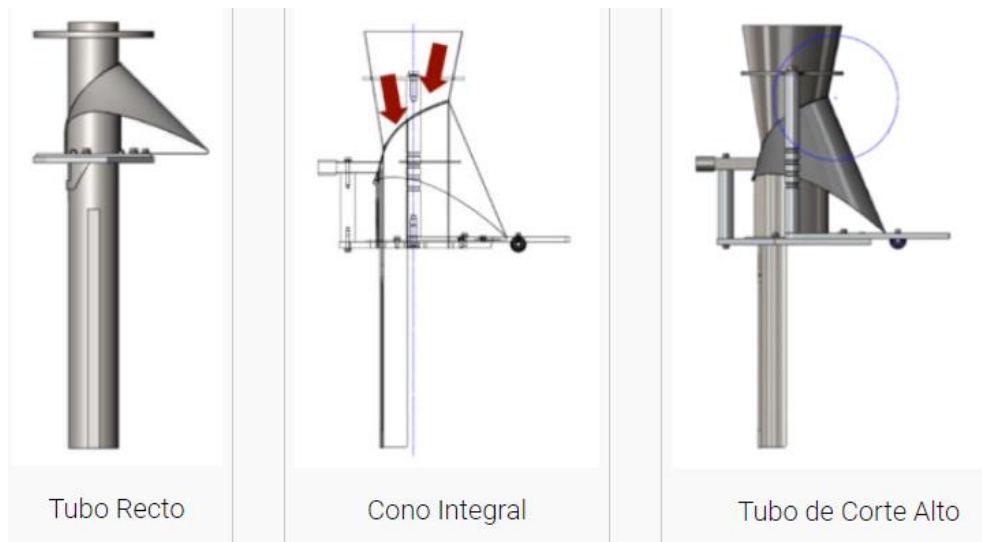


Figura 2.14 Tipos de tubos de formador.
(Fuente: (Dennis, Greener Corporation, 2018))

Al comparar los diferentes diseños de tubos de formadores tenemos que el tubo de corte alto y el cono integral, al ofrecer mayor zona de transición que el tubo recto son de mayor utilidad cuando se alcanzan velocidades de producción considerablemente altas y también cuando las dosis de carga son más grandes, ya que al hacer que la carga no caiga junta se evitan cuellos de botella y atascamientos mejorando la productividad y disminuyendo los tiempos muertos.

2.1.2.7 Sistema de arrastre

El sistema de arrastre consiste en dos correas de tracción que hacen que el film se deslice de forma paralela al tubo del formador, mientras la bobina del film gira las bandas de arrastre mantienen la tensión del film en el tubo de formación para así evitar dobleces y arrugas en la etapa de sellado.

La posición de las correas de tracción contra el tubo del formador es controlada por dos cilindros neumáticos que se encuentran en la parte posterior de las correas. Los operadores no ajustan la presión que utilizan estos cilindros neumáticos.

Las correas no hacen avanzar el film ejerciendo presión contra el tubo del formador, sino que tienen un sistema de vacío detrás de las correas que hace que el film se separe del tubo del formador y se pegue a las correas. Debido a este diseño no se podría solucionar ningún problema aplicando más presión a las correas de tracción contra el tubo del formador, no solo no se solucionaría el problema, sino que se podría empeorar debido a que se genera más fricción entre el formador y el film.

El hecho de que las correas de tracción no apliquen presión directamente sobre el tubo del formador hace que la vida útil de las correas sea más prolongada.

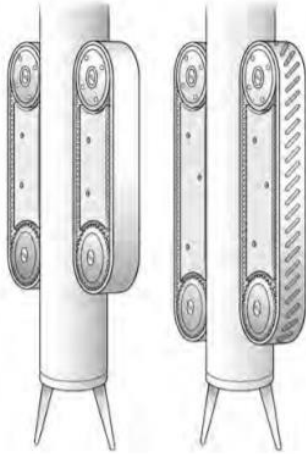


Figura 2.15 Correa de fricción y de aspirado
(Fuente: (Bosch, 2014))

Existe otro método de arrastre del film, este método utiliza las mordazas de sellado. Durante el proceso de sellado las mordazas sujetan al film y tiran hacia abajo haciendo que el film se desplace a lo largo del tubo del formador. Las mandíbulas de las mordazas se mueven hacia arriba para cada bolsa nueva, se cierran para agarrar el film luego se mueven hacia abajo, repitiendo una y otra vez este movimiento.

Este mecanismo es más simple que el descrito anteriormente ya que no necesita de un sistema de vacío y ocupa un sistema ya existente como son las mordazas de sellado para desplazar el film, al ser un mecanismo oscilante tiene baja productividad si lo comparamos con el de correas de arrastre.

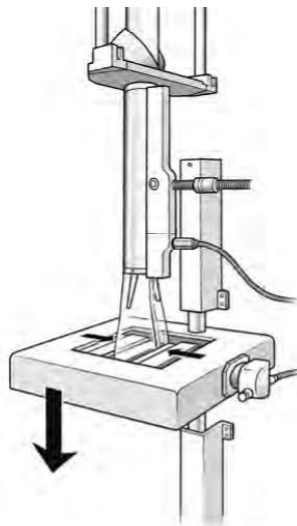


Figura 2.16 Sistema de arrastre mediante mordaza
(Fuente: (Bosch, 2014))

Para evitar fallas en el sistema de arrastre se debe:

- Verificar que la tensión generada en ambas bandas de tracción sea la misma para así evitar arrugas y pliegues.

- Se debe asegurar que las caras de las bandas de tracción y el tubo de formador sea paralelas.
- Para verificar la tensión de las bandas de arrastre se debe hacer presión en el centro de la correa y verificar que se forme una curva de 3 a 4 mm aproximadamente (ver figura 2.18).
- He de asegurar que el tubo del formador no esté desalineado (ver figura 2.17)

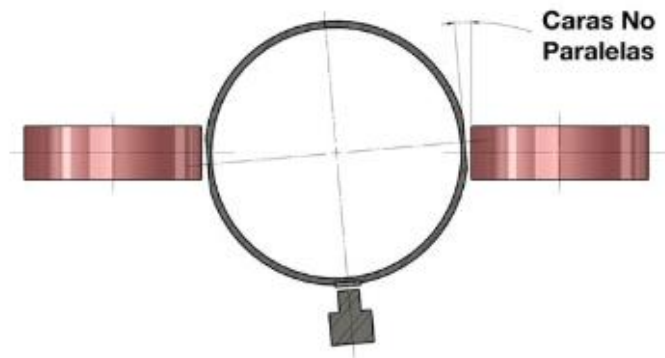


Figura 2.17 Vista superior del sistema de arrastre y tubo de formador
(Fuente: (Wojtech, Greener Corporation Soluciones P3TM, 2017))

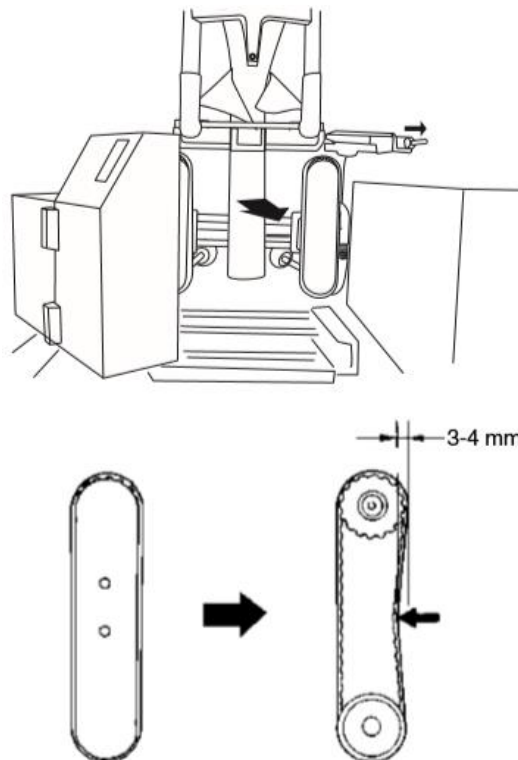


Figura 2.18 Sistema de arrastre
(Fuente: (ISHIDA CO.))

2.1.2.8 Sistema de corte

Está conformado por una mordaza, una cuchilla y un yunque, mordazas desgastadas, desalineadas o que necesiten limpieza pueden causar fugas en los sellos del empaque. Los sistemas de corte más comunes son los siguientes:

- Sistema de doble mordaza giratorio: El sistema de corte consta de mordazas dobles giratorias, las cuales permiten una alta productividad aumentando la velocidad de empaque.
- Sistema de corte no giratorio: es un mecanismo de vaivén, consta de una sola cuchilla y un yunque. Este sistema es de menos capacidad de producción que el de doble mordaza giratoria.

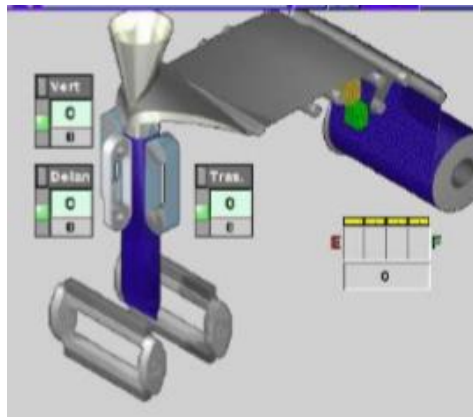


Figura 2.19 Ilustración del sistema de doble mordaza giratorio.
(Fuente: (ISHIDA CO.))

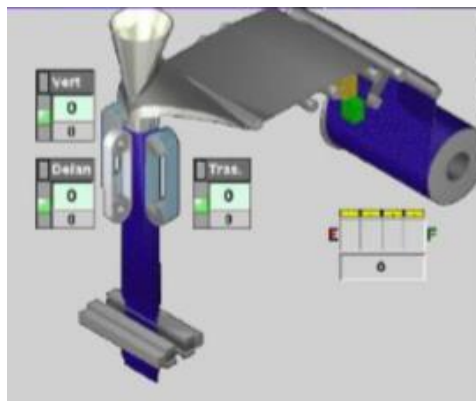


Figura 2.20 Ilustración del sistema de corte no giratorio.
(Fuente: (ISHIDA CO.))

Para verificar el ajuste correcto de las mordazas se debe hacer una impresión en papel carbón, esta impresión revelará problemas que de otra manera serían muy difíciles de detectar y nos ayudara a obtener sellos uniformes. Como se puede ver en la figura 2.21 la impresión revela un desgaste excesivo en la mordaza lo que causa inconsistencias

en los sellos de las bolsas. Esta técnica es de bajo costo y fácil ejecución y puede brindar información necesaria durante el mantenimiento de las máquinas, se debe utilizar con frecuencia para optimizar calidad de sello y reducir tiempo muerto.

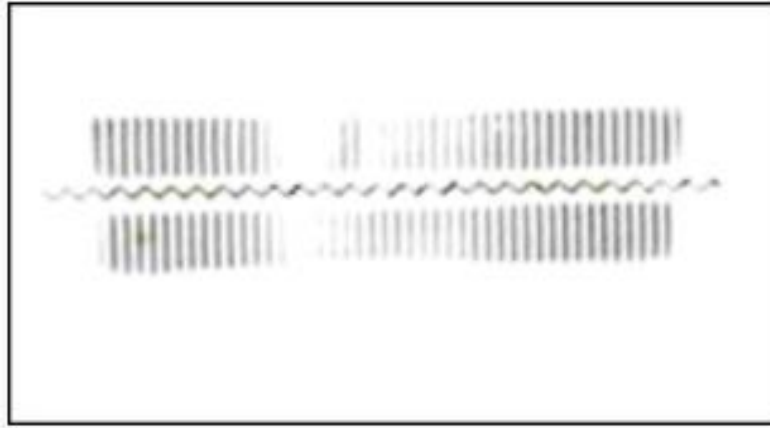


Figura 2.21 Impresión en papel carbón.
(Fuente: (Green, 2016))

Antes de cambiar la cuchilla se debe asegurar que no exista acumulación de material o producto en la cavidad de la cuchilla

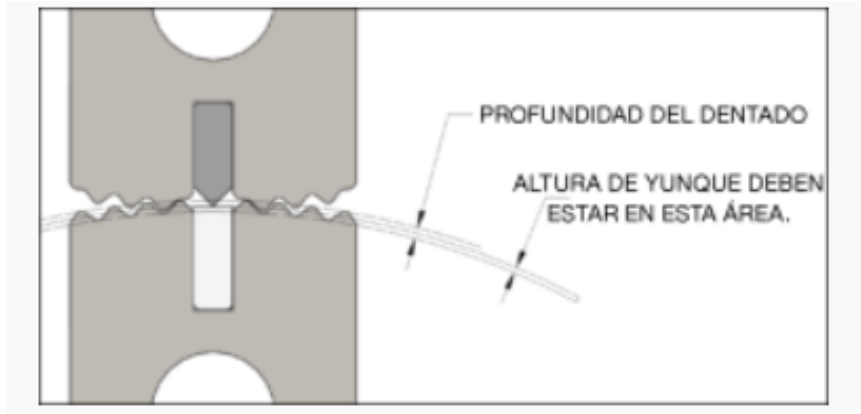
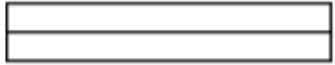





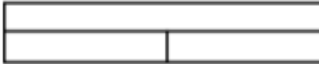




Figura 2.22 Mordaza y cuchilla
(Fuente: (Wojtech, Greener Corporation, 2016))

El tipo de cuchilla utilizado influye directamente en la facilidad de corte, en el tipo y frecuencia de mantenimiento requeridas. Una cuchilla en diagonal con o sin corte zigzag requiere de menor presión de corte, por lo tanto, son más fáciles de ajustar y tienen un mayor tiempo de vida. Cuchillas con mayor número de dientes y entre más pequeños sean, también son más sencillas de ajustar y proveen mayor tiempo de vida.

Tabla 2.2 Tipos de cuchillas

Nombre	Descripción	Imagen
Cuchilla recta	Es la más simple de las cuchillas, útil para celofán en la actualidad es poco usada.	
Cuchilla diagonal	La orientación diagonal del filo facilita el corte, requiere de menos presión para realizar el corte.	
Cuchilla en zigzag	Brinda una fácil apertura al consumidor, requiere de mayor presión para cortar que la cuchilla diagonal, esto puede dificultar el ajuste y causar que la cuchilla pierda su filo rápidamente.	
Cuchilla en zigzag diagonal	Combina las características funcionales de la cuchilla en diagonal con la fácil apertura del corte en zigzag. Requiere de menos presión de corte que su similar recto.	
Cuchilla microfilo en zigzag diagonal	Este tipo de cuchilla es fácil de ajustar, no requiere de altas presiones de corte, el diseño de microfilo aumento los puntos de inicio de rasgado.	
Cuchilla en zigzag de ángulo extremo	Este tipo de cuchilla se usa para películas que tienen alta resistencia al rasgado, el ángulo más agudo de los dientes facilita al consumidor comenzar un rasgado.	
Cuchilla con degüelle	Este tipo de cuchilla está diseñada para que el consumidor realice el rasgado en un punto específico del sellado, permite rasgar solo en un punto específico del	

	degüelle, esto puede ser en un extremo o ambos extremos del paquete. Este tipo de cuchilla es difícil de ajustar, requiere de altas presiones de corte, es altamente costoso.	
Cuchilla con corte en V	Esta cuchilla también dirige al consumidor a abrir el paquete en una zona determinada, tendrá un único corte en v o cortes múltiples en cada extremo del paquete, presenta las mismas desventajas que la cuchilla con degüelle.	
Cuchilla con zigzag con paso variable	Es de menor costo que las cuchillas de corte en v y la cuchilla con degüelle. Los cortes más grandes dirigen al consumidor a abrir el paquete en un lugar específico, pero aun es viable abrir el paquete desde otros sectores si se lo intenta.	

(Fuente: (Greener, 2013))

2.1.3. Cabezal pesador

El cabezal de pesado está ubicado en un segundo nivel sobre las envasadoras verticales, este recibe producto de las mesas acumuladoras, calcula el peso configurado y libera cargas secuencialmente a la envasadora vertical en donde dichas cargas de producto serán embolsadas. Es muy importante la correcta configuración de esta máquina ya que un ligero sobrepeso en las cargas de producto puede generar grandes pérdidas económicas en la fábrica, sin embargo, una vez configurada adecuadamente es necesario brindar mantenimiento y monitoreo.

La máquina de pesado consta de varios subsistemas como se puede ver en la figura 2.23 entre los subsistemas principales están:

- Plato de dispersión

- Pool hopper
- Weigh hopper
- Booster hopper

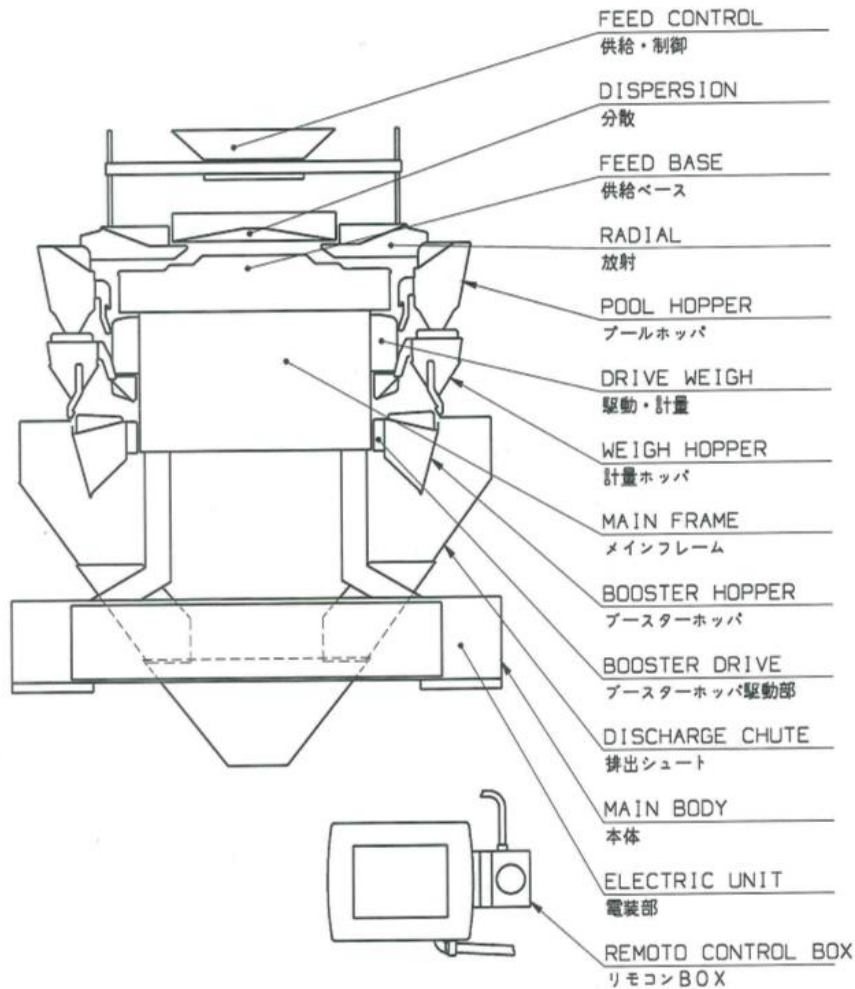


Figura 2.23 Subsistemas principales de la pesadora multicabzal
(Fuente: (ISHIDA))

Según el modelo de la máquina y la productividad deseada se puede tener distintas configuraciones de las tolvas, como se muestra en la figura 2.24. La configuración número uno es la más sencilla y se usa para aplicaciones de baja velocidad de productividad, las configuraciones 2, 3 y 4 permiten realizar operaciones a mayor velocidad ya, que al poseer tolvas de espera (BH) y más de una tolva de pesado (WH) por cada tolva de llenado (PH) permiten tener cargas listas de producto simultáneamente y no tener que esperar a que esté vacía la tolva de pesado (WH) para poder procesar la siguiente carga de producto.

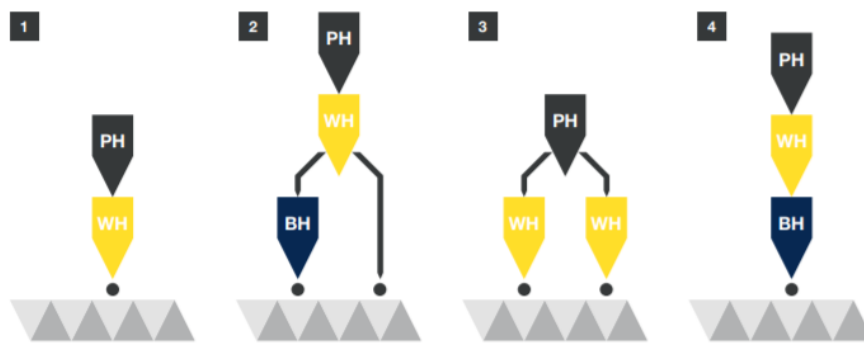


Figura 2.24 Posibles configuraciones de las tolvas
(Fuente: (ISHIDA))

2.1.3.1 Plato de dispersión

Es una placa cónica generalmente de acero inoxidable que se encuentra por debajo de las mesas de acumulación o alimentadores cruzados, aquí es donde el producto cae de las mesas de acumulación y es dirigido a la pesadora por medio de un movimiento vibratorio, cabe destacar que el sistema de control de paso del cabezal pesador está conectado con el de los alimentadores cruzados y a las cintas de distribución. El alimentador cruzado se enciende cuando el peso sobre la celda de carga del plato dispersor se encuentra por debajo del peso configurado y se enciende cuando el peso objetivo es menor al configurado.

El plato dispersor se enciende después de cada descarga de la pesadora en la envasadora vertical para llenar nuevamente los alimentadores radiales o pool hopper, el plato dispersor puede ser de teflón o de acero inoxidable el material va a depender del producto que se esté procesando, generalmente para aplicaciones de alta velocidad se usa el plato de acero inoxidable.

2.1.3.2 Pool Hopper

El pool Hopper o tolva de llenado se usa para contener el producto procedente del alimentador radial y plato de dispersión, para posteriormente ser liberado en el weigh hopper o tolva de pesado. La principal función es acelerar el proceso ya que si el producto se descargara directamente sobre la tolva de pesado este tardaría demasiado tiempo ya que cae constantemente de los alimentadores radiales, en lugar de que esto pase, el producto se acumula en la tolva de llenado y cae una carga directamente sobre la tolva de pesado.

Además, permite mejorar la precisión de la celda de pesado, ya que, al no trabajar con el producto en movimiento, es decir el producto que sigue cayendo desde los alimentadores radiales, permite una estabilización más rápida en la celda de pesado y por ende es posible realizar operaciones a velocidades mayores. La tolva de alimentación se abre cuando recibe una señal de que la tolva de pesado correspondiente está vacía.

Es fundamental que la compuerta de la tolva de alimentación se cierre por completo ya que si se filtra el producto y cae en la tolva de pesado puede causar inexactitudes en las balanzas y ciclos sin producto de la línea debido a errores de compensación.

2.1.3.3 Weigh hopper

Weigh Hopper o tolva de pesado se encarga de contener el producto para que la celda de carga de dicha tolva pueda pesarlo. La compuerta de la tolva se abre cuando recibe una señal de la máquina para que sea utilizada la carga y una vez que se encuentra vacía se envía una señal a la tolva de llenado para que descargue producto sobre la tolva de pesado. Al igual que en la tolva de llenado es muy importante que la compuerta cierre correctamente ya que filtraciones de producto pueden ocasionar inexactitudes en las balanzas, film waste y ciclos sin producto debido a errores de compensación.

La unidad de comando abre y cierra las tolvas mediante un brazo que ejerce presión contra una leva sobre las compuertas de la tolva, las compuertas poseen un resorte y se cierran cuando el brazo se retrae.

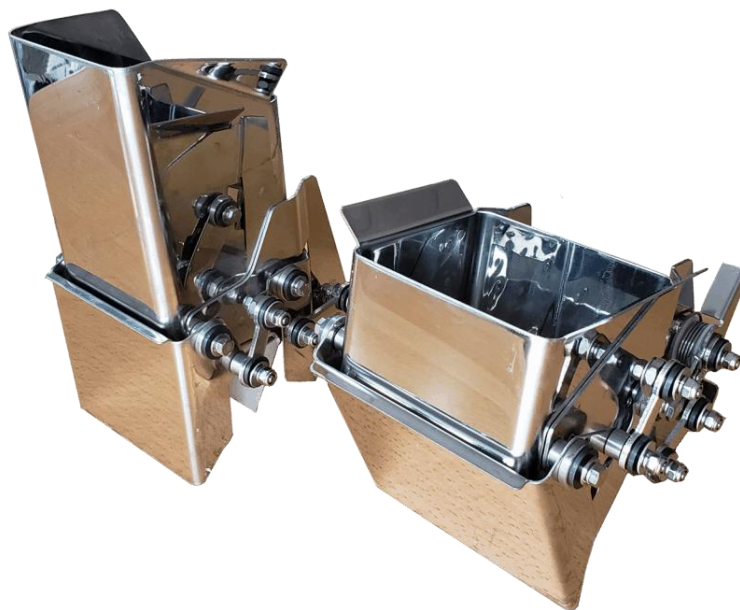


Figura 2.25 Pool Hopper y weigh hopper
(Fuente: (MECHWASS ENGINEERING CO, 2019)

2.1.3.4 Booster Hopper

La tolva de espera o tolva de almacenado es usada en aplicaciones de alta velocidad. Se encuentra debajo de la tolva de pesado, la función de esta es retener cargas que estén listas para embolsar.

Se colocan tolvas de almacenado, ya que el proceso de pesado tarda más tiempo y aumentar el número de tolvas de pesado haría que la máquina se vuelva más compleja y costosa.

2.1.3.5 Descripción del proceso de pesado

El producto que llega a la máquina de pesado proviene de los alimentadores transversales, cae sobre el plato de dispersión y mediante un sistema de vibración el producto es llevado hasta los alimentadores radiales, que son los que se encargan de que el producto vaya en dirección hacia las tolvas de llenado, luego que el producto se estabiliza la compuerta se abre y deja caer producto sobre las tolvas de pesado. La máquina puede manejar varias combinaciones de pesado, la elección va a depender de la velocidad a la que esté funcionando y de las amplitudes de las tolerancias permitidas, por ejemplo para llenar una bolsa rápidamente se podría dejar caer una carga de peso similar al deseado desde una sola tolva de pesado, pero normalmente no se encuentra el peso en una sola tolva, sino en una combinación de varias tolvas, sin embargo podríamos llenar la bolsa con esta carga solo si se encuentra dentro de los límites permitidos, al usar esta opción los desperdicios por sobrepeso son altos. Otra opción es usar varias tolvas de pesado para llenar una funda de producto, ya que se necesita más de una tolva para llenar una bolsa, el proceso se vuelve más demorado y por ende los tiempos de productividad son mayores. Es fundamental que todas las tolvas de pesado se encuentren funcionando correctamente, ya que al tener solamente una tolva deshabilitada el número de combinaciones usadas por la maquina se reduce considerablemente.

Otro aspecto que tomar en cuenta para que la pesadora funcione correctamente es el tiempo de estabilización de la balanza, al liberar producto abruptamente sobre la balanza hace que esta tenga una lectura de sobrepeso desestabilizando la misma, el tiempo que tarda en estabilizarse va a depender del estado de la celda de carga y de la calidad de los componentes.

Una carga de producto puede tener sobrepeso, pero nunca podrá estar por debajo del peso objetivo.

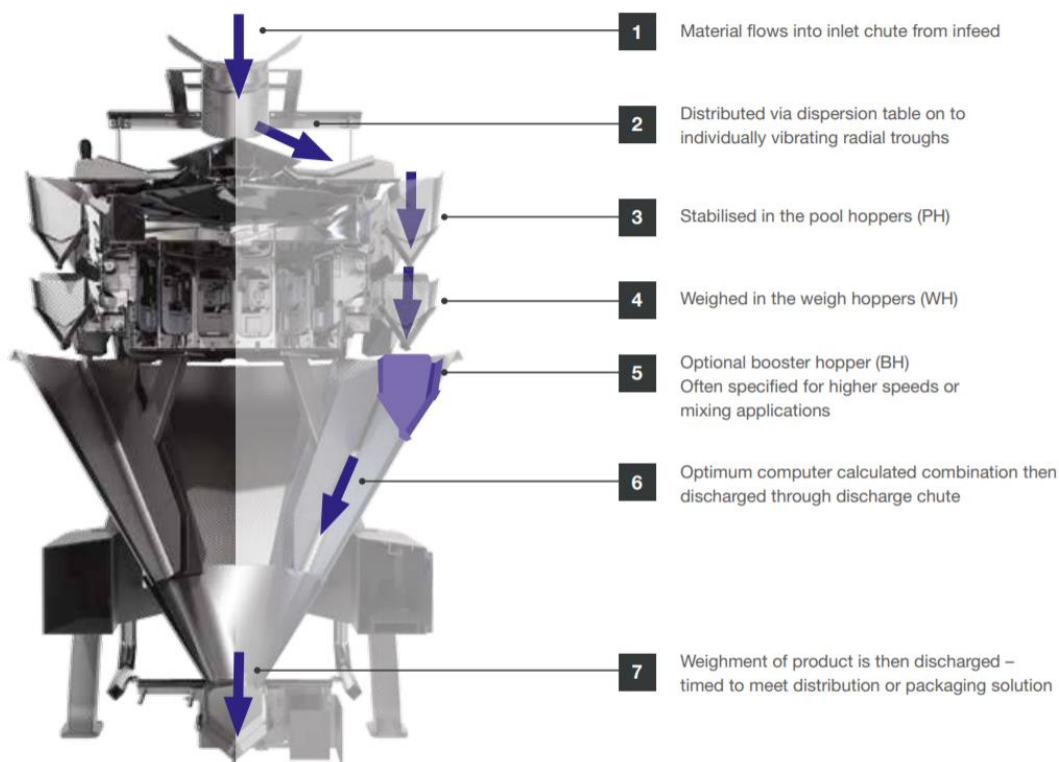


Figura 2.26 Esquema de funcionamiento de la pesadora multicabezal
(Fuente: (ISHIDA))

2.1.4. Alimentadores transversales y principales

Estos alimentadores son los encargados de distribuir el producto a las pesadoras multicabezal. El producto sube a la plataforma de empaque por medio de una banda jirafa, esta descarga en los alimentadores principales y estos a su vez a los alimentadores transversales para que finalmente llegue el producto a las pesadoras.

Los alimentadores transversales poseen una compuerta de accionamiento neumático, esta se abre y cierra para dejar pasar producto hacia el siguiente alimentador o descargar producto en el alimentador transversal. Funciona por orden de una fotocelda ubicada en el alimentador transversal, esta fotocelda se calibra de acuerdo con la cantidad de producto requerida, accionando la compuerta cuando la cantidad de producto no es suficiente y cerrando la compuerta en el caso contrario, funciona a manera de sensor de proximidad para determinar la altura del producto acumulado sobre la bandeja del alimentador.



Figura 2.27 Esquema de los alimentadores en la plataforma de empaque
(Fuente: (HEAT AND CONTROL, 2020)

El sistema funciona con dos tipos de alimentadores, los principales y los transversales. Ambos tienen el mismo principio de funcionamiento, dejan acumular producto en la bandeja, luego realizan un movimiento veloz hacia adelante, haciendo que se deslice el producto y regresando lentamente. En comparación con los transportadores horizontales este sistema de movimiento brinda varias ventajas, como pueden ser:

- Reduce la pérdida de sazonado, al no poseer un sistema vibratorio la pérdida de sazonado disminuye.
- Permite movilizar productos más delicados, al ser un movimiento más suave que el vibratorio se reduce la fractura del producto.
- Fácil mantenimiento y alta velocidad de alimentación.



Figura 2.28 Alimentador transversal
(Fuente: (HEAT AND CONTROL, 2008)

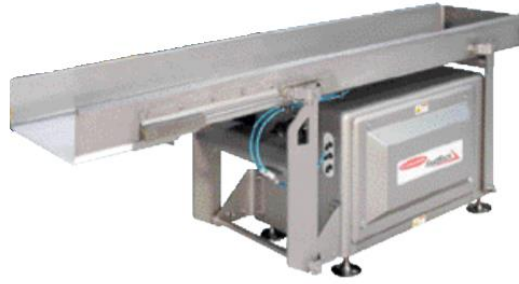


Figura 2.29 Alimentador principal
(Fuente: (HEAT AND CONTROL, 2004)

2.1.4.1 Principales subsistemas

Los alimentadores tienen pocos subsistemas, son máquinas muy compactas y sencillas. A continuación, se describe los subsistemas más importantes.

El subsistema de piñones excéntricos es el más importante y novedoso de esta máquina, aquí es en donde el movimiento de la bandeja se genera, este sistema excéntrico hace que la bandeja realice un movimiento rápido hacia adelante y retroceda lentamente, permitiendo que el producto se deslice hacia adelante efectuando el movimiento horizontal.

Consiste en 4 piñones excéntricos sujetos a una correa dentada en V, debido al movimiento excéntrico el sistema debe estar correctamente tensionado, ya que una falta de tensión provocaría que la correa se salga de los piñones y un exceso de tensión provocaría la ruptura de esta.

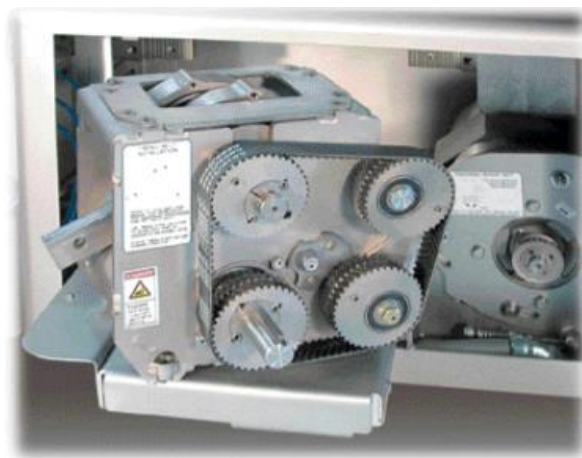


Figura 2.30 sistema de piñones excéntricos.
(Fuente: (HEAT AND CONTROL, 2004)

El sistema de control de la cantidad de producto consta de una fotocelda ubicada en la parte superior de la bandeja. Este sistema de detección óptico es utilizado para regular la altura del producto en la bandeja, consta de un sensor fotoeléctrico, un cable de desconexión rápida y un soporte que mantiene la fotocelda a un ángulo de 45 grados.

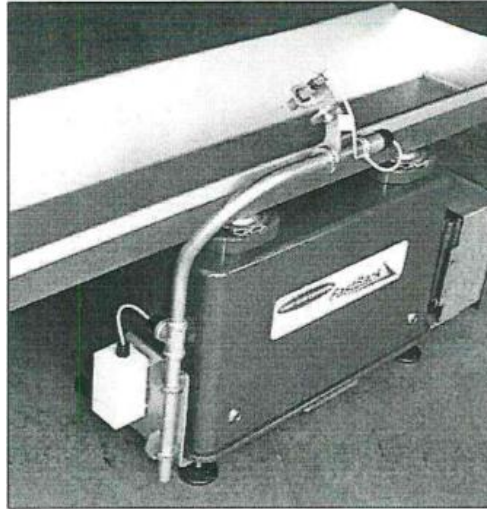
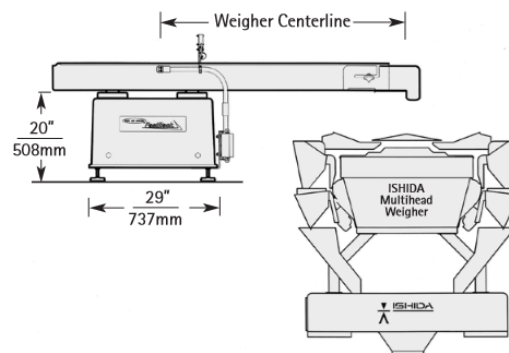


Figura 2.31 Sensor fotoeléctrico del alimentador transversal.
(Fuente: (HEAT AND CONTROL, 2020))

2.1.4.2 Especificaciones técnicas

Algunas de las características técnicas a tomar en cuenta para la selección e instalación de los alimentadores transversales son los siguientes.



Weigher Centerline	Product Transfer Rate
6.56 ft. / 2.00 M	Up to 1,550 ft ³ /hr / 44 M ³ /hr
8.00 ft. / 2.44 M	Up to 1,280 ft ³ /hr / 36 M ³ /hr
8.50 ft. / 2.60 M	Up to 1,025 ft ³ /hr / 29 M ³ /hr
9.00 ft. / 2.75 M	Up to 1,025 ft ³ /hr / 29 M ³ /hr
9.80 ft. / 3.00 M	Up to 800 ft ³ /hr / 22 M ³ /hr Recommended for twin-tube packaging

Figura 2.32 Características técnicas del alimentador transversal
(Fuente: (HEAT AND CONTROL, 2008))

2.1.5. Bandas recolectoras y acumuladoras

Esta máquina se encuentra ubicada al final de línea de producción, es aquí en donde el producto final entra en contacto con los operadores solamente para ser colocados en cajas de cartón.

Las bolsas de producto provenientes de la envasadora vertical son arrojadas en la tolva de alimentación la cual alinea las bolsas al centro de la banda de ingreso, la banda de ingreso transporta las bolsas hasta la banda de conteo. La banda de conteo dirige las bolsas de producto hasta la rueda recolectora, esta transfiere las bolsas ordenadas a la banda de salida donde son empacadas manualmente.

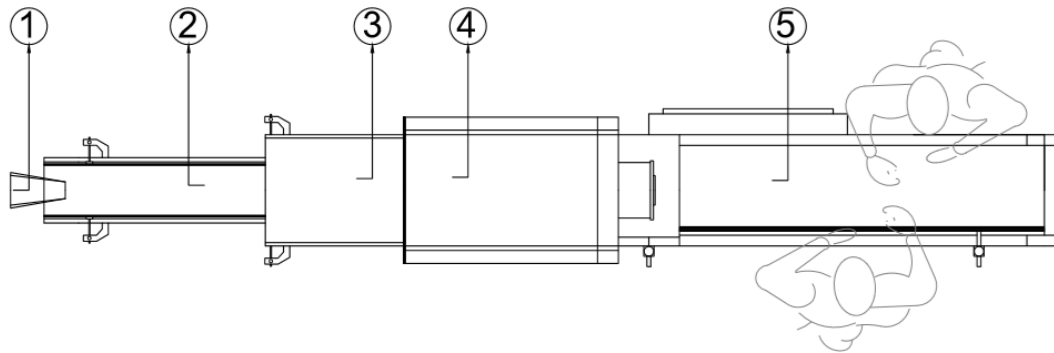


Figura 2.33 Banda recolectora acumuladora
(Fuente: (Propia))

Los subsistemas principales son los siguientes:

- 1: Tolva de alimentación
- 2: Banda de ingreso
- 3: Banda de conteo
- 4: Rueda recolectora
- 5: Banda de salida

Existen dos tipos diferentes de bandas recolectoras acumuladoras, las dobles y las simples, básicamente los componentes y funcionamiento son los mismos, la diferencia radica en que la simple tiene solamente una banda de alimentación y la doble, tal como su nombre lo indica, tiene dos bandas de alimentación. El uso de una u otra depende del tamaño de las bolsas de producto, usándose las simples para tamaños familiares y las dobles para tamaños personales, debido a que las bolsas personales son de un tamaño muy reducido en comparación con las familiares, se puede procesar en una máquina doble. Cabe recalcar que las recolectoras acumuladoras dobles no forman

cuellos de botellas ya que todos sus sistemas son dobles no solamente la banda de ingreso.



Figura 2.34 Banda recolectora acumuladora simple.
(Fuente: (Blueprint automation))



Figura 2.35 Banda recolectora acumuladora doble.
(Fuente: (Blueprint automation))

2.1.5.1 Tolva de alimentación y banda de ingreso

La tolva de alimentación está localizada en la parte final de la banda de ingreso, aquí es donde caen las fundas de producto final procedentes de la envasadora vertical. La tolva de alimentación posee una curvatura que hace que la caída de la bolsa no sea tan abrupta y reducir los posibles daños que pueda sufrir el producto, también posee una regulación para poder ajustar al tamaño de la bolsa. La banda de ingreso dirige las bolsas de producto hacia la banda de conteo.

2.1.5.2 Banda de conteo

La banda de conteo recibe las bolsas de la banda de ingreso, transfiere las bolsas hacia la rueda recolectora.

2.1.5.3 Rueda recolectora

La rueda recolectora es activada cuando la bolsa rompe el haz de la fotocelda localizada en la parte superior de la rueda recolectora. Cuando las bolsas vienen de la banda de conteo la rueda recolectora es activada y toma a las bolsas y las coloca de forma vertical sobre la banda de salida.

2.1.5.4 Banda de salida

La banda de salida recibe las bolsas de la rueda recolectora, el movimiento realizado por la banda es intermitente, moviéndose paso a paso cada vez que la rueda recolectora descarga una nueva bolsa de producto. Las bolsas son recogidas manualmente y colocadas en cajas de cartón para su posterior despacho.

2.1.5.5 Especificaciones técnicas

La recolectora acumuladora tiene las siguientes especificaciones técnicas.

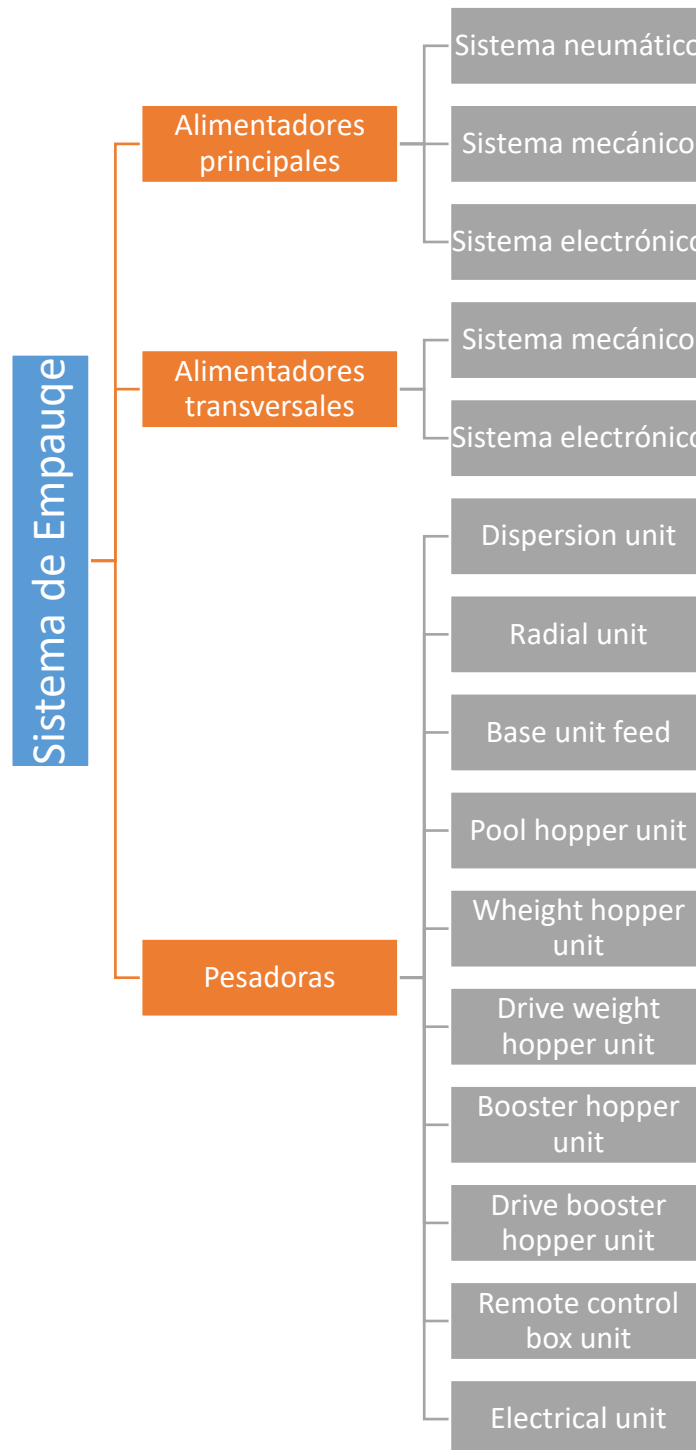
Tabla 2.3 Especificaciones técnicas banda recolectora y acumuladora.

Machine characteristics and specifications:	
<ul style="list-style-type: none">• Increased Production, Not Labor: Increase production speeds without adding more hand packers• Eliminate Rotary Pack-off Table Requirements: No rotary table equals less cost to you!• Changeover: Less than one minute.• Gentle Bag Handling	<p>Electrical rating: Electrical Rating NEMA 12</p> <p>Bag range: 4" - 8" W x 5" - 16" H (small wheel) 6" - 12" W x 8"-22" H (large wheel)</p> <p>Speed: Up to 130 bags per minute depending on product size</p> <p>Examples: Snack food bags such as potato chips, pretzels, stand-up pouches, etc.</p>
<p>Construction: Stainless Steel</p> <p>Controls: 220v-1Ph0-60Hz or to customer's specifications HMI (AB Controls)</p>	

(Fuente: (Blueprint automation))

2.2. Desglose de sistemas, subsistemas y partes mantenibles

La línea de empaque consta de seis subsistemas principales, estos a su vez se vuelven a subdividir en subsistemas secundario tal como se muestra en el siguiente cuadro. La subdivisión de los subsistemas secundarios, referentes a las partes mantenibles se presenta en las tablas subsecuentes al cuadro sinóptico.



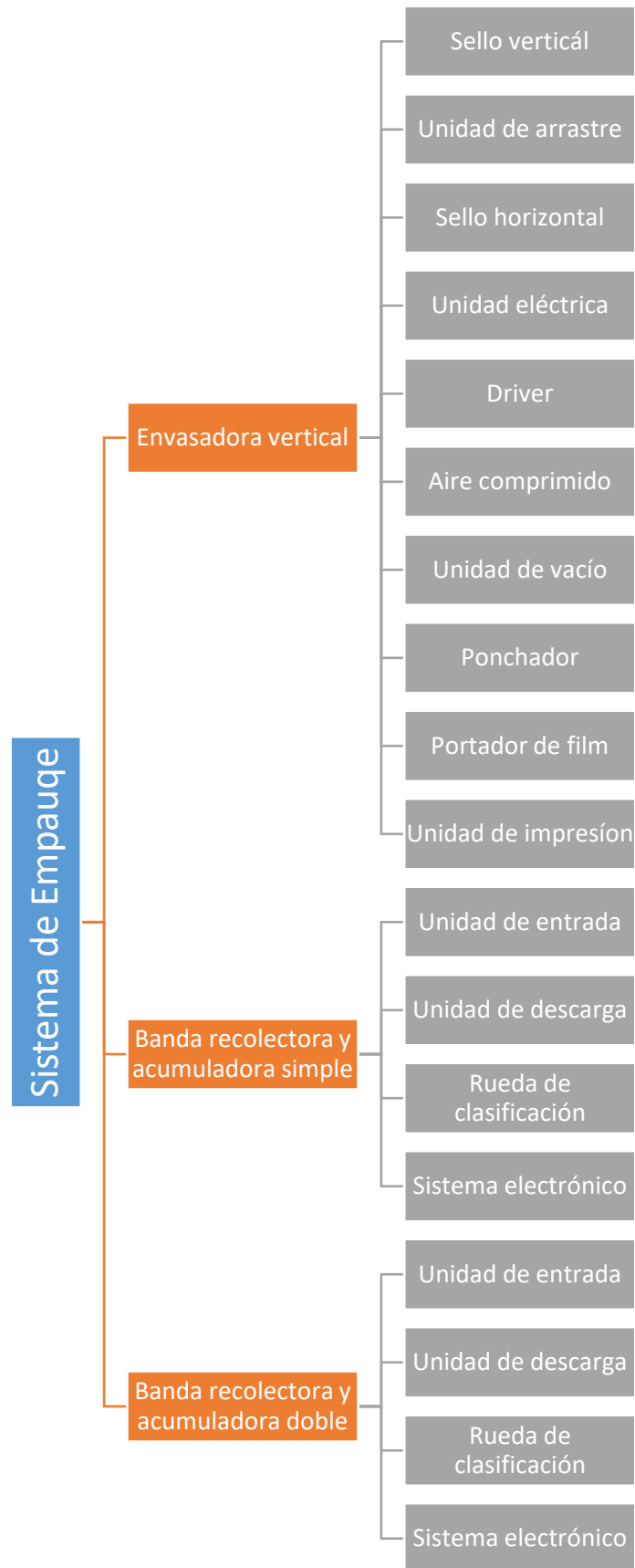


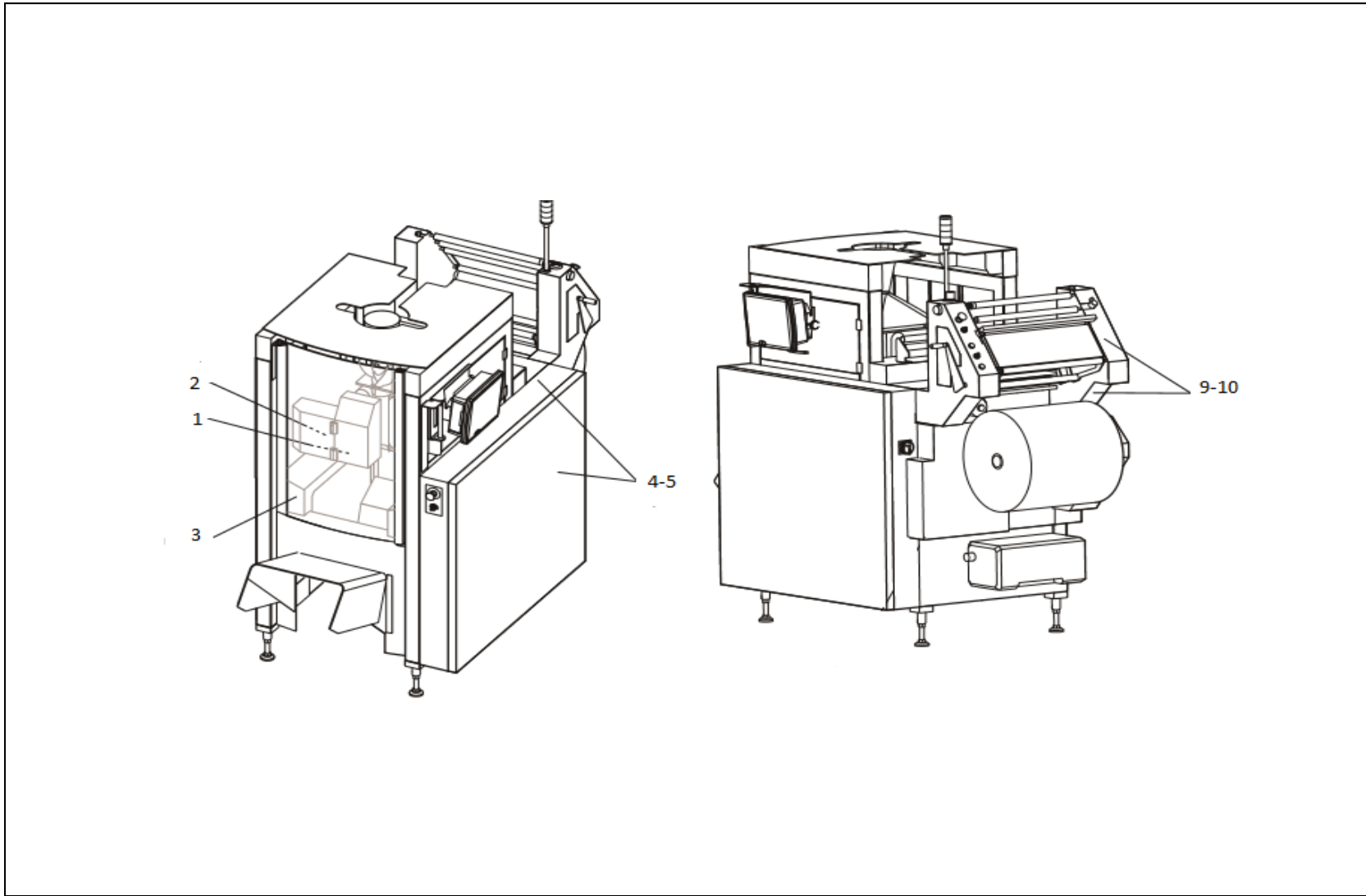
Figura 2.36 Desglose de subsistemas principales.
(Fuente: (propia))

Tabla 2.4 Despiece de envasadora vertical

EMVASADORA VERTICAL						
SISTEMAS, SUBSISTEMAS Y PARTES MANTENIBLES		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)			Hoja:	
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE INICIO	
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE REVISIÓN	
Sistema		Subsistema 1		Subsistema 2		
#	Descripción	Parte/ Código	Descripción	Parte/ Código	Descripción	
1	Sello vertical	Rodamiento radial/058 1579 07				
		Rodamiento radial/058 1580 01				
		Rodamiento radial/058 1581 05				
		Resorte de compresion/064 9111 07				
		Coller spacer outer/ 051 4867 19				
		Bush Du/ 051 4904 04				
		Collar/ 058 6804 14				
		Collar step/ 064 9206 07				
		Polea del sello dirigida/ 051 4615 17				
		Polea del sello loca/050 6895 13				
		Engranaje recto/ 094 9479 04				
		Back seal heater band/03 4 185				
		Motor, ac servo/113 1408 13				MSMD022P791
		Heater as, vertical /111 0211 02				
Unidad de posicionamiento			Cilindro neumático/ 66497403	CJ2D16-6		
Micro switch as/109 0161 06		VX-52-1A3	Cilindro neumático/ 94-9405-09	SSD-32-15		
2	Unidad de arrastre	Correa de arrastre/XERCT1046				
		Motor as/140995003	MSMD082P1S			
		Timing belt, s5m/91-8500-04	B250DBS5M975			
		Cilindro neumatico/94936203	CG1GN20-100			
		Bearing ball bush/094 9454 02				
		Rodamiento radial/000 3659 05				
		Rodamiento radial/028 1556 04				

		Collar/ 106 1723 01			
		Codos de union neumaticos/067 3404 08			
		Collar/ 0946921 03			
		O ring/ 051 4964 08			
		Junta neumatica de 3 vias/068 7133 01			
3	Sello horizontal	Unidad de corte		Cuchilla de ceramica/111-4210-10 Cutter absorb/111-4209-06	L:250mm
		Unidad de calentamiento		Header, cartridge/120-2690-19 Sensor/115-8336-00	
		Presion de sellado		Sensor de proximidad/000118598313 Cilindro neumatico/111-4118-01 Motor, AC servo/113-1406-07 Timing belt, UP8M/109-3351-08	L:150 E2E-X1C1-5M XC38 SSD-125-30-N MSMA352P1C 960UP8M40-HC
4	Unidad eléctrica	Relay,terminal,4a (dc24v:ac250v:2a) /23-5149-00	G6B-47BND DC24V		
		Power supply,switching (5v, ±15v: 75w) /100020585900	PMC75E-2-J		
		Power supply, switching/130-1721-07			
		Power supply,switching (24v) /48-7575-05	LDA75F-24		
		Relay unit,safety (ac/dc24v) /117-8165-04	440R-N23132 AC/DC24V		
		Electromagnetic contactor, dc24v /111-8354-17	SD-N11SA CX		
		Relay,solid,state,omron (dc24v) /64-9291-04	G3NA-210B- UTU		
	Relay, i/o/64-9291-04	G7T-1112S			
5	Driver	Controller,driver,servo/ 112-5544-05	MCDDT3520023		
		Controller,driver,servo/ 112-5542-08	MFDDTB3A2022		
		Controller,driver,servo/ 112-5543-01	MADDT1207023		
		Motor, as brushless/ 100023925801	MBSK043CSA-I		

		Relay, solid,state/ 64-9292-08	G3J-205BL UL/CSA/IEC/JEM		
		Thermal relay,th-n12/ 64-9292-08	TH-N12 3.6A		
		Electromagnetic contactor/ 100021922000	SD-N35SA CX DC24V		
		Electromagnetic contactor (dc24v)/ 100014431100	SD-N21SA CX DC24V		
6	Aire comprimido	Magnetic valve,manifold /000117546802	SS5Q24-08-X86		
		Filter regulator/000105381802	AW30-03BD-R		
		Magnetic, valve/ 000072840202	AV3000-03-5YZ		
7	Unidad de vacío	Celda de carga/ 114-8095-14	DLC 80L ATLAS		
		Cilindro neumático/ 000109637302	CM2L20-25T		
		Sensor de compresión / 176-0175-00	ZSE30-C6L-25		
8	Ponchador	Timing belt, s5m /54-9110-04	B150S5M350		
		Encoder as /95-7016-03	E6CP-AG5C		
		Motor, ac servo /148130810	MSMD022P1S		
		Timing belt, p8m /98-4933-00	960P8M25		
		Motor, brushless /92-2225-05	MBMK042BLE		
		Photo interruptor,trans,omron /12- 8583-08	EE-SX671		
9	Portador del film	Celda de carga /114-8095-14	dlc-80l,atlas		
		Air cylinder /109637302	CM2L20-25T		
		Sensor, compression /176-0175-00	ZSE30-C6L-25		
10	Impresión	Photo switch as, reg mark /110-8675- 06	L:2500 DM18TN OPTEX		

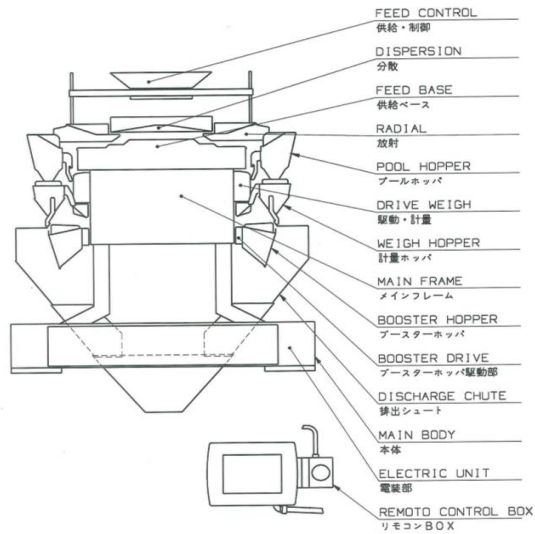


Fuente: (ISHIDA CO.)

Tabla 2.5 Despiece pesadora multicabezal

PESADORA MULTICABEZAL					
SISTEMAS, SUBSISTEMAS Y PARTES MANTENIBLES		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)			Hoja:
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE INICIO
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE REVISIÓN
Sistema		Subsistema 1		Subsistema 2	
Número	Descripción	Parte/ Código	Descripción	Parte	Descripción
1	Dispersion unit	Magnetic coil/ 55-6929-31	200V, URA-4712C		
2	Radial unit	Magnetic coil/ 63-2022-33	200V		
3	Base unit feed	Load cell/ 02-9836-22	DLC-80L		
3	Pool Hopper unit	Bush/002 5805 04			
		Collar/ 003 4681 03			
		Roller As/ 091 2930 01			
4	Drive weight hopper unit	Celda de carga/52301818			
		Motor paso a paso/65-0751-05			
		Motor paso a paso/143-6747-02			
		PWB AS, P-5207:A WDU (L:50 J225)/ 64760315			
		Rodamiento/ 50 2328 04			
5	Wheight hopper unit	Collar/ 003 4681 03			
		Bush/002 5805 04			
		Collar/ 011 5637 07			
6	Booster hopper unit	Bush/002 5805 04			
		Collar/ 065 9478 10			
		Collar/ 003 4681 03			
7	Drive booster hopper unit	PWB/ 116 3479 08	P-5429:B-2		
		PWB/ 053 4192 04	P-5207:A		

		Motor paso a paso/ 063 1265 01		
		Rodamiento/ 050 2328 04		
8	Remote control box unit	WEB-RCU Board: 512MB/ X	109-3096-08	
9	Electrical unit	ADC BOARD/ XP-5576-2	107-8770-18	
		WCU BOARD/ XP-5561-1	122-5849-00	
		DMU BOARD, 2/ XP-5562-2	104-2431-67	
		FEEDER DRIVE BOARD/ XP-5424-7	117-5099-01	
		FEEDER DRIVE BOARD/ XP-5424-7	117-5100-01	
		FDC: 1 BOARD/ XP-5423-1	120-9950-12	
		HUB BOARD/ XP-5535-1	91-4325-04	
		MPS BOARD/ XP-5436-1	46-3057-03	



Fuente: (ISHIDA CO.)

Tabla 2.6 Despiece alimentador transversal

ALIMENTADOR TRANSVERSAL					
SISTEMAS, SUBSISTEMAS Y PARTES MANTENIBLES		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)			Hoja:
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE INICIO
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE REVISIÓN
Sistema		Subsistema 1		Subsistema 2	
Número	Descripción	Parte/ Código	Descripción	Parte	Descripción
1	Sistema mecánico	Motor/30571659	Baldor 1150 RPM		
		Timing belt /20514719	Optibelt #650-5MB-25		
		Eccentric timing belt/ 20507371	Goodyear #W-896		
		Piñon/ 30550023			
		Piñon tensor/ 30550016			
		Bearing, plated, piloted flange/ 20509594	1in bore Timken/Torrington		
		Timing plate/ 30547820			
2	Sistema electrónico	Variador de frecuencia/ PEVAR000097	Power Flex 40		
		Photo eye/PESWT000047	Sensor, diffuse reflective, efector #OG0035		
		Cable del sensor/20501824	3 wire, 5m Efector		

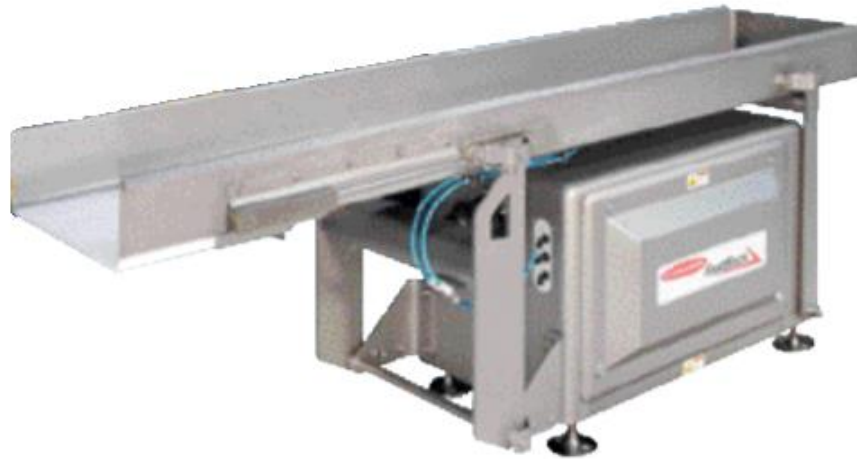


(Fuente: (HEAT AND CONTROL, 2008)

Tabla 2.7 Despiece alimentador principal

ALIMENTADOR PRINCIPAL					
SISTEMAS, SUBSISTEMAS Y PARTES MANTENIBLES		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)			Hoja:
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE INICIO
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE REVISIÓN
Sistema		Subsistema 1		Subsistema 2	
Número	Descripción	Parte/ Código	Descripción	Parte	Descripción
1	Sistema neumático	Cilindro neumático/ 20000550	Bimba air #SR-178- DPB.OI		
		Cilindro neumático/ 20000715	12in W/303 cylinder, SS Rod, Bimba air #SR1212 DPEE 625		
2	Sistema mecánico	Timing plate/ 30593041			
		Timing belt/20507371	GDYR #W-896		
		Motor/30632141	Baldor 1HP 35T894W702G1		
		Timing belt/20516575	RPP #1440PTH8M-12		
		Bearing linear/ 20000251	#FLCN-08E		
		Piñon/ 30585213			
		Piñon tensor/ 30595360			
		Correa dentada/30585363	#1008 TPR-LOC		
3	Sistema electrónico	Variador de frecuencia/PEVAR000080	Allen Bradley PF40 3HP		
		Sensor diffuser/reflective, efector/ PESWT000047	#OG0035		

		Sensor trasmitter, efector/ 20501823	#OG0030		
		Sensor receiver, efector/ 20501822	#OG0039		

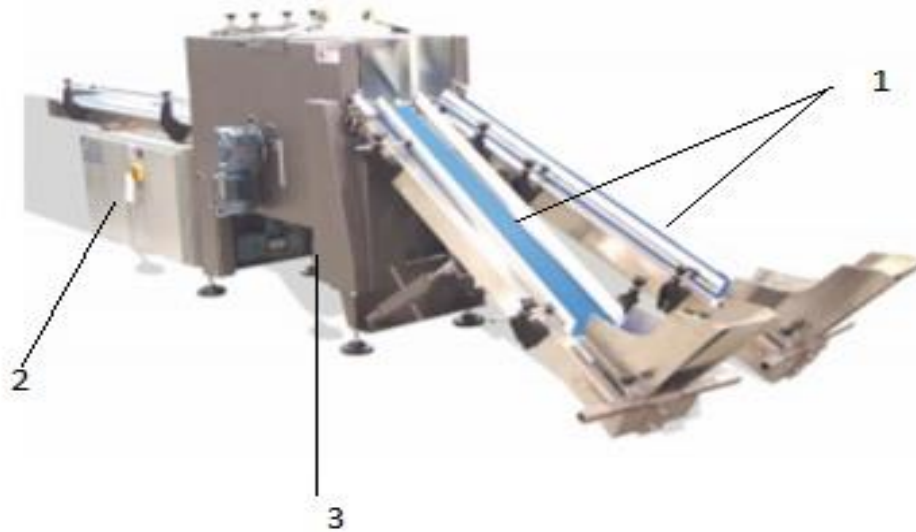


Fuente: (HEAT AND CONTROL, 2004)

Tabla 2.8 Despiece banda recolectora y acumuladora doble

BANDA RECOLECTORA Y ACUMULADORA DOBLE					
SISTEMAS, SUBSISTEMAS Y PARTES MANTENIBLES		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)			Hoja:
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE INICIO
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE REVISIÓN
Sistema		Subsistema 1		Subsistema 2	
Número	Descripción	Parte/ Código	Descripción	Parte	Descripción
1	Entrada	Banda/121 048	BLP 230 150mm X 3040mm		
		Rodillo impulsor		Rodamiento/100 455	12NPP 3/4 in
				Chumacera/102 130	SFT 12TC
		Polea/115 355	AK30 3/4 in		
		Motor/104498	R17DT71D4 0.5HP 241RPM IP65		
		Rodillo loco/356 578		Rodamiento/ 100 455	12NPP 3/4 in
2	Descarga	Banda/110 100	BLP 210 120mm w X 3965 L		
		Rodillo loco/ 356 635		Rodamiento/120 094	6004-2RSNR
		Espaciador/357 219	20 ID X 25 OD X 5W		
		Collar de eje/120 092	57445K73 20mm		
		Rodillo impulsor		Rodamiento/ 100 455	12NPP 3/4 in
		Motor/104495	R17DT71DA 0.5HP 100 RPM		
3	Rueda de clasificación	Timing belt/ 100 490	270H 100in		
		Bushing/100 523	1008		
		Polea dentada/100 636	TB14H150		
		Rodillo loco		Rodamiento/ 100 455	12NPP 3/4 in

		Rodillo impulsor		Rodamiento/ 100 455	12NPP 3/4 in
		Banda dentada	PHG 630-H-150		
		Motor/ 104 494	SAF 47A1023.20 0.5HP 73 RPM		
4	Sistema electrónico	Sensor photoelectronico/ 101 997	42KCT2LPGPP4 THRU BEAM S		
		Sensor photoelectronico/ 106 687	42CAD1JPAED4 DIFF		
		Motor starter/ 100 832	140MC2EB25		



(Fuente: (Blueprint automation))

Tabla 2.9 Despiece banda recolectora y acumuladora simple

BANDA RECOLECTORA Y ACUMULADORA SIMPLE					
SISTEMAS, SUBSISTEMAS Y PARTES MANTENIBLES		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)			Hoja:
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE INICIO
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE REVISIÓN
Sistema		Subsistema 1		Subsistema 2	
Número	Descripción	Parte/ Código	Descripción	Parte	Descripción
1	Descarga	Banda/105 168	BLP 230 150mm X 3040mm		
		Rodillo impulsor/304 407		Rodamiento/100 455	RAL012 NPP 3/4 BORE
				Chumacera/102 130	SFT 12TC
		Polea/100 636	TB14H150		
		Timing belt/ 104 496			
		Motor/104 495	R17DT71D4 0.5HP 100RPM		
		Rodillo loco/304 406		Rodamiento/100 455	RAL012 NPP 3/4 BORE
2	Entrada	Banda/110 100	BLP 210 120mm w X 3965 L		
		Rodillo loco/ 356 635		Rodamiento/120 094	6004-2RSNR
		Espaciador/357 219	20 ID X 25 OD X 5W		
		Collar de eje/120 092	57445K73 20mm		
		Rodillo impulsor		Rodamiento	RAL012 NPP 3/4 BORE
		Motor/104495	R17DT71DA 0.5HP 100 RPM		
3	Rueda de clasificación	Count belt			
		Bushing/100 523	1008		
		Polea dentada/100 636	TB14H150		

		Rodillo loco/ 303 806	Rodamiento	RAL012 NPP 3/4 BORE
		Rodillo impulsor/ 304 423	Rodamiento	RAL012 NPP 3/4 BORE
		Banda dentada	PHG 630-H-150	
		Motor/ 104 494	SAF 47A1023.20 0.5HP 73 RPM	
4	Sistema electrónico	Sensor photoelectronico/ 101 997	42KCT2LPGPP4 THRU BEAM S	
		Sensor photoelectronico/ 106 687	42CAD1JPAED4 DIFF 18 MM	
		PLC/ 100 934	1761L32BWA MICROLOGIX	
		Motor starter/ 100 832	140MC2EB25	

(Fuente: (Blueprint automation))

2.3. Análisis de los modos de y efectos de fallo AMFE

En este capítulo se reconocen y evalúan los modos de fallos potenciales y las causas asociadas a las mismas, para lograr este objetivo nos valemos de la herramienta de análisis modal de falla y efecto AMFE, realizando un AMFE de proceso.

Tabla 2.10 AMFE

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTO (A.M.F.E)																
AMFE DE PROCESO				DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE			Hoja:					
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR				COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)				MODELO/ SISTEMA/ FABRICACIÓN			FECHA DE INICIO		FECHA DE REVISIÓN			
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFECTO	CAUSA DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D	IPR			ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR
Sellado	1.1	Sello roto	Aumento del tiempo muerto	Presión excesiva	Ninguna	2	10	3	60							
	1.2		Desperdicio de producto	Desalineamiento	Mantenimiento preventivo	4	10	3	120	Prueba de impresión en papel	Técnico					
	1.3		Paro de producción	Desgaste excesivo	Mantenimiento preventivo	4	10	3	120	Disminuir tiempos de mantenimiento preventivo	Jefe de mantenimiento					
	1.4		Atascamiento	Mala calibración	Ninguna	2	10	3	60							
	1.5		Bolsas abiertas	Falta de mantenimiento preventivo	Ninguna	2	10	3	60							
	1.6		Perdidas económicas	Falta de entrenamiento del operador	Ninguna	2	10	3	60							

Sellado	1.7	Temperatura de sellado excesiva	Aumento de tiempo muerto	Daño sensor de temperatura	Ninguna	3	8	7	168	Mantenimiento preventivo	Técnico									
	1.8			Daño en el calentador	Ninguna	4	8	7	224	Mantenimiento preventivo	Técnico									
	1.9		Perdida de producto	Correa de sellado rota	Mantenimiento preventivo	4	8	3	96											
	1.1			Distorsión en sello	Velocidad de sellado demasiado baja	Calibración	2	8	2	32										
	1.11				Mala calibración en el tiempo se sellado	Control de parámetros	2	8	1	16										
	1.12		Temperatura de sellado insuficiente	Bolsas abiertas	Daño en el sensor de temperatura	Ninguna	3	8	7	168	Mantenimiento preventivo-predictivo	Técnico								
	1.13	Fugas de aire en bolsas		Daño en el calentador	Ninguna	4	8	7	224	Mantenimiento preventivo-predictivo	Técnico									
	1.14	Perdida de producto		Correa de sellado rota	Mantenimiento preventivo	4	8	3	96											
	1.15	Incremento en tiempos muertos		Velocidad de sellado demasiado alta	Calibración	2	8	2	32											
	1.16			Desalineamiento de mordazas	Mantenimiento preventivo	4	10	3	120	Entrenamiento de operadores	Jefe de operadores									
	1.17	Producto atrapado en el sello		Producto rechazado	Falla en la celda de carga de la pesadora	Ninguna	4	8	7	224	Mantenimiento preventivo predictivo	Técnico								
	1.18		Perdidas económicas	Atascamiento de producto en el formador	Limpiezas	6	8	4	192	Uso de otro tipo de formador adecuado al tamaño del producto	Jefe de operaciones									
	1.19		Aumento de tiempo muertos	Calibración incorrecta de la velocidad de la mordaza	Inspección	3	8	2	48											

Corte	2.1	Corte de bolsas defectuoso	Bolsas parcialmente cortadas	Cuchilla desafilada	Inspección	5	9	4	180	Prueba de impresión en papel	Técnico de mantenimiento									
	2.2			Desalineamiento de mordazas	Inspección	4	9	7	252	Prueba de impresión en papel	Técnico de mantenimiento									
	2.3		Bolsas unidas	Presión excesiva	Ninguna	3	9	8	216	Prueba de impresión en papel	Técnico de mantenimiento									
	2.4		Aumento en tiempos muertos	Falta de presión	Ninguna	3	9	8	216	Prueba de impresión en papel	Técnico de mantenimiento									
	2.5		Generación de abre fácil	Cuchilla rota	Inspección	2	9	5	90											
	2.6		Perdidas económicas	Cuchilla desgastada	Inspección	5	9	7	315	Prueba de impresión en papel	Técnico de mantenimiento-operador									
	2.7			Cuchilla incorrecta	Inspección	2	9	3	54											
	2.8			Tensión del film incorrecta	Inspección	4	9	3	108	Entrenamiento de operadores	Operador									
	2.9	Cuchilla rota	Aumento en tiempos muertos	Desalineamiento de mordazas	Inspección	3	9	6	162	Prueba de impresión en papel	Técnico de mantenimiento									
	2.1			Presión excesiva	Ninguna	2	9	7	126	Prueba de impresión en papel	Técnico de mantenimiento									
	2.11		Para de la máquina	Ajuste incorrecto de cuchilla	Ninguna	3	9	7	189	Prueba de impresión en papel	Técnico de mantenimiento									
	2.12		Falla en pernos de ajuste	Inspección	3	9	7	189	Mantenimiento preventivo	Técnico de mantenimiento										
Formado	3.1	Producto atrapado en el tubo de formador	Cuello de botella	Tubo de formador muy pequeño	Ninguna	3	8	4	96											
	3.2			Falla en el ponchador	Ninguna	3	8	2	48											
	3.3		Aumento en tiempos muertos	Falla en la celda de carga de la pesadora	Ninguna	4	8	6	192	Mantenimiento preventivo-predictivo	Técnico de mantenimiento									

Formado	3.4			Desconfiguración del programa de pesado	Ninguna	2	8	4	64											
	3.5			Tubo de formador averiado	Ninguna	5	8	5	200	Mantenimiento preventivo-predictivo	Técnico de mantenimiento									
	3.6	Atascamiento de film en el salilor		Desgaste excesivo en las correas de arrastre	Mantenimiento preventivo	6	7	4	168	Inspección diaria previa al inicio de la producción	Operador									
	3.7			Falla en el servomotor del carrete del film	Ninguna	2	7	7	98											
	3.8	Atascamiento de film en el salilor	Cuello de botella Desperdicio de film Aumento en tiempos muertos	Falla en el sistema de bailarinas	Inspección	3	7	3	63											
	3.9			Daño en el sailor	Inspección	5	7	5	175	Mantenimiento preventivo	Técnico de mantenimiento									
	3.1			Desalineamiento del tubo de formador	Inspección	5	7	5	175	Inspección diaria previa al inicio de la producción	Operador									
	3.11			Mal ajuste del film	Inspección	2	7	2	28											
	3.12			Presion de vacío incorrecta	Inspección	4	7	1	28											
	3.13	Ponchador no funciona	Atascamiento de producto	Falla en el controlador	Ninguna	2	5	8	80											
	3.14			Desalineamiento	Inspección	3	5	5	75											
	Pesado	4.1	Bolsas de producto final con peso inferior al requerido	Rechazo de producto final Aumento de tiempos muertos	Cantidad de producto entregado a la tolva insuficiente	Inspección	3	8	5	120	Inspección-Mantenimiento preventivo	Técnico de mantenimiento								
		4.2			Velocidad demasiada alta	Inspección	3	8	2	48										
		4.3			Falla en la celda de carga	Ninguna	3	8	7	168	Mantenimiento preventivo-predictivo	Técnico de mantenimiento								

Pesado	4.4			Atascamiento en el cuello del formador	Inspección	4	8	4	128	Nuevo formador con distintas características físicas	Jefe de operaciones							
	4.5	El peso del producto final es muy distinto al peso requerido	Rechazo de producto final	Falla en las compuertas de las tolvas	Mantenimiento preventivo	3	6	5	90									
	4.6			Producto atascado en la tolva	Inspección	3	6	5	90									
	4.7			Aumento de tiempos muertos	Falla en la celda de carga	Ninguna	3	6	8	144	Mantenimiento preventivo-predictivo	Técnico de mantenimiento						
	4.8			Temporización de envase con evasadora incorrecta	Inspección	3	9	7	189	Mantenimiento preventivo	Técnico de mantenimiento							
	4.9	El alimentador radial no funciona	Aumento en tiempos muertos	Fusible fundido	Inspección	3	9	4	108	Mantenimiento preventivo	Técnico de mantenimiento							
	4.1			Falla en la tarjeta de control	Ninguna	3	9	9	243	Mantenimiento preventivo	Técnico de mantenimiento							
	4.11	El producto se descarga en el momeno incorrecto	Aumento de tiempos muertos	Producto u objetos atascados en las tolvas	Inspección	4	7	6	168	Limpiezas profundas-inspección de funcionamiento	Oprador-Técnico de mantenimiento							
	4.12			Producto atrapado en sello	Falla en la tarjeta de control	Ninguna	3	9	9	243	Mantenimiento preventivo	Técnico de mantenimiento						
	Transporte	5.1	El transportador se enciende y detiene frecuentemente	Aumento en tiempos de producción	Falla en la fotocelda	Mantenimiento preventivo	5	9	5	225	Inspección y calibración de sensores	Técnico de mantenimiento						
		5.2			Calibración de la fotocelda incorrecta	Ninguna	3	9	9	243	Entrenamiento de operadores y técnicos	Jefe de operaciones-mantenimiento						
		5.3	Producto derramado en el suelo	Perdida de producto	Altura de la cama de producto demasiado alta	Ninguna	2	5	2	20								
5.4		Fotocelda averiada			Ninguna	3	8	8	192	Mantenimiento preventivo	Técnico de mantenimiento							

Transporte	5.5	Producto derramado en el suelo		Desalineación de del transportador con el cabezal pesador	Inspección	1	10	1	10										
	5.6	El trasportador no se mueve- motor encendido	Aumento de tiempos muertos	Timing belt rota	Ninguna	5	9	3	135	Mantenimiento preventivo-revisión de ajuste correcto	Técnico de mantenimiento								
	5.7			Los cables de control no están conectados a los terminales correctos del módulo de potencia	Inspección	3	8	6	144	Capasitación a técnicos de mantenimiento	Jefe de mantenimiento								
	5.8			Paro de producción	Correa del motor fuera de posición o rota	Ninguna	5	9	3	135	Mantenimiento preventivo-revisión de ajuste correcto	Técnico de mantenimiento							
	5.9				Falla en la correa exéntrica	Ninguna	6	9	3	162	Mantenimiento preventivo-revisión de ajuste correcto	Técnico de mantenimiento							
	5.1	El producto se mueve en el sentido contrario	Aumento de tiempos muertos	Rueda dentada del sistema exentrico instalada incorrectamente	Ninguna	3	9	7	189	Inspección post mantenimiento	Jefe de mantenimiento								
	5.11			Paro de producción	Unidad instalada hacia atrás	Inspección	1	9	1	9									
	5.12	El motor no enciende	Aumento de tiempos muertos	Falla en el motor	Ninguna	5	9	5	225	Mantenimiento predictivo	Técnico de mantenimiento								
	5.13			Paro de emergencia activado	Inspección	2	5	2	20										
	5.14	Bandeja se mueve exesivamante	Producto roto	Instalación incorrecta de la bandeja	Ninguna	2	8	5	80										
	5.15	Bandeja se mueve exesivamante	Aumento en tiempos muertos	Sujetadores de la bandeja mal ajustados	Ninguna	3	7	7	147	Mantenimiento preventivo-inspección	Técnico de mantenimiento								
	5.16	Bandeja realiza movimientos extraños	Aumento en tiempos mertos	Timing belt mal ajustada	Ninguna	4	8	8	256	Capasitación a técnicos de mantenimiento	Técnico de mantenimiento								
	5.17			Paro de producción por daño	Correa del motor patina o salta	Ninguna	5	7	6	210	Mantenimiento preventivo	Técnico de mantenimiento							

Transporte	5.18	Bandeja de alimentación del transportador principal no funciona correctamente	Cabezales pesadores sin producto	Daño en el cilindro neumático	Ninguna	2	8	6	96								
	5.19		Para de producción	Fotocelda de apertura averiada	Ninguna	4	7	7	196	Mantenimiento preventivo	Técnico de mantenimiento						
	5.2		Compuerta atorada	Inspección	3	7	5	105	Limpiezas profundas-inspección de funcionamiento	Técnico de mantenimiento							

(Fuente: (Propia))

3. RESULTADOS

3.1. Actividades de formación y protocolos de mantenimiento sugeridos

Posterior al estudio previo realizado, se sugiere implementar las siguientes actividades de formación y actividades de mantenimiento para mejorar las habilidades del personal de mantenimiento y operadores de la línea de producción.

3.1.1. Implementar mantenimiento predictivo

Las técnicas de mantenimiento predictivo ayudan a los técnicos a poder controlar de mejor manera los equipos, también permiten llevar registros de disponibilidad en el tiempo. Los equipos de mantenimiento predictivo recomendados a implementar son los siguientes:

- **Análisis de vibraciones:**
Es recomendado para el mantenimiento de motores eléctricos, ventiladores y cualquier tipo de rotor. Este tipo de análisis facilita el trabajo al personal de mantenimiento ya que al contar con un equipo electrónico se puede llevar a cabo un análisis rápido y constante del estado de las máquinas para poder comprender la causa del estado del equipo.
- **Análisis de corriente eléctrica:**
Este análisis permite determinar la calidad eléctrica y la gestión energética de las plantas. Un registrador de calidad eléctrica ayuda a descubrir los problemas más difíciles de identificar a simple vista, también nos permite identificar oportunidades de ahorro energético y evaluar el rendimiento de los sistemas eléctricos.

3.1.2. Actividades de formación

- **Termografía:**
Esta técnica es esencial para identificar problemas de sellado en las envasadoras verticales, ya que al tener una imagen térmica del sello podemos identificar las posibles causas de los problemas de manera rápida y sencilla.
También es útil para analizar tableros eléctricos y poder identificar equipos con mal funcionamiento debido a exceso de temperatura por sobre carga.
Debido a la utilidad de esta herramienta es esencial que el personal sepa sacar provecho de las herramientas para poder identificar problemas rápidamente con la ayuda técnicas modernas de mantenimiento.

3.2. Plan de Mantenimiento

Tabla 3.1 Plan de mantenimiento

BANDA RECOLECTORA Y ACUMULADORA DOBLE						
PLAN DE MANTENIMIENTO		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)			Hoja:	
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE INICIO	
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE REVISIÓN	
Número	Sistema	Parte/ Código	Responsable	Tarea/ Observación	Frecuencia	
1	Entrada	Banda/121 048	Operador	Inspección/ verificación de tensión correcta, marcas de calor, estado de la grapa	Quincenal	
2	Entrada	Rodamiento/100 455	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual	
3	Entrada	Chumacera/102 130	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual	
4	Entrada	Motor/104498	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual	
5	Entrada	Rodamiento/ 100 455	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual	
6	Descarga	Banda/110 100	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta, marcas de calor, estado de la grapa	Quincenal	
7	Descarga	Rodamiento/120 094	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual	
8	Descarga	Rodamiento/ 100 455	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual	
9	Descarga	Motor/104495	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual	
10	Rueda de clasificación	Timing belt/ 100 490	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual	
14	Rueda de clasificación	Rodamiento/ 100 455	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual	
15	Rueda de clasificación	Rodamiento/ 100 455	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual	
16	Rueda de clasificación	Motor/ 104 494	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual	
17	Sistema electrónico	Sensor photoelectronico/ 101 997	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral	
18	Sistema electrónico	Sensor photoelectronico/ 106 687	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral	

BANDA RECOLECTORA Y ACUMULADORA SIMPLE					
PLAN DE MANTENIMIENTO		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)		Hoja:	
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)		FECHA DE INICIO	
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)		FECHA DE REVISIÓN	
Número	Sistema	Parte/ Código	Responsable	Tarea/ Observación	Frecuencia
1	Descarga	Banda/105 168	Operador	Inspección/ verificación de tensión correcta, marcas de calor, estado de la grapa	Quincenal
2	Descarga	Rodamiento/100 455	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
3	Descarga	Chumacera/102 130	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
4	Descarga	Timing belt/ 104 496	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual
5	Descarga	Motor/104 495	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual
6	Descarga	Rodamiento/100 455	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
7	Entrada	Banda/110 100	Operador	Inspección/ verificación de tensión correcta, marcas de calor, estado de la grapa	Quincenal
8	Entrada	Rodamiento/120 094	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
10	Entrada	Motor/104495	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual
11	Rueda de clasificación	Count belt	Operador	Inspección/ verificación de tensión correcta, marcas de calor, estado de la grapa	Quincenal
15	Rueda de clasificación	Rodamiento/100 455	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
16	Rueda de clasificación	Motor/ 104 494	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual
17	Sistema electrónico	Sensor photoelectronico/ 101 997	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral
18	Sistema electrónico	Sensor photoelectronico/ 106 687	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral

EMVASADORA VERTICAL					
PLAN DE MANTENIMIENTO		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)		Hoja:	
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)		FECHA DE INICIO	
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)		FECHA DE REVISIÓN	
Número	Sistema	Parte/ Código	Responsable	Tarea/ Observación	Frecuencia
1	Sello vertical	Rodamiento radial/058 1579 07	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
2	Sello vertical	Rodamiento radial/058 1580 01	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
3	Sello vertical	Rodamiento radial/058 1581 05	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
4	Sello vertical	Resorte de compresion/064 9111 07	Técnico de mantenimiento	Inspección	Mensual
5	Sello vertical	Engranaje recto/ 094 9479 04	Técnico de mantenimiento	Lubricación	Mensual
6	Sello vertical	Back seal heater band/03 4 185	Técnico de mantenimiento	Inspección/ búsqueda de formación de grietas por desgaste, revisión de tensión	Mensual
7	Sello vertical	Motor, ac servo/113 1408 13	Técnico de mantenimiento	Comprobar alineación y asegurar el amarre del motor, comprobar y asegurar conectores eléctricos de alimentación, revisar cables y sus	Mensual
8	Sello vertical	Heater as, vertical /111 0211 02	Técnico de mantenimiento	Revisión de cables, comprobar estado	Bimensual
9	Sello vertical	Cilindro neumático/ 66497403	Técnico de mantenimiento	Inspección/ Exceso de juego, fugas de aire	Mensual
10	Sello vertical	Cilindro neumático/ 94-9405-09	Técnico de mantenimiento	Inspección/ Exceso de juego, fugas de aire	Mensual
11	Unidad de arrastre	Correa de arrastre/XERCT1046	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual
12	Unidad de arrastre	Motor as/140995003	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual
13	Unidad de arrastre	Timing belt, s5m/91-8500-04	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual
14	Unidad de arrastre	Cilindro neumatico/94936203	Técnico de mantenimiento	Inspección/ Exceso de juego, fugas de aire	Mensual
15	Unidad de arrastre	Bearing ball bush/094 9454 02	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
16	Unidad de arrastre	Rodamiento radial/000 3659 05	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
17	Unidad de arrastre	Rodamiento radial/028 1556 04	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual

18	Unidad de arrastre	Codos de union neumaticos/067 3404 08	Técnico de mantenimiento	Revisión de junta de manguera, uniones sin fugas	Bimensual
19	Unidad de arrastre	Junta neumatica de 3 vias/068 7133 01	Técnico de mantenimiento	Revisión de junta de manguera, uniones sin fugas	Bimensual
20	Sello horizontal	Cuchilla de ceramica/111-4210-10	Operador	Revisión de filo, ajuste correcto	Mensual
21	Sello horizontal	Cutter absorb/111-4209-06	Técnico de mantenimiento	Limpieza, ajuste	Diaria
22	Sello horizontal	Header, cartridge/120-2690-19	Técnico de mantenimiento	Revisión de cables, comprobar estado	Bimensual
23	Sello horizontal	Sensor/115-8336-00	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral
24	Sello horizontal	Sensor de proximidad/000118598313	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral
25	Sello horizontal	Cilindro neumatico/111-4118-01	Técnico de mantenimiento	Inspección/ Exceso de juego, fugas de aire	Mensual
26	Sello horizontal	Motor, AC servo/113-1406-07	Técnico de mantenimiento	Comprobar amperaje y asegurar el amarre del motor, comprobar y asegurar conectores eléctricos de alimentación, revisar cables y sus fijaciones.	Mensual
27	Sello horizontal	Timing belt, UP8M/109-3351-08	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual
28	Unidad eléctrica	Power supply,switching (5v, ±15v: 75w)	Técnico de mantenimiento	Testeo de estado	Trimestral
29	Unidad eléctrica	Power supply, switching/130-1721-07	Técnico de mantenimiento	Testeo de estado	Trimestral
30	Unidad eléctrica	Power supply,switching (24v) /48-7575-	Técnico de mantenimiento	Testeo de estado	Trimestral
31	Driver	Controller,driver,servo/ 112-5544-05	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
32	Driver	Controller,driver,servo/ 112-5542-08	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
33	Driver	Controller,driver,servo/ 112-5543-01	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
34	Driver	Motor, as brushless/ 100023925801	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual
35	Driver	Electromagnetic contactor/	Técnico de mantenimiento	Termografía	Trimestral
36	Driver	Electromagnetic contactor (dc24v)/	Técnico de mantenimiento	Termografía	Trimestral
37	Unidad de vacío	Cilindro neumático/ 000109637302	Técnico de mantenimiento	Inspección/ Exceso de juego, fugas de aire	Mensual
38	Ponchador	Timing belt, s5m /54-9110-04	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual

39	Ponchador	Motor, ac servo /148130810	Técnico de mantenimiento	Comprobar alineación y asegurar el amarre del motor, comprobar y asegurar conectores eléctricos de alimentación, revisar cables y sus fijaciones	Mensual
40	Ponchador	Timing belt, p8m /98-4933-00	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual
41	Ponchador	Motor, brushless /92-2225-05	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual
42	Ponchador	Photo interruptor,trans,omron /12-8583-08	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral
43	Portador del film	Air cylinder /109637302	Técnico de mantenimiento	Inspección/ Exceso de juego, fugas de aire	Mensual
44	Impresión	Photo switch as, reg mark /110-8675-06	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral

PESADORA MULTICABEZAL					
PLAN DE MANTENIMIENTO		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)			Hoja:
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE INICIO
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)			FECHA DE REVISIÓN
Número	Sistema	Parte/ Código	Responsable	Tarea/ Observación	Frecuencia
1	Base unit feed	Load cell/ 02-9836-22	Técnico de mantenimiento	Verificación/ Uso de patron de calibración	Mensual
2	Pool Hopper unit	Bush/002 5805 04	Operador	Inspección/Verificación de apertura cierre corrcto de la compuerta de la	Mensual
3	Pool Hopper unit	Collar/ 003 4681 03	Operador	Inspección/Verificación de apertura cierre corrcto de la compuerta de la	Mensual
4	Pool Hopper unit	Roller As/ 091 2930 01	Operador	Inspección/Verificación de apertura cierre corrcto de la compuerta de la	Mensual
5	Drive weight hopper unit	Celda de carga/52301818	Técnico de mantenimiento	Verificación/ Uso de patron de calibración	Mensual
6	Drive weight hopper unit	Motor paso a paso/65-0751-05	Técnico de mantenimiento	Comprobar alineación y asegurar el amarre del motor, comprobar y asegurar conectores eléctricos de alimentación, revisar cables y sus	Mensual
7	Drive weight hopper unit	Motor paso a paso/143-6747-02	Técnico de mantenimiento	Comprobar alineación y asegurar el amarre del motor, comprobar y asegurar conectores eléctricos de alimentación, revisar cables y sus	Mensual
8	Drive weight hopper unit	PWB AS, P-5207:A WDU (L:50 J225)/ 64760315	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
9	Drive weight hopper unit	Rodamiento/ 50 2328 04	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
10	Wheight hopper unit	Collar/ 003 4681 03	Operador	Inspección/Verificación de apertura cierre corrcto de la compuerta de la	Mensual
11	Wheight hopper unit	Bush/002 5805 04	Operador	Inspección/Verificación de apertura cierre corrcto de la compuerta de la	Mensual

12	Wheight hopper unit	Collar/ 011 5637 07	Operador	cierre corrcto de la compuerta de la tolva	Mensual
13	Booster hopper unit	Bush/002 5805 04	Operador	Inspección/Verificación de apertura cierre corrcto de la compuerta de la	Mensual
14	Booster hopper unit	Collar/ 065 9478 10	Operador	Inspección/Verificación de apertura cierre corrcto de la compuerta de la	Mensual
15	Booster hopper unit	Collar/ 003 4681 03	Operador	Inspección/Verificación de apertura cierre corrcto de la compuerta de la	Mensual
16	Drive booster hopper uni	PWB/ 116 3479 08	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
17	Drive booster hopper uni	PWB/ 053 4192 04	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
18	Drive booster hopper uni	Motor paso a paso/ 063 1265 01	Técnico de mantenimiento	Comprobar alineación y asegurar el amarre del motor, comprobar y asegurar conectores eléctricos de alimentación, revisar cables y sus	Mensual
19	Drive booster hopper uni	Rodamiento/ 050 2328 04	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
20	Remote control box unit	WEB-RCU Board: 512MB/ XP-5619-1-KIT	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
21	Electrical unit	ADC BOARD/ XP-5576-2	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
22	Electrical unit	WCU BOARD/ XP-5561-1	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
23	Electrical unit	DMU BOARD, 2/ XP-5562-2	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
24	Electrical unit	FEEDER DRIVE BOARD/ XP-5424-7	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
25	Electrical unit	FEEDER DRIVE BOARD/ XP-5424-7	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
26	Electrical unit	FDC: 1 BOARD/ XP-5423-1	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual
27	Electrical unit	HUB BOARD/ XP-5535-1	Técnico de mantenimiento	Limpieza/ Aire comprimido y limpiador de contactos	Mensual

ALIMENTADOR TRANSVERSAL					
PLAN DE MANTENIMIENTO		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)		Hoja:	
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)		FECHA DE INICIO	
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)		FECHA DE REVISIÓN	
Número	Sistema	Parte/ Código	Responsable	Tarea/ Observación	Frecuencia
1	Sistema mecánico	Motor/30571659	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual
2	Sistema mecánico	Timing belt /20514719	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual
3	Sistema mecánico	Eccentric timing belt/ 20507371	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual
4	Sistema mecánico	Piñon tensor/ 30550016	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación del estado del piñon y tensión correcta	Trimestral
5	Sistema mecánico	Bearing, plated, piloted flange/	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
6	Sistema mecánico	Timing plate/ 30547820	Técnico de mantenimiento	Inspección/ grietas o desgaste excesivo	Mensual
7	Sistema electrónico	Photo eye/PESWT000047	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral
8	Sistema electrónico	Cable del sensor/20501824	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación del estado del cable	Bimensual

ALIMENTADOR PRINCIPAL					
PLAN DE MANTENIMIENTO		COORDINADOR: (Nombre/Dpto.)		Hoja:	
		RESPONSIBLE 1: (Nombre/Dpto.)		FECHA DE INICIO	
MODELO/ CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN		RESPONSIBLE 2: (Nombre/Dpto.)		FECHA DE REVISIÓN	
Número	Sistema	Parte/ Código	Responsable	Tarea/ Observación	Frecuencia
1	Sistema neumático	Cilindro neumático/ 20000550	Técnico de mantenimiento	Inspección/ Exceso de juego, fugas de aire	Mensual
2	Sistema neumático	Cilindro neumático/ 20000715	Técnico de mantenimiento	Inspección/ Exceso de juego, fugas de aire	Mensual
3	Sistema mecánico	Timing plate/ 30593041	Técnico de mantenimiento	Inspección/ grietas o desgaste excesivo	Mensual
4	Sistema mecánico	Timing belt/20507371	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual
5	Sistema mecánico	Motor/30632141	Técnico de mantenimiento	Análisis de vibraciones	Bimensual
6	Sistema mecánico	Timing belt/20516575	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual
7	Sistema mecánico	Bearing linear/ 20000251	Operador	Lubricación/ Verificación de integridad	Mensual
8	Sistema mecánico	Piñon tensor/ 30595360	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación del estado del piñon y tensión correcta	Trimestral
9	Sistema mecánico	Exentric timing belt/30585363	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de tensión correcta y marcas de calor	Mensual
10	Sistema electrónico	Sensor diffuser/reflective, efector/ PESWT000047	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral
11	Sistema electrónico	Sensor trasmitter, efector/ 20501823	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral
12	Sistema electrónico	Sensor receiver, efector/ 20501822	Técnico de mantenimiento	Inspección/ verificación de posición, funcionamiento	Trimestral

(Fuente: (Propia))

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Después del estudio realizado se sistematizó una gran cantidad de información que está destinada a mejorar los procesos, reducir los tiempos muertos, perfeccionar las capacidades del personal, reducir costos, disminuir el impacto ambiental, corregir subsistemas, implementar nuevas técnicas de mantenimiento. Como conclusiones del análisis RCM realizado en la línea de empaque de papa de la empresa tenemos lo siguiente:

- Se cumplió con el objetivo principal del estudio, presentando un análisis de mantenimiento centrado en la confiabilidad conformado por un estudio preliminar del funcionamiento de los sistemas y subsistemas, un análisis modal de fallos y efectos y un plan de mantenimiento de la línea de empaque de papa de la planta industrial.
- Se realizó un estudio previo del funcionamiento de las máquinas que componen el sistema principal, entendiendo el funcionamiento y analizando las partes mecánicas y electromecánicas principales de los subsistemas.
- Se obtuvo las causas de los modos de fallos identificados, lo que nos permite reaccionar rápidamente en caso de una falla imprevista, prever dichas fallas con la implementación de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Se obtuvo un despiece de las máquinas que componen el sistema, lo que nos facilita la gestión de repuestos correcta. Al identificar las piezas mantenibles más importantes se puede ahorrar recursos económicos en el inventario de repuestos.
- Se identificó nuevas técnicas de mantenimiento, fáciles de implementar, modernas y rápidas. Mediante las cuales se busca facilitar el trabajo disminuyendo los tiempos de mantenimiento he incluido monitoreo de condición.
- Se elaboró un documento completo y resumido el cual puede ser usado por el personal técnico y no técnico.
- Se recomendó capacitaciones para el personal en nuevas técnicas de mantenimiento y también en técnicas actuales para perfeccionar su uso he incrementar las habilidades del personal.
- Al reducir los tiempos muertos o tiempos en los cuales las máquinas dejan de producir se reduce el impacto ambiental, en este caso se reduce el desperdicio de papel empaque y el consumo de energía.
- Se delegó operaciones de mantenimiento básicas al personal de operaciones para así disminuir la dependencia de personal calificado y poder generar un ahorro de recursos económicos.

4.2. Recomendaciones

Después de finalizar el análisis RCM se tiene como recomendación los siguientes puntos:

- Se incluye los documentos Excel de despiece de las máquinas, análisis modal de fallos y efectos, plan de mantenimiento, los cuales pueden ser mejorados con el tiempo incluyendo y borrando datos según las necesidades.
- Las actividades de mantenimiento deben ser realizadas y controladas en los tiempos debidos para que el análisis RCM tenga los efectos deseados en la planta de producción.
- Seguir las sugerencias de mejoras, he incluir nuevas, para poder visualizar cambios y mejoras en los indicadores de mantenimiento.
- Implementar las mejoras sugeridas en el análisis modal de fallos y efectos AMFE y verificar si hay algún cambio en el índice de prioridad de riesgo IPR.
- Seguir con el despiece y análisis de fallos de del subnivel más bajo restante, siendo este, motores eléctricos y bombas de vacío.
- Tomar las causas de modos de fallos y determinar que ocasiona dichas causas realizando un análisis más profundo en el AMFE.
- Implementar un software de mantenimiento mediante el cual se pueda manejar y verificar fácilmente las tareas de mantenimiento, revisar el análisis modal de fallos y efectos AMFE y el listado de repuestos sugeridos.

Referencias Bibliográficas

- Aguinaga, A. (2008). *Ingeniería de mantenimiento*. Quito: AEIM.
- Aguirre, J. (28 de Noviembre de 2013). *Slide Share*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/julianaguirre/diagrama-de-pareto-28713035/4>
- Ballesteros Robles, F. (2017). *Preditec.com*. Obtenido de Preditec.com: <http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/>
- Blueprint automation. (s.f.). *BPA*. Obtenido de Collador de bolsas flexibles: <https://blueprintautomation.com/files/original/flexible-bag-collator.pdf>
- Bosch. (2014). *Guide to Vertical Form Fill Seal Baggers*. Obtenido de Bosh Packaging Technology Inc.: https://resources.kinnek.com/media/gallery_images/pcvbsvonfuossuq.pdf
- CIBSE. (2008). *Maintenance engineering and management*. Londres: CIBSE.
- Coccia, M. (December de 2017). *Journal of Social and Administrative Sciences*. Obtenido de The Fishbone diagram to identify, systematize and analyze the sources of general purpose technologies: <http://www.kspjournals.org/>
- Dennis, A. (01 de Octubre de 2018). *Greener Corporation*. Obtenido de Problemas de flujo de producto en envasadoras verticales: <https://p3solutionsblog.com/es/problemas-de-flujo-de-producto-en-ensadoras-verticales/>
- Dennis, A. (1 de Octubre de 2018). *Greener corporation Soluciones P3TM*. Obtenido de Problemas de flujo de Producto en Envasadoras Verticales: <https://p3solutionsblog.com/es/problemas-de-flujo-de-producto-en-ensadoras-verticales/>
- Diaz, C. (17 de Enero de 2019). *Historia-Biografía*. Obtenido de Historia de Pepsico Inc: <https://historia-biografia.com/historia-de-pepsico-inc/>
- Einatec. (2019). *Einatec*. Obtenido de <https://einatec.com/mantenimiento-preventivo/>
- Espinosa fuentes, F. (s.f.). *Confiabilidad Operacional de Equipos: Metodología y Herramientas*. Chile: Universidad de Talca.
- Gardner Denver. (2020). *Elmo Rietschle*. Obtenido de Oil lubricated rotary vane pumps: <https://www.gardnerdenver.com/en-us/elmorietschle/products/rotary-vane/oil-lubricated-vacuum-pumps-v-vc>

- Gómez de León, F. C. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. Murcia: Universidad de Murcia servicio de Publicaciones.
- Green, M. (4 de Marzo de 2016). *Greener Corporation*. Obtenido de Evaluando Ajustes de Mordazas: <https://p3solutionsblog.com/es/evaluando-ajustes-de-mordazas/>
- Greener, C. (2013). *www.greenercorp.com*. Obtenido de Diseño de fillos para cuchillas de envolvedoras horizontales Flow Pack: https://greenercorp.com/wp-content/uploads/wp_disenos_de_filos_para_cuchillas.pdf
- HEAT AND CONTROL. (2004). *Fast Back 260E Horizontal Motion Conveyor*. Obtenido de <http://europack.gr/brochures/FastBack%20260E.pdf>
- HEAT AND CONTROL. (2008). *FastBack 90E Distribution Conveyor*. Obtenido de <https://www.heatandcontrol.com/sites/default/files/content/resource/pdf/2019-05/FastBack%2090E.pdf>
- HEAT AND CONTROL. (2020). *FastBack Horizontal Motion Conveyor 90E/260E-G3*. Obtenido de <https://www.heatandcontrol.com/model/horizontal-motion-conveyor-90e-260e-g3>
- HORDAGO. (Noviembre de 2013). *Análisi modal de fallos y efectos*. España : Librería HORDAGO.
- IMCA. (April de 2002). *Guidance Modes and Effects Anlyses (FMEAs)*. Obtenido de www.imca-int.com
- ISHIDA. (2020). *ISHIDA Packagig Machines*. Obtenido de https://www.ishidaeurope.es/eu/es/productos/snacks_packaging_machines/
- ISHIDA CO., L. (s.f.). *Atlas 122c Manual de operación*. Japon.
- ISHIDA. (s.f.). *Hcinsnacksolucion.com*. Obtenido de Multihead Weigher: <https://www.hcinsnacksolutions.com/download/brochure/CCW-RANGE-BROCHURE-ENGLISH.pdf>
- MDS. (s.f.). *Análisi modal de sus fallas y sus efectos AMFE*. Peru: Dirección de Calidad en Salud.
- MECHWASS ENGINEERING CO. (2019). *Some of the accessories of the multihead weighers*. Obtenido de <https://mhwas.com/multihead-weigher-accessories-3/>
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Segunda Edicion*. Reino Unido: Industrial Press Inc.

- Muños Abella, M. B. (s.f.). *Mantenimiento industrial*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid Area de Ingenieria Mecanica.
- NTP679. (2004). Analisis modal de fallos y efectos AMFE. Espana: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Ovalles Acosta, J. d., Gisbert Soler, V., & Pérez Molina, A. I. (Diciembre de 2017). *Herramientas para el analisis de causa raiz ACR*. Obtenido de 3 Ciencias: : <http://dx.doi.org/10.17993/3comp.2017.especial.1-9>
- PEPSICO. (2020). *PEPSICO*. Obtenido de <https://www.pepsico.com/about/mission-and-vision>
- PepsiCo, I. (2020). Código de Conducta Global de PepsiCo. New York, EEUU.
- Reyes, A. (2012). Obtención de los parametros de sellado de un empaque resellable. Mexico D.F., Mexico: UNAM.
- Rodriguez Machado, A. (2012). Manual de gestion de mantenimiento . Santa Clara: Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- SENATI. (Junio de 2007). Mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo. *Gestion del mantenimiento*. Lima, Peru: SENATI.
- Smith, A. (1992). *Reliability Centered Maintenance*. New York: McGraw Hill.
- Tavares, L. (s.f.). *Administracion Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicaciones.
- Vicente, F., Kessel, H., & Risso, E. (17 de Noviembre de 2008). Analisis de confiabilidad aplicadaa procesos industriales. Argentina: ABB.
- Wojtech, M. (21 de Noviembre de 2016). *Greener Corporation*. Obtenido de Optimizacion Ajuste de Cuchilla y Yunque : <https://p3solutionsblog.com/es/optimizando-ajuste-de-cuchilla-y-yunque-en-envolvedoras-horizontales/>
- Wojtech, M. (24 de Abril de 2017). *Greener Corporation Soluciones P3TM*. Obtenido de Solución de problemas para capas extras en material de envoltura en sello Parte 2 de 4: <https://p3solutionsblog.com/es/solucion-de-problemas-para-capas-extras-de-material-de-envoltura-en-el-sello-parte-2-de-4/>
- Wojtech, M. (26 de Enero de 2018). *Greener corporation*. Obtenido de Soluciones P3: <https://p3solutionsblog.com/es/sellado/2100/>

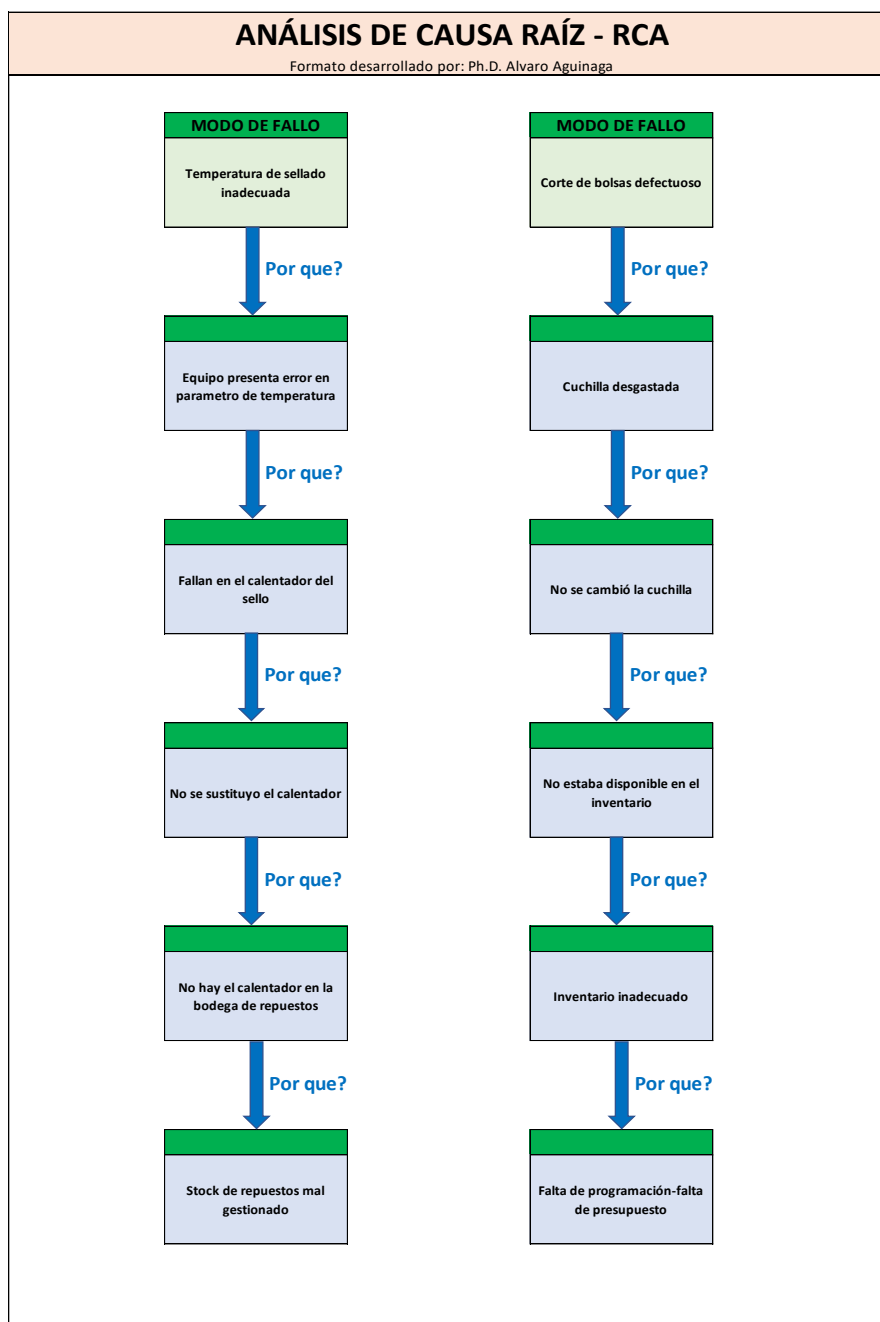
Zapata, C. M., & Villegas, S. M. (2006). Reglas de consistencia entre modelos de requisitos de un metodo . Medellin, Colombia: Universidad EAFIT.

Anexos

Se incluye en esta sección el análisis causa raíz RCA de los principales y más comunes problemas que presenta la línea de producción, este análisis se realizó como complemento al análisis modal de fallos y efectos AMFE para tener una visual más clara de las causas de los fallos principales.

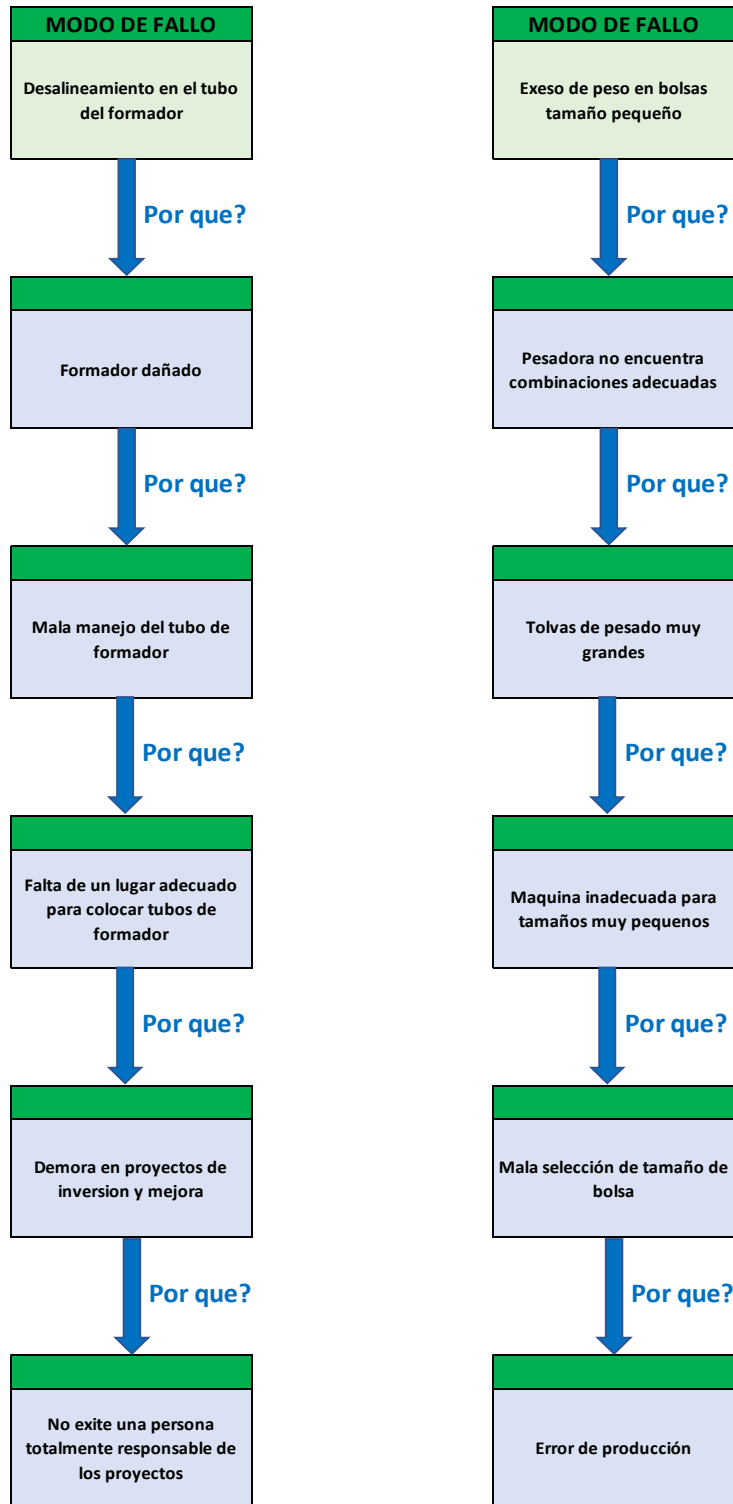
ANEXO I.

ANÁLISIS CAUSA RAÍZ RCA



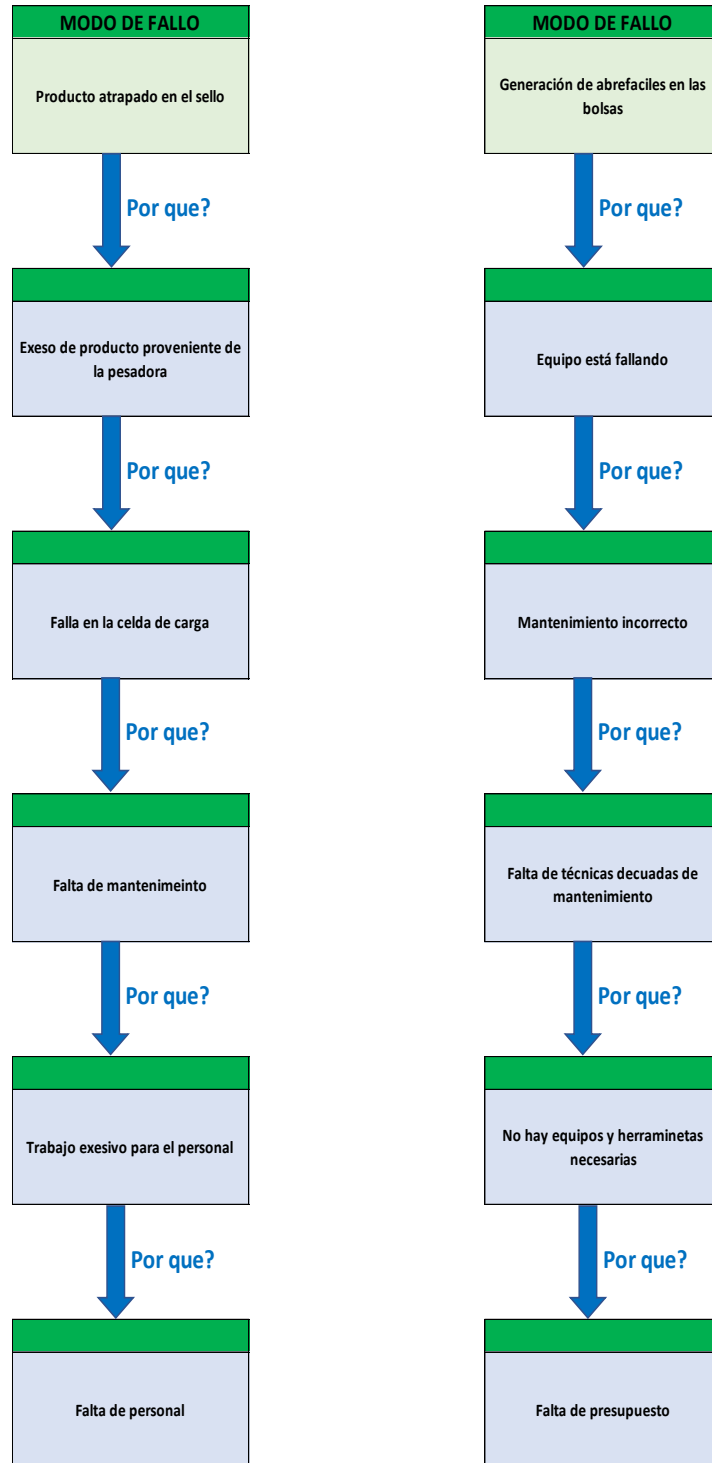
ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ - RCA

Formato desarrollado por: Ph.D. Alvaro Aguinaga



ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ - RCA

Formato desarrollado por: Ph.D. Alvaro Aguinaga



ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ - RCA

Formato desarrollado por: Ph.D. Alvaro Aguinaga

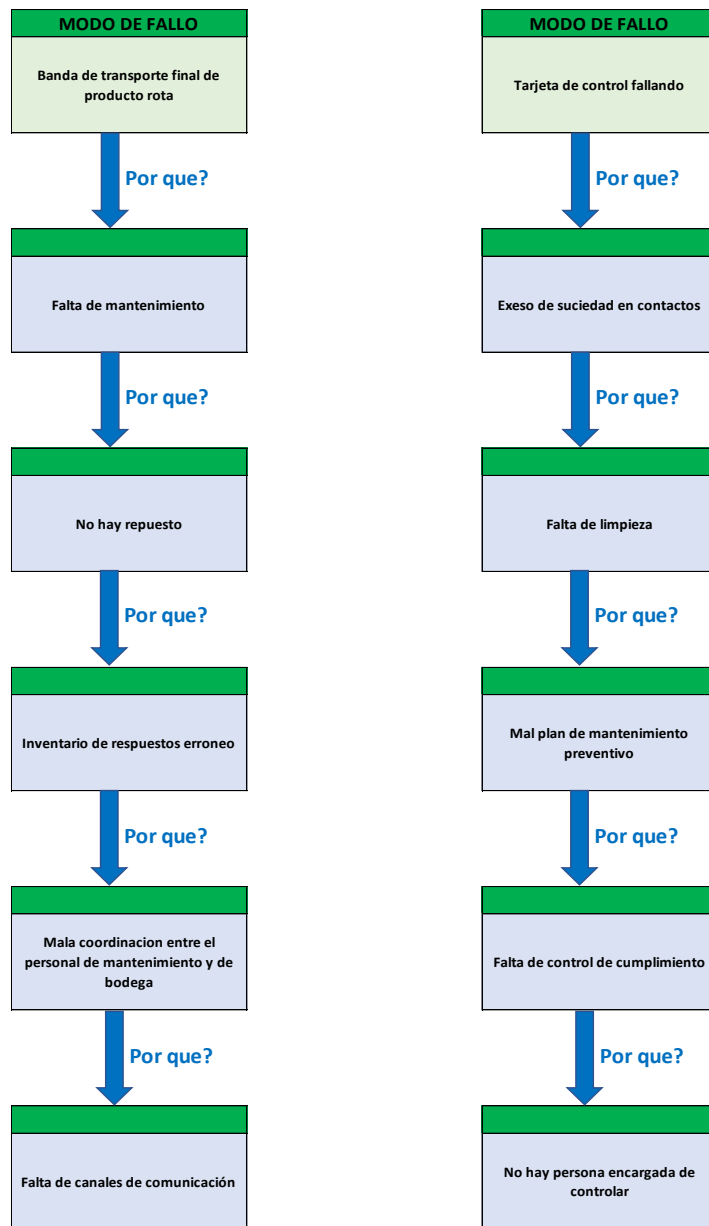


Figura 4.1 Análisis causa raíz
(Fuente: (propia))

ORDEN DE EMPASTADO