

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO A MÁQUINA CALIBRADORA
DE FRUTAS DE EMPRESA AGROVALENZ**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Técnico Universitario en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:
Sebastián Alejandro Reinoso Briceño

Profesor Guía:
Ing. Andrés Aránguiz Garrido

2017

RESUMEN EJECUTIVO

KEYWORDS: MANTENIMIENTO, CONFIABILIDAD, ANALISIS.

La empresa Agrovalenz, es una agro-frutícola que cuenta con un packing ubicado en la ciudad de hijuelas, dentro del cual existe una serie de equipos que constituyen la línea productiva de la empresa, estos equipos están distribuidos de manera lineal dentro de las instalación, y se separan en dos funciones principales, acondicionamiento de la fruta y clasificación de ésta. Por el hecho de que los equipos estén distribuidos de manera lineal, se corre el riesgo que al fallar, cualquiera de estos, provocaría la detención de las operaciones dentro del packing, y el llamado a una empresa externa, la cual, presta servicios de mantención, es por esto que la empresa requiere de un plan de mantenimiento acorde a las necesidades y condiciones de sus equipos y personal involucrado en tareas de mantención, contemplando en un inicio, solo el equipo con mayor criticidad dentro del packing .

En base a los antecedentes nombrados anteriormente, el objetivo general de proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, mediante un análisis de modo, efecto y criticidad de falla, este plan de mantenimiento tendrá un desarrollo con tres puntos fundamentales, los cuales son la recopilación de antecedentes técnicos, de la empresa y del equipo, la realización de un análisis de modo efecto y criticidad de falla, para poder identificar y jerarquizar los modos de falla del equipo crítico, y finalmente determinar tareas y frecuencias de mantenimiento para cada modo de falla, basado en la hoja de decisiones propuesto por el libro “RCM II”, de John Moubray.

La metodología que se usará para definir el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, es el análisis de modo, efecto y criticidad de falla (FMECA, como sus siglas en ingles), este método nos permite interiorizarnos más dentro del funcionamiento del equipo e identificar el modo de falla, es decir, lo que el operario observa al ocurrir la falla, y los efectos de falla, que son los síntomas que el equipo presenta antes de que ocurra la falla. Luego de identificar los modos y efectos de falla, se jerarquizarán los modos de falla en base al número prioritario de riesgo (NPR), expuesto en la norma SAE J1739, una vez jerarquizado se utilizara el diagrama de decisiones, de la mano con la hoja de decisiones propuestos en el libro “RCM II”, para designar tareas y frecuencias de mantenimiento.

Utilizando el diagrama de decisiones, las acciones de mantenimiento a realizar al equipo crítico, se clasifican en dos grupos, los cuales a su vez tiene subgrupos, estos son, tareas proactivas, dentro de las cuales se encuentran, reacondicionamiento cíclico,

sustitución cíclica y mantenimiento a condición, y tareas “a falta de”, dentro de la cual se encuentra, búsqueda de falla, rediseño, y mantenimiento a rotura. La selección de cada una depende de dos factores principales, la criticidad del modo de falla y las condiciones de la empresa para poder actuar ante este modo de falla, las tareas seleccionadas son principalmente tres, sustitución cíclica y mantenimiento a condición, perteneciente a las tareas proactivas, y mantenimiento a rotura, el cual, pertenece a las tareas “a falta de”. Todas estas tareas cuentan con una frecuencia de realización, la cual se estableció en conjunto con el personal competente de la empresa.

El análisis realizado al equipo es de vital importancia para poder priorizar los modos de falla, para un posterior enfoque individual de estos con la hoja y el diagrama de decisiones, los cuales son un pilar fundamental para el mantenimiento centrado en confiabilidad, ya que, nos permite determinar cuáles son las tareas más adecuadas para un correcto plan de mantenimiento acorde a las condiciones de la empresa y a la criticidad que presenta cada modo de falla.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA AGROVALENZ

1.1. EMPRESA

1.1.1. Misión

1.1.2. Visión

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

1.2.1. Recepción

1.2.2. Pesaje

1.2.3. Almacenado

1.2.4. Volteado de bins

1.2.5. Extracción de hojas

1.2.6. Pre-Lavado

1.2.7. Lavado – Secado

1.2.8. Encerado

1.2.9. Hornos

1.2.10. Selección

1.2.11. Calibrado y embalaje

1.2.12. Palletizado

1.2.13. Almacenado

1.2.14. Despacho

1.3. MÁRCO GENERAL

1.3.1. Estrategia actual de mantenimiento

1.3.2. Problemática

1.3.3. Selección de módulo critico

1.3.4. Módulo critico

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DEL SISTEMA

- 2.1. METODOLOGÍA
- 2.1.1. Definición de la intención del diseño
- 2.1.2. Análisis funcional
- 2.1.3. Modos de falla
- 2.1.4. Efectos de la falla
- 2.1.5. Jerarquización de los modos de falla

CAPÍTULO 3: ACCIONES DE MANTENIMIENTO

- 3.1. TAREAS PROACTIVAS
- 3.1.1. Reacondicionamiento cíclico
- 3.1.2. Sustitución cíclica
- 3.1.3. Mantenimiento a condición
- 3.2. ACCIONES “A FALTA DE”
- 3.2.1. Tareas de búsqueda de falla o chequeo funcional
- 3.2.2. Ningún mantenimiento programado
- 3.2.3. Rediseño
- 3.3. DIAGRAMA DE DECISIÓN
- 3.4. HOJA DE DECISIÓN
- 3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Pesaje
- Figura 1-2. Almacenado
- Figura 1-3. Volteado de bins
- Figura 1-4. Extractor de hojas
- Figura 1-5. Cámara de prelavado
- Figura 1-6. Lavado-secado
- Figura 1-7. Encerado
- Figura 1-8. Horno
- Figura 1-9. Módulo de selección

- Figura 1-10. Calibración y embalaje
- Figura 1-11. Palletizado
- Figura 1-12. Almacenaje
- Figura 1-13. Despacho

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 2-1. Cantidad de fruta procesada por hora
- Tabla 2-2. Análisis SIPOC de proceso
- Tabla 2-3. Funciones primarias del activo
- Tabla 2-4. Fallas funcionales para las funciones primarias
- Tabla 2-5. Modos de falla asociados a función 1 y falla funcional A
- Tabla 2-6. Modos de falla asociados a función 1 y falla funcional B
- Tabla 2-7. Modos de falla asociados a función 1 y falla funcional C
- Tabla 2-8. Modos de falla asociados a función 2 y falla funcional A
- Tabla 2-9. Modos de falla asociados a función 3 y falla funcional A
- Tabla 2-10. Modos de falla asociados a función 3 y falla funcional B
- Tabla 2-11. Modos de falla asociados a función 4 y falla funcional A
- Tabla 2-12. Modos de falla asociados a función 4 y falla funcional B
- Tabla 2-13. Efectos de falla asociados a la falla funcional 1.A
- Tabla 2-14. Efectos de falla asociados a la falla funcional 1.B
- Tabla 2-15. Efectos de falla asociados a la falla funcional 1.C
- Tabla 2-16. Efectos de falla asociados a la falla funcional 2.A
- Tabla 2-17. Efectos de falla asociados a la falla funcional 3.A
- Tabla 2-18. Efectos de falla asociados a la falla funcional 3.B
- Tabla 2-19. Efectos de falla asociados a la falla funcional 4.A
- Tabla 2-20. Efectos de falla asociados a la falla funcional 4.B
- Tabla 2-21. Criterios sugeridos para la evaluación de la severidad
- Tabla 2-22. Criterios sugeridos para la evaluación de la ocurrencia
- Tabla 2-23. Criterios sugeridos para la evaluación de la detección
- Tabla 2-24. Modos de falla valorados con los conceptos de severidad, ocurrencia y detección
- Tabla 2-25. Modos de falla jerarquizados
- Tabla 3-1. Hoja de decisiones asociadas a función 1
- Tabla 3-2. Hoja de decisiones asociadas a función 2

Tabla 3-3. Hoja de decisiones asociada a función 3

Tabla 3-4. Hoja de decisiones asociada a función 4

Tabla 3-5. Plan de mantenimiento de maquina calibradora de frutas

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1. Curva de la bañera

Gráfico 3-2. Límites de vida segura

Gráfico 3-3. Curva P-F

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1. Flujo-grama de proceso

Diagrama 1-2. Diagrama de bloque cinta curva

Diagrama 1-3. Diagrama de bloque cinta pulmón

Diagrama 1-4. Diagrama de bloque cinta en V

Diagrama 1-5. Diagrama de bloque cinta retorno

Diagrama 1-6. Diagrama de bloque roller

Diagrama 1-7. Diagrama de bloque capachos calibradores

Diagrama 1-8. Diagrama de bloque cinta de descarga

Diagrama 2-1. Pasos para realizar FMECA

Diagrama 2-2. Diagrama de bloque de los subsistemas de la maquina calibradora de frutas

Diagrama 3-1. Posibles acciones de mantenimiento a realizar

Diagrama 3-2. Diagrama de decisión RCM

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

A. SIGLAS

- BPM: Buenas prácticas de manufactura.
- FMECA: Failure mode, effect and criticality analysis.
- HACCP: Sistema de análisis de peligros y de los puntos de control.
- NPR: Número prioritario de riesgo.
- RCM: Reliability-centred maintenance.
- SAE: Society of Automotive Engineers.

B. SIMBOLOGÍAS

- $\frac{\text{bins}}{\text{hora}}$: bins por hora.
- $\frac{\text{cajas}}{\text{hora}}$.: cajas por hora.
- Kg: kilogramos.
- m: metros.
- Rpm: revoluciones por minuto.

INTRODUCCIÓN

El rubro Agro-frutícola es una de las principales fuentes de ingresos en Chile, teniendo mayor presencia en la zona centro y más específicamente en los valles del río Aconcagua. Hoy en día, la exportación de los productos nacionales va en constante crecimiento, y debido a esto el acondicionamiento y selección de los productos de exportación debe ser muy rigurosa y con los más altos estándares de calidad e inocuidad, y cualquier inconveniente con este proceso, puede generar costos no contemplados dentro de la producción y además pérdidas de contratos o pedidos por no cumplir con el tiempo estipulado.

En el presente trabajo se presenta un plan de mantenimiento para una máquina calibradora de frutas de la empresa Agrovalenz, con el propósito de generar fichas y frecuencias de mantenimiento para que el equipo disminuya las probabilidades de una falla inesperada.

Agrovalenz, es una de las mayores empresas de exportación e importación de frutas de la provincia de Quillota, por ende, cuenta con maquinaria moderna para realizar el proceso de acondicionamiento y selección de la fruta. Pese a ser una empresa de gran renombre en la zona, esta no tiene contempladas las tareas de mantenimiento como parte del proceso productivo, debido a esto cada vez que el equipo falla se recurre a un ente externo, generando gastos no contemplados dentro de la producción y además afecta directamente a los tiempos de proceso, evitando el flujo normal de productos.

Como parte inicial del trabajo se realizará la recolección de datos de la máquina, contexto en el cual esta trabaja y se analizará la estrategia de mantenimiento, la cual en la actualidad la empresa está desarrollando, esto dará paso a la problemática que en estos momentos dificulta la obtención del máximo beneficio del proceso de producción, debido a las fallas inesperadas de la máquina y a los costos asociados a ésta.

El análisis a realizar a la máquina es de modo, efecto y criticidad de falla, el cual permitirá conocer más a fondo la máquina, sus componentes y elementos, logrando con esto individualizar las fallas, saber cómo fallan, los efectos de ésta y como afectan al proceso y a la empresa.

En base al análisis ya realizado, permitirá una jerarquización de componentes de la máquina, logrando de esta manera dar el enfoque necesario con frecuencias y tareas de mantenimiento a realizar por cada modo de falla, una vez alcanzado el punto anterior se procederá a la realización de pautas y fichas de mantenimiento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proponer plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, mediante un análisis FMECA a equipo crítico de la empresa Agrovalenz, para darle los lineamientos de mantención a la empresa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar información técnica de la empresa y los componentes del equipo crítico, por medio de bitácora personal del mecánico y datos en línea de la empresa, para conocer de mejor manera su funcionamiento dentro de la línea de producción.
- Realizar análisis de modo, efecto y criticidad de la falla, en base a los lineamientos entregados en el libro “RCM II” y la norma SAE J1739, para jerarquizar e identificar los modos de falla.
- Generar tareas y frecuencias de mantenimiento, mediante la hoja de decisiones propuestas por el libro “RCM II” para regularizar las mantenciones del equipo crítico.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA
AGROVALENZ

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA AGROVALENZ

1.1. EMPRESA

Agrovalenz es una empresa comercializadora agro-frutícola de la ciudad de Hijuelas, la cual también consta con la división Expovalenz encargada de la exportación e importación de la fruta. La empresa cuenta con veintidós trabajadores de planta y quince trabajadores eventuales, los cuales, están capacitados para el manejo de sus productos entregando así a sus clientes productos de la más alta calidad, inocuidad y legalidad. Agrovalenz está certificada bajo BPM y HACCP.

Además de la comercialización Agrovalenz realiza prestaciones de servicios a terceros de packing como es la calibración, embalaje, palletizaje, etiquetado y mantención de sus productos en sus cámaras frigoríficas, consta con moderna maquinaria, la cual, garantiza la entrega de un muy buen servicio a sus clientes.

1.1.1. Misión

“Comercializar productos Agro frutícolas de la más alta calidad, para satisfacer las necesidades de los clientes cumpliendo con los estándares de calidad, inocuidad y legalidad en todos sus productos, además de la prestación de servicios a terceros brindándoles una atención personalizada para así cumplir con los requerimientos de nuestros clientes”.

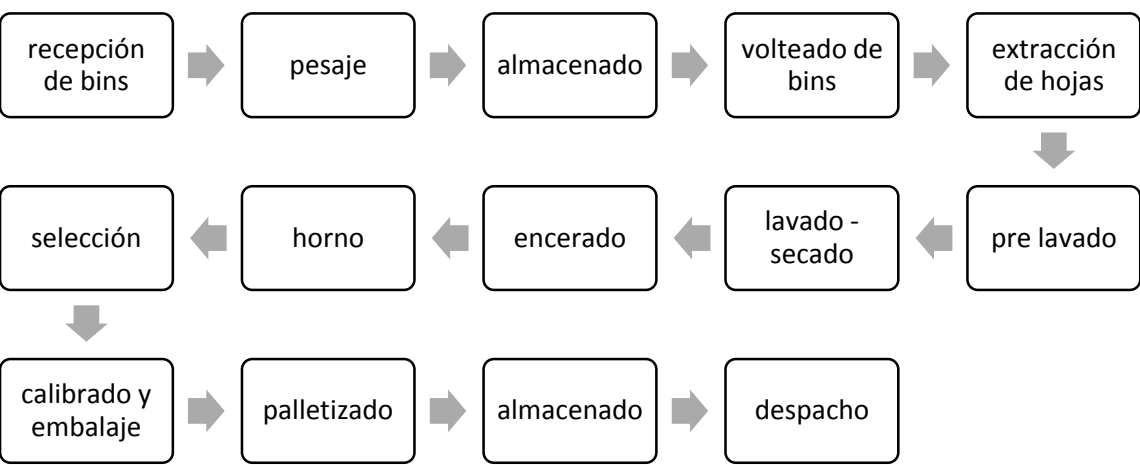
1.1.2. Visión

“Es ser reconocidos a nivel nacional e internacional como una empresa de alta calificación y rendimiento para una eficaz producción y comercialización de nuestros productos. Bajo la certificación poder cubrir mercados internacionales cumpliendo así con las exigencias fitosanitarias de los distintos mercados que en la industria Agro-frutícola exige bajo innovación, liderazgo, confianza, compromiso y transparencia”.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso dentro de un packing es fundamental para la empresa, ya que es el paso previo al despacho del producto al cliente y este está sometido a una forma de transporte que en ocasiones no es la más apta para el producto, por esta razón Agrovalenz realiza una minuciosa inspección previa entrada de la fruta a la línea y una vez terminado el proceso de packing.

El proceso de producción del packing consta de catorce etapas las cuales se presentan a continuación en el diagrama 1-1.



Fuente: Administración Agrovalenz.

Diagrama 1-1. Flujo-grama de proceso

A continuación, se describirá cada paso del proceso dentro del packing, para lograr tener una idea más clara de los procesos realizados a la fruta antes de destinarla al cliente.

1.2.1. Recepción

Una vez que la fruta es extraída, llega al packing dentro de bins plásticos, este es el punto de partida de todo el proceso productivo, el cargamento es recibido por el jefe de packing, el cual inspecciona el producto y corrobora la concordancia de la factura con lo existente.

1.2.2. Pesaje

Es una parte importante dentro del proceso, ya que es el punto en el cual la fruta entra a los registros de la empresa. El orden de estos registros es vital para las proyecciones a corto plazo de la empresa, ya sea para el abastecimiento como para las ventas del packing. (Ver figura 1-1)



Fuente: elaboración propia, imagen tomada en empresa Agrovalenz

Figura 1-1. Pesaje

1.2.3. Almacenado

Posterior al pesaje está el almacenado de las frutas, para algunas ventas a clientes al por mayor de la zona es el último paso del proceso, en cambio para la venta al detalle la fruta debe ser almacenada, ya que semanalmente llegan cargamentos y se procesan a medida que los pedidos lo requieran. Este almacenaje es en una cámara frigorífica, con las condiciones ideales para que el producto se mantenga y no se acorte la vida útil de este por factores ambientales. (Ver figura 1-2)



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-2. Almacenado

1.2.4. Volteado de bins

Cuando se requiere procesar algún tipo de fruta, dentro del packing hay una línea de procesamiento, la cual inicia con la recepción de los bins desde la parte de almacenaje y el posterior volteado de este, logrando así introducir la fruta requerida a la línea de proceso. (Ver figura 1-3)



Fuente: Agrovalenz.

Figura 1-3. Volteado de bins

1.2.5. Extracción de hojas

Estando la fruta ya en la línea de proceso y como éstas no han sido tocadas desde que se cortaron del árbol, algunas vienen con hojas las cuales son poco atractivas y molestas para la fruta de exportación, por ende, unos polines giratorios se encargan de extraer las hojas y dejar la fruta apta para seguir con el proceso. (Ver figura 1-4)



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-4 Extractor de hojas

1.2.6. Pre-Lavado

Las frutas estando en el árbol y en el viaje desde la extracción hasta el packing está expuesta a tierra y polvo del ambiente, por ende, para dejar la fruta en condición de seguir existe una cámara pre-lavado, el cual consiste en rodillos giratorios de pelo duro los cuales, al girar, extraen la tierra y polvo de la fruta, todo esto mientras un extractor va limpiando el ambiente dentro de la cámara. (Ver figura 1-5)



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-5. Cámara de prelavado

1.2.7. Lavado – Secado

En el proceso de pre-lavado a la fruta se le saca la mayor cantidad de tierra y polvo, pero aun así quedan con impurezas y por eso este módulo, mediante un rociador de agua y un posterior secado por medio aire caliente, limpia casi en totalidad las impurezas que van quedando en la fruta. (Ver figura 1-6)



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-6. Lavado-secado

1.2.8. Encerado

Una vez la fruta limpia viene el proceso de encerado, éste se encarga de rociar con cera especial para productos alimenticios las frutas por medio de un rociador, para poder darle brillo y generar un impacto visual más agradable al consumidor. (Ver figura 1-7)



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-7. Encerado

1.2.9. Hornos

Estando la cera aun húmeda sobre la fruta esta pasa por un túnel de horno el cual se encarga de secar la cera y de terminar el acondicionamiento de la fruta para ya pasar al proceso de selección. (Ver figura 1-8)



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-8. Horno

1.2.10. Selección

En el proceso de selección se separa manualmente la fruta destinada a exportación y la fruta de descarte, la cual esta ultima su destino es la venta dentro de la zona a clientes un producto más económico para poder comerciar. (Ver figura 1-9)



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-9. Módulo de selección

1.2.11. Calibrado y embalaje

Ya separada y seleccionada la fruta de exportación y con todo el proceso de acondicionamiento ya realizado, está el módulo de calibración, el cual se encarga de una segunda selección, pero esta vez es por calibre, esta selección es electrónica, manejado desde una caseta y depende del tipo de fruta que está pasando por el proceso. A medida que va pasando por la línea un solenoide, programado mediante un software de computación, se encarga de voltear el capacho en la cinta correspondiente. Cada calibre se destina a una cinta de salida o de descarga diferente, en este caso hay ocho salidas, lo cual indica que pueden ser ocho calibres distintos o bien tener un mismo calibre en dos o más salidas a la vez. Al final de cada cinta de salida hay una persona la cual recibe la fruta y la ordena dentro de una caja, ya sea de cartón o plástica. (Ver figura 1-10)



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-10. Calibración y embalaje

1.2.12. Palletizado

Una vez las frutas dentro de la caja, se apilan sobre un pallet y se aseguran con guinchas de plástico para que durante el transporte no sufran ningún daño y llegue en malas condiciones al cliente (Ver figura 1-11).



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-11. Palletizado

1.2.13. Almacenado

Este segundo proceso de almacenado ahora es para esperar el camión de carga y el posterior despacho. Como se puede observar en la figura 1-12, se ingresa a una cámara frigorífica con las condiciones correspondientes para asegurar la calidad e inocuidad del producto hasta su despacho hacia el cliente.



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-12. Almacenaje

1.2.14. Despacho

Una vez el camión en condiciones de ser despachado, como se observa en la figura 1-13, se realizan las facturas e inspección correspondiente a la carga, el destino puede variar, una opción es hacia el puerto de Valparaíso, en el caso que el transporte sea vía mar o a las fronteras, si el transporte es terrestre.



Fuente: Agrovalenz

Figura 1-13. Despacho

1.3. MÁRCO GENERAL

En la actualidad la empresa no contempla dentro de sus actividades de gestión las tareas para un correcto mantenimiento, solo se dedican a la parte de limpieza de la línea de producción por efectos de higiene e inocuidad del proceso y la fruta. Esto conlleva que al no tener una correcta mantención de los componentes incorporados en la línea, estos tienden a fallar de manera catastrófica, a esto se le agrega que la empresa no tiene un área de mantención designada, se tiene que recurrir inevitablemente a la compañía fabricante de la maquinaria, siendo estos los únicos con el conocimiento e implementos para reparar cualquier tipo de avería de esta. Al solicitar de los servicios de la compañía fabricante, los costos de estos servicios son elevados, por tanto, se aumentan los costos de mantenimiento y de forma indirecta el precio de los productos.

1.3.1. Estrategia actual de mantenimiento

La estrategia actual de la empresa Agrovalenz, en cuanto a mantenimiento se trata, es un tipo de mantenimiento denominado “mantenimiento por falla o avería”, este tipo o estrategia de mantenimiento puede ser una arma de doble filo, si bien asegura el uso total de la vida útil de los equipos, las fallas pueden ocurrir en el momento menos esperado, por esta razón un proceso, el cual este trabajando a toda su capacidad, se puede ver interrumpido de manera abrupta, generando grandes pérdidas en horas hombre, ya que el personal de selección y embalaje deben esperar a que la falla se corrija para poder seguir con sus labores, como también en costos de reparación, como

ya fue dicho anteriormente, los servicios que presta la empresa fabricante de la maquinaria son elevados. La experiencia del personal encargado de las mantenciones, en ocasiones suele ser de ayuda para pequeñas fallas, las cuales suelen ser fáciles de reparar, pero no así para grandes averías.

1.3.2. Problemática

Las principales causas por la cual se requiere de un plan de mantenimiento más acorde a las necesidades de la empresa está a la vista, la probabilidad de la disminución de horas extras de trabajo, el costo asociado a los servicios prestados por la empresa que diseñó el equipo y la cantidad de productos terminados perdidos por el no funcionamiento de la línea de producción, esto conlleva la disconformidad del cliente, ya sea por retrasos en la entrega del producto o aumento de costos de este.

1.3.3. Selección de módulo crítico

La línea de proceso está constituida por una serie de módulos, los cuales están instalados de manera consecutiva uno tras otro, por esta razón la criticidad de cada módulo está condicionada no necesariamente a la interrupción de la línea de producción, sino más bien a la capacidad que tiene la máquina para poder volver a su funcionamiento normal y así continuar con el proceso.

Debido a lo explicado anteriormente, y a que la empresa no cuenta con un registro de los equipos dentro de la planta, la experiencia del gerente de operaciones de Agrovalenz, da como resultado la selección de un módulo en particular, el cual él considera crítico en el proceso, este módulo crítico es la “máquina calibradora de frutas”, por la simple razón que es el módulo que mayor tiempo demora en repararse y siempre se debe solicitar los servicios de la compañía fabricante.

1.3.4. Módulo crítico

El equipo seleccionado, en base a un trabajo en conjunto con la empresa y a la experiencia del gerente de operaciones, es la “máquina calibradora de frutas”, ya que, es una parte importante del proceso, selecciona electrónicamente las frutas por calibres previamente establecidos, por medio de un solenoide los capachos van depositando la fruta en la cinta que corresponde al calibre deseado. Esta máquina ahorra una cantidad de tiempo importante al proceso, ya que la única alternativa que existe, en caso de fallar,

es la selección manual del calibre, y como esta selección es realizada por el personal del packing, no va a ser tan exacta y puede acarrear problemas al momento del embalaje.

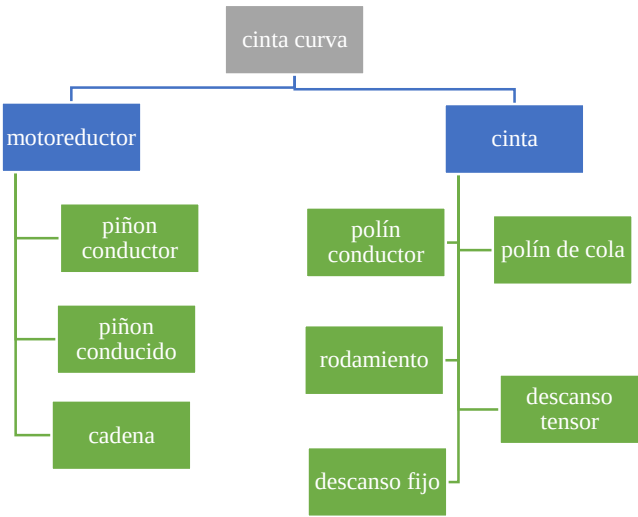
La máquina tiene una serie de componentes los cuales son fundamentales para el buen funcionamiento del proceso de selección y calibración.

A continuación, se mostrará un detalle de los componentes de la máquina.

1.3.4.1. Cinta curva

La cinta curva es el inicio de este módulo de calibración, la cual conecta a este último con el proceso de selección.

Ésta cinta curva está constituida por componentes y elementos, los cuales hacen propicio su funcionamiento y se pueden observar en el diagrama 1-2.

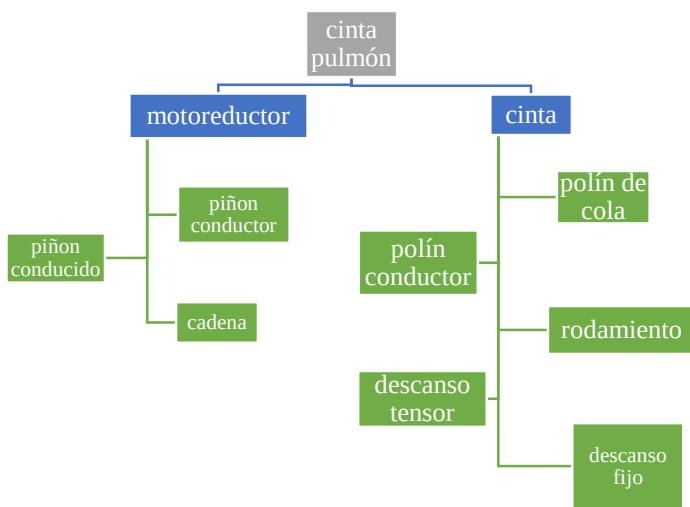


Fuente: elaboración propia, basado en cuaderno de apuntes de mantención

Diagrama 1-2. Diagrama de bloque cinta curva

1.3.4.2. Cinta pulmón

La cinta pulmón es la conexión entre la cinta curva y la cinta en V, causa una especie de embudo para que las frutas caigan, en lo ideal, de a dos en la cinta en V. Los componentes y elementos que componen esta cinta se presentan a continuación en el diagrama 1-3.

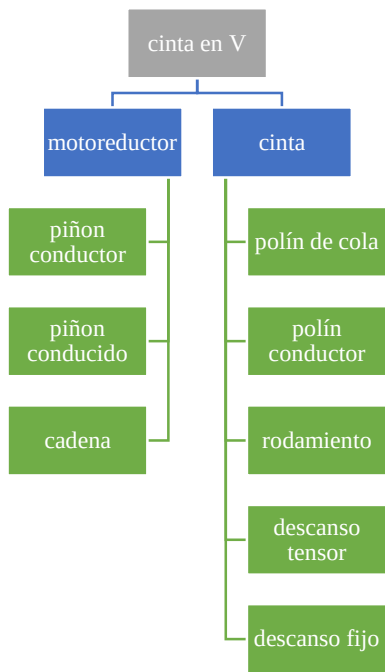


Fuente: elaboración propia, basado en cuaderno de apuntes de mantención

Diagrama 1-3. Diagrama de bloque cinta pulmón

1.3.4.3. Cinta en V

La cinta en V genera dos posibles caminos para la fruta que va cayendo desde la cinta pulmón, para que de esta manera la fruta sea guiada hacia los roller las cuales las continúan en el proceso. A continuación en el diagrama 1-4, se presentan los componentes y elementos que componen esta cinta.

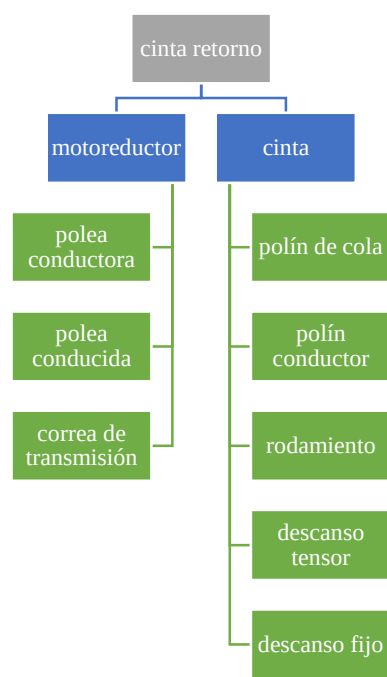


Fuente: elaboración Propia, basado en cuaderno de apuntes de mantención

Diagrama 1-4. Diagrama de bloque cinta en V

1.3.4.4. Cinta retorno

La cinta de retorno se encarga de recibir las frutas que cayeron montadas sobre los roller, estas son desplazadas por medio de un peine fijo instalado sobre los roller, una vez en la cinta esta los devuelve hacia la cinta pulmón. En el diagrama 1-5 se pueden observar los componentes y elementos de la cinta.

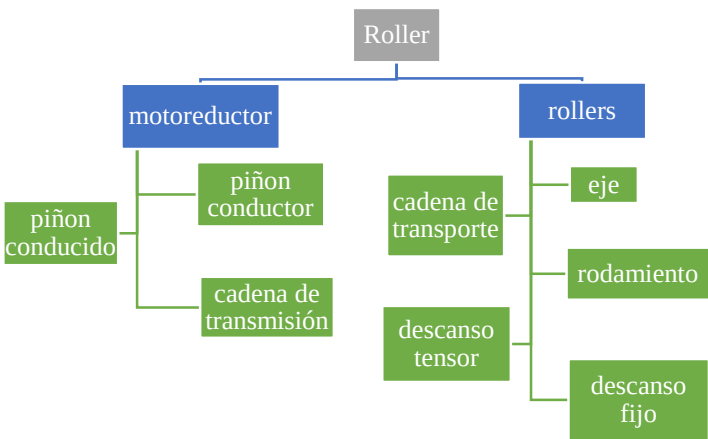


Fuente: elaboración propia, basado en cuaderno de apuntes de mantención

Diagrama 1-5. Diagrama de bloque cinta retorno

1.3.4.5. Roller

Los roller son los encargados de traspasar las frutas a los capachos una a una para poder calibrarlos y seleccionarlos. A continuación se presenta en el diagrama 1-6, los elementos que componen al roller.



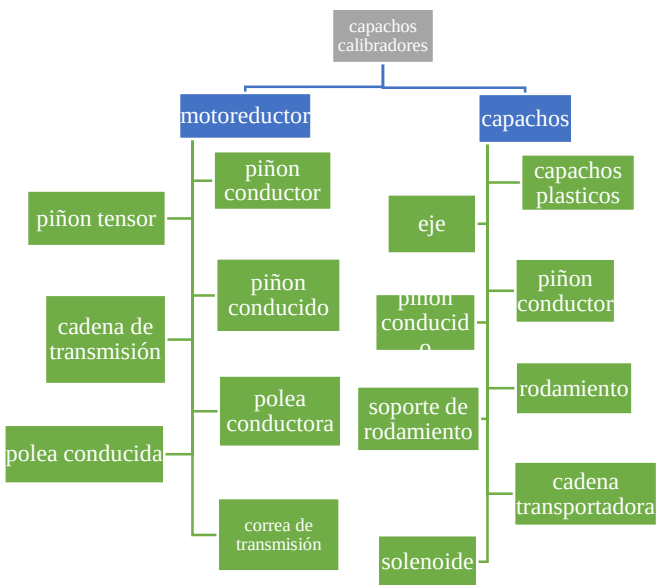
Fuente: elaboración Propia, basado en cuaderno de apuntes de mantención

Diagrama 1-6. Diagrama de bloque roller

1.3.4.6. Capachos calibradores

Son los encargados mediante un software de calibración ir botando las frutas a la cinta correspondiente al calibre previamente determinado por el programa.

El detalle de los elementos de este componente se presentará a continuación en el diagrama 1-7.

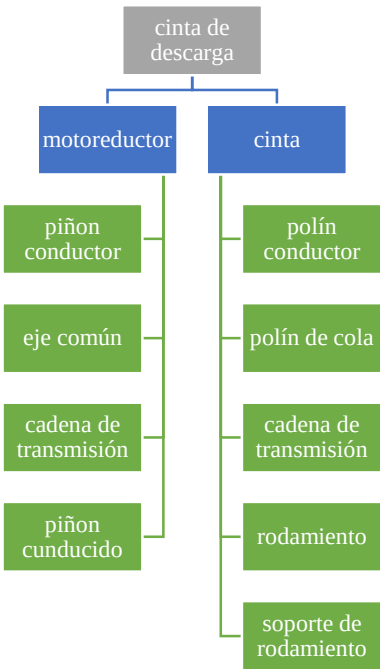


Fuente: elaboración propia, basado en cuaderno de apuntes de mantención

Diagrama 1-7. Diagrama de bloque capachos calibradores

1.3.4.7. Cintas de descarga

La cinta se encarga de recibir las frutas ya calibradas y dirigirlas al personal de embalaje el cual las ubica y ordena en las cajas. Los elementos que componen estas cintas se presentan en el diagrama 1-8.



Fuente: elaboración propia, basado en cuaderno de apuntes de mantención

Diagrama 1-8. Diagrama de bloque cinta de descarga

Todos los elementos nombrados de cada componente de la máquina no contemplan un plan de mantenimiento, siendo los elementos de transmisión los más críticos, ya que mueven todo el sistema y contemplan un alto costo de adquisición, en comparación a los otros elementos que componen el módulo. Por esta razón es de suma urgencia la programación de frecuencias y tareas asociadas al mantenimiento del equipo.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DEL SISTEMA

2. ANÁLISIS DEL SISTEMA

Dentro del mantenimiento existen una serie de técnicas para poder analizar e intentar buscar el mejor mantenimiento para cualquier activo presente dentro de un sistema de producción. De la mano también con esto, se conoce en mayor profundidad el funcionamiento del equipo y todo lo que lo involucra.

Dentro de estas técnicas de análisis se encuentra el análisis de modo, efecto y criticidad de falla o FMECA (como sus siglas en inglés failure mode, effects, criticality analysis) este análisis nos permite conocer todos los componentes asociados al funcionamiento del equipo, las fallas funcionales y potenciales que el activo posee, los efectos que estas fallas producen al sistema y la frecuencia que deben tener las tareas de mantenimiento para poder disminuir de esta manera fallas catastróficas que afecten en demasía el proceso de producción.

2.1. METODOLOGÍA

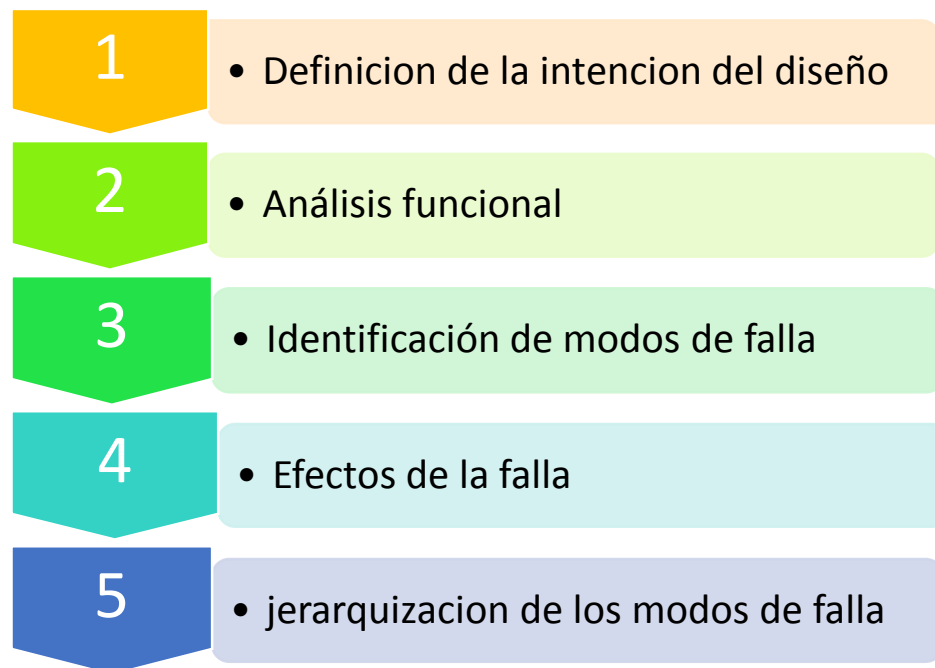
Dentro del mantenimiento existen distintos tipos de metodologías, la elección de éstas depende de las circunstancias en las cuales se encuentra el equipo o sistema a analizar, en este caso, la metodología seleccionada es el análisis de modo, efecto y criticidad de falla (FMECA).

La selección de este análisis se debe principalmente a tres factores:

- inexistencia de planes de mantenimiento.
- inexistencia de un registro de mantención del equipo.
- Escasa información sobre el equipo

El FMECA permitirá identificar cada componente de la máquina y sus respectivos modos de falla y cuáles son los efectos que cada modo de falla acarrea consigo.

El FMECA cuenta de cuatro pasos principales, los cuales se esquematizaran a continuación:



Fuente: elaboración propia, basado en RCM II

Diagrama 2-1. Pasos para realizar FMECA

2.1.1. Definición de la intención del diseño

Esta definición consiste en conocer las condiciones en la cual el activo está operando actualmente, considerando tanto el diseño, como la necesidad que tiene el usuario

La máquina calibradora de frutas, fue diseñada para cumplir con las necesidades que la empresa Agrovalenz tenía al momento de la adquisición, actualmente, estas necesidades no han variado en gran magnitud, por tanto, el activo está dentro de los parámetros de producción requeridos.

La fruta es recibida desde el proceso de selección con un flujo máximo de $15 \frac{\text{bins}}{\text{hora}}$ de fruta por medio de la cinta curva, pasando por la cinta pulmón sin variar el flujo, entra a la cinta en v, la cual agrupa la fruta luego ser depositada de una en una en cada roller, si dos frutas se depositan en un solo roller un cepillo fijo bota aquella que sobra y la cinta de retorno la introduce nuevamente en la cinta pulmón. Una vez que cada roller tenga solo una fruta, esta es etiquetada, y se traspasa hacia los capachos calibradores, que por medio de un solenoide programado por el software computacional de la máquina, deja caer las frutas en la cinta de descarga correspondiente a su calibre, para luego ser embalado a un flujo máximo de $600 \frac{\text{cajas}}{\text{hora}}$.

En el momento de la adquisición del activo, el usuario, en este caso Agrovalenz, solicitó que ésta procesase una cantidad de $15 \frac{bins}{hora}$, ya que, era la producción máxima que ellos tenían, teniendo en cuenta que cada bins contiene alrededor de 400 kg de frutas, se estarían procesando cerca de 6000 Kg de fruta por hora.

En la tabla 2-1 se contrastará la cantidad de fruta para la cual el activo fue diseñado versus la cantidad de fruta que actualmente se está procesando en el packing.

Tabla 2-1. Cantidad de fruta procesada por hora

	Cantidad de fruta por hora (por diseño)	cantidad de fruta por hora (actualmente)
Bins	15	11 – 15
Cajas	600	440 – 600
Kilogramos	6000	4400 – 6000

Fuente: elaboración propia, en base a datos proporcionados por la empresa

Como se observa en la tabla, la fruta que se procesa actualmente está dentro de los parámetros de capacidad de diseño del activo, por tanto, está en condiciones normales de funcionamiento y no existe sobrecarga de este.

2.1.2. Análisis funcional

El análisis funcional es necesario realizar para realizar de buena manera la evaluación de los modos de fallos, para ello se requiere conocer las funciones que el usuario espera que realice el activo, tomando en cuenta funciones principales y secundarias y como se involucran el activo dentro del proceso de producción.

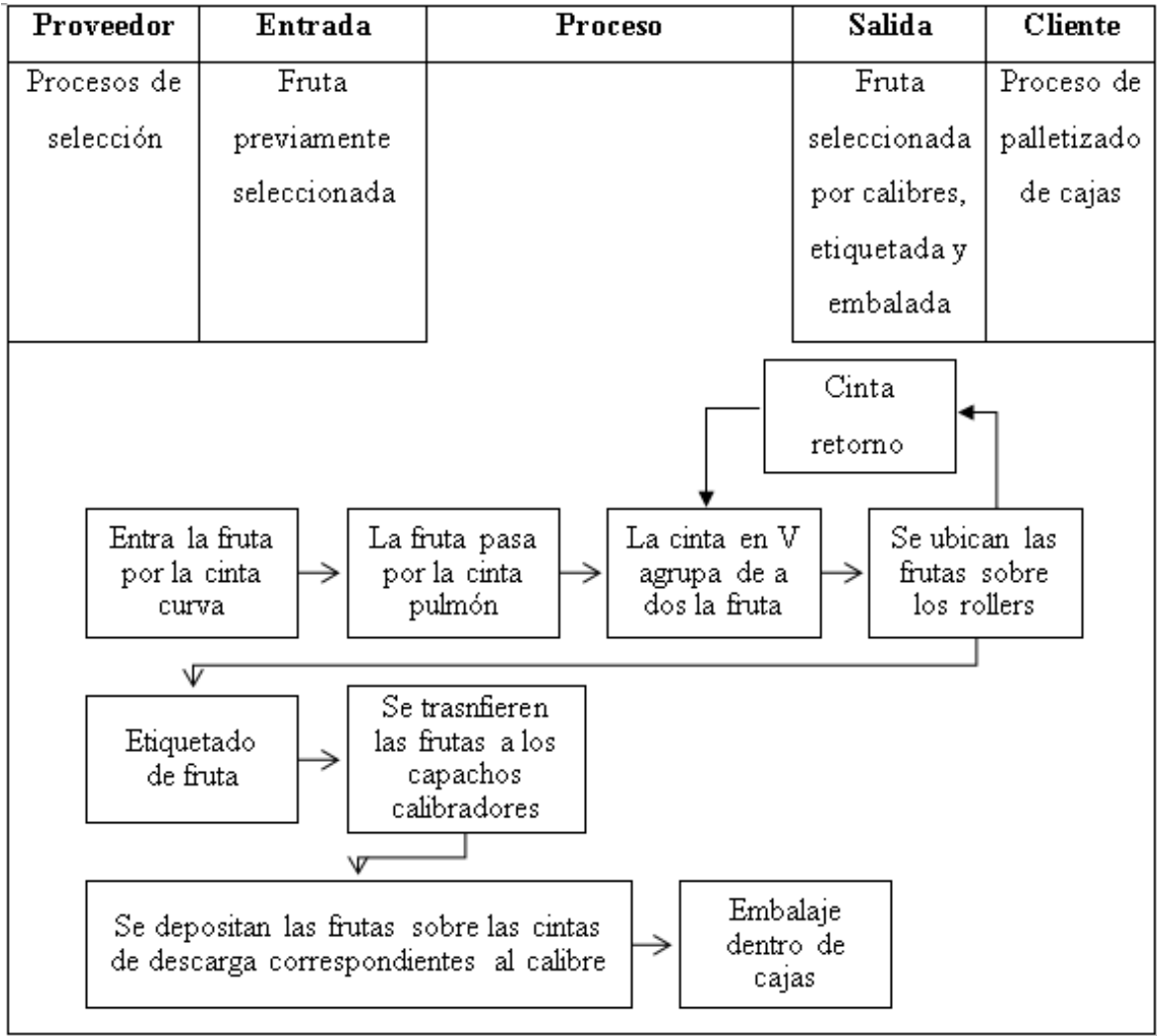
2.1.2.1. Análisis SIPOC

El diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier (proveedor) – Inputs (entrada) – Process (proceso) – Outputs (salida) – Customers (cliente), se realiza este análisis para comprender de manera fácil la función que cumple la maquina dentro del proceso y a la vez como interactúa con las otras etapas de este. Cabe mencionar que el

cliente del proceso puede ser interno, es decir, la siguiente etapa de la línea de producción o externo, cliente final del producto.

A continuación en la tabla 2-2 se graficará la etapa del proceso productivo, en base al análisis SIPOC, la cual realiza la máquina calibradora.

Tabla 2-2. Análisis SIPOC de proceso



Fuente: elaboración propia, en base a datos proporcionados por la empresa

2.1.2.2. Funciones primarias

Una vez realizado el análisis SIPOC de proceso, el siguiente paso dentro del análisis funcional del equipo es determinar las funciones primarias, estas funciones son aquellas que el usuario espera que el activo realice.

A continuación en la tabla 2-3 se detallarán las funciones primarias del activo.

Tabla 2-3. Funciones primarias del activo

Activo: Máquina calibradora de frutas
Funciones primarias
Clasificar la fruta dependiendo del calibre. Transportar la fruta por medio de cintas transportadoras.
Funciones secundarias
Mantener la fruta dentro de la máquina. Etiquetar las frutas que se procesan.

Fuente: elaboración propia, en base a libro RCM II

2.1.2.3. Fallas funcionales

Con las funciones primarias ya identificadas, se procede a identificar las fallas funcionales que el activo tiene en base a las funciones primarias. Las fallas funcionales son aquellas fallas, las cuales, al activo le impiden realizar cualquier función primaria, realizando parte o simplemente no realizando la función que el usuario espera del activo.

A continuación en la tabla 2-4 se identificara las fallas funcionales para cada función primaria.

Tabla 2-4. Fallas funcionales para las funciones primarias

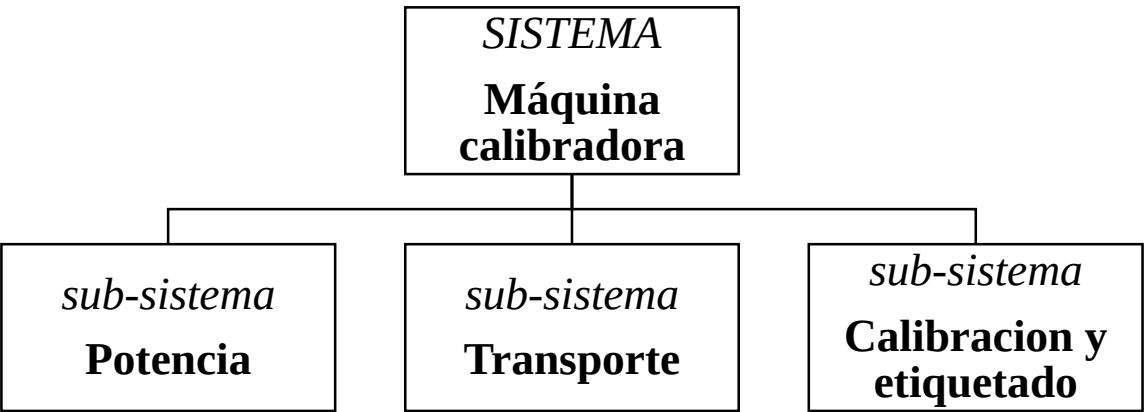
Activo: Máquina calibradora de frutas			
Función		Falla funcional	
1	Clasificar la fruta dependiendo del calibre.	A	La fruta es clasificada erróneamente.
		B	No toda la fruta es clasificada.
		C	Ninguna fruta es clasificada.
2	Transportar la fruta por medio de cintas transportadoras.	A	La fruta no es trasportada.
3	Mantener la fruta dentro de la máquina.	A	Parte de la fruta se sale de la máquina.
		B	Toda la fruta se sale de la máquina.
4	Etiquetar la fruta que se procesa.	A	La fruta no es etiquetada.
		B	La fruta es etiquetada erróneamente.

Fuente: elaboración propia, en base a libro RCM II

2.1.3. Modos de falla

Una vez realizado el análisis funcional, y relacionando las funciones primarias con sus respectivas fallas funcionales, el siguiente paso es identificar los modos de falla de cada falla funcional. Los modos de fallas se definen como la forma en la que un activo pierde la capacidad de realizar su función, es decir, la forma en que un activo falla.

Debido a que existe la posibilidad de que una falla funcional se asocie a más de siete modos de falla, se decidió, con el fin de evitar que se acumule un exceso de modos de fallas para una falla y con esto generar confusión, separar los modos de fallas dependiendo del subsistema al cual afecta, por esta razón los subsistemas del sistema “máquina calibradora”, se presentarán a continuación en el diagrama 2-2.



Fuente: elaboración propia, en base a libro RCM II

Diagrama 2-2. Diagrama de bloque de los subsistemas de la maquina calibradora de frutas

El sub-sistema de potencia, es aquel que le da la capacidad de movimiento al sistema completo; el sub-sistema de transporte es aquel que, como su nombre lo dice, transporta la fruta, permitiendo que esta avance por toda la línea; sub-sistema de calibración y etiquetado, es aquel que permite el etiquetado y selección de la fruta por medio de un software controlador del activo.

Una vez identificados los subsistemas del activo, se procede a identificar los modos de falla asociados a las fallas funcionales de este mismo.

A continuación, desde las tablas 2-5 hasta la 2-12, se identificarán los modos de falla por cada falla funcional.

Tabla 2-5. Modos de falla asociados a función 1 y falla funcional A

Activo: Máquina calibradora de frutas		Función 1	
Falla funcional		Modo de falla	
A	La fruta es clasificada erróneamente.	Sub-Sistema de calibración y etiquetado	
		1	Pesa descalibrada.
		2	Capacho calibrador obstruido por suciedad.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-6. Modos de falla asociados a función 1 y falla funcional B

Activo: Máquina calibradora de frutas		Función 1	
Falla funcional		Modo de falla	
B	No toda la fruta es clasificada.	Sub-Sistema de calibración y etiquetado	
		1	Capacho calibrador obstruido por suciedad.
		2	Solenoide desconectado.
		3	Solenoide en mal estado.
		4	Pesa descalibrada.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-7. Modos de falla asociados a función 1 y falla funcional C

Activo: Máquina calibradora de frutas		Función 1	
Falla funcional		Modo de falla	
C	Ninguna fruta es clasificada.	Sistema de calibración y etiquetado	
		1	Capachos calibradores obstruidos por suciedad.
		2	Solenoide desconectado.
		3	Solenoide en mal estado.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-7. Modos de falla asociados a función 1 y falla funcional C (continuación)

Activo: Máquina calibradora de frutas		Función 1	
Falla funcional		Modo de falla	
C	Ninguna fruta es clasificada.	4	Pesa descalibrada.
		Sub-sistema de potencia	
		5	Reductor de cadena transportadora falla por falta de lubricante.
		6	Motor de cadena transportadora fundido.
		7	Motor de cadena transportadora trabado.
		8	Cadena de transmisión del reductor cortada.
		9	Correa de transmisión del motor cortada.
		10	Fuga de lubricante del reductor por reten en mal estado
		Sub-sistema de transporte	
		11	Eje del piñón conductor de la cadena de transportadora trabado.
		12	Cadena de transporte cortada.
		13	Eje del piñón conductor cortado.
		14	Eje del piñón conducido cortado
		15	Eje del piñón conducido trabado.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-8. Modos de falla asociados a función 2 y falla funcional A

Activo: Máquina calibradora de frutas		Función 2	
Falla funcional		Modo de falla	
A	2.1 Ninguna fruta es trasportada.	Sub-sistema de transporte	
		1	Cinta curva cortada.
		2	Descanso del polín de cinta curva trabado.
		3	Cinta pulmón cortada.
		4	Descanso del polín de cinta pulmón trabado.
		5	Cinta en V cortada.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-8. Modos de falla asociados a función 2 y falla funcional A (continuación)

Activo: Máquina calibradora de frutas		Función 2	
Falla funcional		Modo de falla	
A	Ninguna fruta es transportada.	6	Descanso del polín de cinta en V trabado.
		7	Descanso del polín de cadena de transporte de rollers trabado.
		8	Guía de cadena de transporte de rollers rota.
		9	Capachos calibradores rotos.
		10	Descanso del polín de cadena de transporte de capachos trabado.
		11	Guía de cadena de transporte de capachos rota
		12	Cadena de transporte de rollers cortada.
		13	Cinta de descarga rota
		Sub-sistema de potencia	
		14	Motoreductores fundidos
		15	Motoreductores trabados
		16	Cadenas de transmisión cortadas.
		17	Motor capachos calibradores fundido.
		18	Reductor capachos calibradores trabado.
		19	Motor capachos calibradores trabado.
		20	Correa de transmisión capachos calibradores cortada.
		21	Cadena de transmisión de capachos calibradores cortada.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-9. Modos de falla asociados a función 3 y falla funcional A

Activo: Máquina calibradora de frutas		función 3	
falla funcional		Modo de falla	
A	Parte de la fruta se sale de la máquina.	Sub-sistema de transporte	
		1	Elementos de contención en mal estado.
		2	Elementos de contención sueltos.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-10. Modos de falla asociados a función 3 y falla funcional B

Activo: Máquina calibradora de frutas		función 3	
Falla funcional		Modo de falla	
B	Toda la fruta se sale de la máquina.	Sub-sistema de transporte	
		1	Elementos de contención rotos.
		2	Cadena de transporte cortadas.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-11. Modos de falla asociados a función 4 y falla funcional A

Activo: Máquina calibradora de frutas		Función 4	
Falla funcional		Modo de falla	
A	La fruta no es etiquetada.	Sub-sistema de calibración y etiquetado	
		1	Bomba centrifuga trabada.
		2	Fuelle de etiquetado rasgado.
		3	Pesa descalibrada.
		4	Casete de PLU trabado.
		Sub-sistema de potencia	
		5	Correa de transmisión cortada.
		6	Motor de bomba centrifuga fundido.
		7	Motor de bomba centrifuga trabado.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-12. Modos de falla asociados a función 4 y falla funcional B

Activo: Máquina calibradora de frutas		Función 4	
Falla funcional		Modo de falla	
B	La fruta es etiquetada erróneamente.	Sub-sistema de etiquetado y calibración	
		1	Pesa descalibrada.
		2	Cadena de transporte y PLU sin sincronía.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

2.1.4. Efectos de la falla

Los efectos de la falla o falla potencial, se puede describir como la sintomatología de la falla, es decir los síntomas que el equipo manifiesta ante una falla inminente, estos síntomas pueden ser ruido, temperatura, vibraciones, alarmas, etc.

Para poder realizar esta etapa del análisis, el apoyo del personal de la empresa es fundamental, ya que al estar más tiempo en contacto con la maquina saben de mejor manera como se comporta el equipo ante una potencial falla.

A continuación, desde las tablas 2-13 a 2-20, se presentaran de efectos de falla, las cuales, relacionan los modos de falla con sus correspondientes efectos.

Tabla 2-13. Efectos de falla asociados a la falla funcional 1.A

Activo: Máquina calibradora de frutas		Falla funcional 1.A
Modo de falla		Efecto de falla
Sub-Sistema de calibración y etiquetado		
1	Pesa descalibrada.	Alarma en caseta por calibre fuera de parámetros.
2	Capacho calibrador obstruido por suciedad.	Alarma en caseta por calibres fuera de parámetros.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-14. Efectos de falla asociados a la falla funcional 1.B

Activo: Máquina calibradora de frutas		Falla funcional 1.B
Modo de falla		Efecto de falla
Sub-Sistema de calibración y etiquetado		
1	Capacho calibrador obstruido por suciedad.	Alarma en caseta por calibres fuera de parámetros.
2	Solenoides desconectados.	La fruta no cae en cinta de descarga correspondiente.
3	Solenoides en mal estado.	La fruta no cae en cinta de descarga correspondiente.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-15. Efectos de falla asociados a la falla funcional 1.C

Activo: Máquina calibradora de frutas		Falla funcional 1.C
Modo de falla		Efecto de falla
Sistema de calibración y etiquetado		
1	Capachos calibradores obstruidos por suciedad.	Alarma en caseta por calibres fuera de parámetros.
2	Solenoides desconectados.	La fruta no cae en cinta de descarga correspondiente.
3	Solenoides en mal estado.	La fruta no cae en cinta de descarga correspondiente.
4	Pesa descalibrada.	Alarma en caseta por calibres fuera de parámetros.
Sub-sistema de potencia		
5	Reductor de cadena transportadora falla por falta de lubricante.	Temperatura y ruido en la caja de reductores.

Fuente: elaboración propia, en base a libro RCM II

Tabla 2-15. Efectos de falla asociados a la falla funcional 1.C (continuación)

6	Motor de cadena transportadora fundido.	Temperatura en la carcasa.
7	Motor de cadena transportadora trabado.	Ruido y temperatura provenientes del motor.
8	Cadena de transmisión del reductor cortada.	Ruido cíclico del eslabón dañado.
9	Correa de transmisión del motor cortada.	Ruido proveniente de la correa.
10	Fuga de lubricante del reductor.	Temperatura en la carcasa, mancha de aceite y ruido de la caja reductora.
Sub-sistema de transporte		
11	Eje del piñón conductor de la cadena de transportadora trabado.	Ruido y temperatura en el descanso del eje.
12	Cadena de transporte cortada.	Ruido cíclico del eslabón dañado.
13	Eje del piñón conductor de la cadena de transporte cortado.	Ruido proveniente del eje.
14	Eje del piñón conducido de la cadena de transporte cortado.	Ruido proveniente del eje.
15	Eje del piñón conducido trabado.	Ruido y temperatura proveniente del descanso.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-16. Efectos de falla asociados a la falla funcional 2.A

Activo: Máquina calibradora de frutas		Falla funcional 2.A
Modo de falla		Efecto de falla
Sub-sistema de transporte		
1	Cinta curva cortada.	Rasgadura en la superficie de la cinta.
2	Descanso del polín de cinta curva trabado.	Ruido y temperatura proveniente del descanso.
3	Cinta pulmón cortada.	Rasgadura en la superficie de la cinta.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-16. Efectos de falla asociados a la falla funcional 2.A (continuación)

4	Descanso del polín de cinta pulmón trabado.	Ruido y temperatura proveniente del descanso.
5	Cinta en V cortada.	Rasgadura en la superficie de la cinta.
6	Descanso del polín de cinta en V trabado.	Ruido y temperatura proveniente del descanso.
7	Descanso del polín de cadena de transporte de rollers trabado.	Ruido y temperatura proveniente del descanso
8	Guía de cadena de transporte de rollers rota.	Ruido al pasar la cadena de transporte.
9	Capachos calibradores rotos.	Discontinuidad en el sonido de liberación de los capachos.
10	Descanso del polín de cadena de transporte de capachos trabado.	Ruido y temperatura proveniente del descanso.
11	Guía de cadena de transporte de capachos rota.	Ruido al pasar la cadena por la sección dañada.
12	Cadena de transporte de rollers cortada.	Ruido cíclico del eslabón dañando.
13	Cinta de descarga cortada.	Rasgadura en la superficie de la cinta.
Sub-sistema de potencia		
14	Motoreductores fundidos	Temperatura en la caja reductora, mancha de lubricante en el suelo.
15	Motoreductores trabados.	Temperatura y ruido provenientes de la caja reductora.
16	Cadenas de transmisión cortadas.	Ruido cíclico del eslabón dañado.
17	Motoreductores trabados.	Temperatura y ruido provenientes de la caja reductora.
18	Cadenas de transmisión cortadas.	Ruido cíclico del eslabón dañado.
Activo: Máquina calibradora de frutas		Falla funcional 2.A
Modo de falla		Efecto de falla
19	Motor capachos calibradores fundido.	Temperatura en la carcasa.
20	Reductor capachos calibradores trabado.	Ruido y temperatura provenientes de la caja reductora.

Fuente: Elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-16. Efectos de falla asociados a la falla funcional 2.A (continuación)

21	Motor capachos calibradores trabado.	Temperatura y ruido provenientes de la carcasa.
22	Correa de transmisión capachos calibradores cortada.	Ruido proveniente de la correa.
23	Cadena de transmisión de capachos calibradores cortada.	Ruido cíclico del eslabón dañando.

Fuente: elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-17. Efectos de falla asociados a la falla funcional 3.A

Activo: Máquina calibradora de frutas		Falla funcional 3.A
Modo de falla		Efecto de falla
Sub-sistema de transporte		
1	Elementos de contención en mal estado.	Fruta en el suelo del packing.
2	Elementos de contención sueltos.	Fruta en el suelo del packing.

Fuente: elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-18. Efectos de falla asociados a la falla funcional 3.B

Activo: Máquina calibradora de frutas		Falla funcional 3.B
Modo de falla		Efecto de falla
Sub-sistema de transporte		
1	Elementos de contención dañados.	Fruta en el suelo del packing.
2	Cadena de transporte cortada.	Ruido cíclico en el eslabón dañado.

Fuente: elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-19. Efectos de falla asociados a la falla funcional 4.A

Activo: Máquina calibradora de frutas		Falla funcional 4.A
Modo de falla		Efecto de falla
Sub-sistema de calibración y etiquetado		
1	Bomba centrífuga trabada.	Ruido y temperatura proveniente de la bomba.
2	Fuelle de etiquetado rasgado.	Aire saliendo desde el fuelle y fuelle no realiza la acción de compresión.
3	Cassette de PLU trabado.	Ruido y temperatura proveniente del eje del cassette.
Sub-sistema de potencia		
4	Correa de transmisión cortada.	Ruido proveniente de la correa.
5	Motor de bomba centrífuga fundido.	Temperatura en la carcasa del motor.
6	Motor de bomba centrífuga trabado.	Temperatura y ruido proveniente del motor.

Fuente: elaboración propia, en base al libro RCM II

Tabla 2-20. Efectos de falla asociados a la falla funcional 4.B

Activo: Máquina calibradora de frutas		Falla funcional 4.B
Modo de falla		Efecto de falla
Sub-sistema de etiquetado y calibración		
1	Pesa descalibrada.	Alarma en caseta por calibre fuera de parámetros.
2	Cadena de transporte y PLU sin sincronía.	Rotura de capachos calibradores.

Fuente: elaboración propia, en base al libro RCM II

2.1.5. Jerarquización de los modos de falla

La jerarquización de los modos de falla, se va a basar en la norma SAE J1739, la cual, propone clasificar y jerarquizar los modos de falla relacionando la severidad, la frecuencia y la detección de estos. De esta manera se utilizarán las tablas que la norma

propone donde a la severidad, a la frecuencia y a la detección se le asignan valores numéricos dependiendo que tan severas, que tan frecuentes y que grado de dificultad de detección tienen los modos de falla analizados, estos valores asignados a cada modo de falla son relacionados mediante una fórmula matemática, la cual arrojará el valor NPR (numero prioritario de riesgo) y permitirá jerarquizarlos, mientras mayor sea el valor del NPR, mayor es el grado de criticidad del modo de falla, y al contrario, si el valor del NPR es menor, menor es el grado de criticidad del modo de falla.

Todo esto se realiza con el fin de poder asignar tareas de mantenimiento dependiendo de la criticidad del modo de falla, lo cual se verá en el capítulo 3 de este trabajo.

2.1.5.1. Severidad del modo de falla

El grado de severidad del modo de falla se estima en una escala de 1 a 10 en base al efecto que tiene la falla sobre la seguridad, ya sea, del personal o del entorno (medio ambiente). En la figura 2-1 se puede observar la tabla de severidad estipulada por la norma SAE.

Tabla 2-21. Criterios sugeridos para la evaluación de la severidad

Efecto	Criterio: Severidad del efecto	Ranking
Peligros sin advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla no se advierte al ocurrir.	10
Peligros con advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla se advierte al ocurrir.	9
Muy alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las pérdidas pueden alcanzar al 100% del producto. Equipo inoperable, pérdida de la función primaria. Cliente muy insatisfecho.	8
Alto	Perturbación menor en la línea productiva. La producción puede tener que ser ordenada y una parte desechada (menor al 100%). Equipo operable, pero con un nivel de calidad reducido. Cliente insatisfecho.	7
Moderado	Perturbación menor en la línea productiva. Una porción (menor al 100%) puede tener que ser desechada (no ordenada). Equipo operable, pero con algunos ítems de confort inoperables. El cliente experimenta insatisfacción.	6
Bajo	Perturbación menor en la línea productiva. 100% del producto tiene que ser adaptado. Equipo operable, pero con algunos ítems de confort con un nivel de calidad reducido. El cliente experimenta algo de insatisfacción.	5
Muy bajo	Perturbación menor en la línea productiva. El producto puede ser ordenado y una porción (menor al 100%) adaptado. Ajustes y terminaciones y sonido en el ítem no están en conformidad. Defecto notado por la mayoría de los clientes.	4
Menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y chirridos que no están en conformidad. Defecto notado por el promedio de los clientes.	3
Muy menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y pequeñas vibraciones en el ítem que no están en conformidad. Defecto notado por la minoría de los clientes.	2
Ninguno	Sin efectos	1

2.1.5.2. Ocurrencia del modo de falla

La ocurrencia del modo de falla es estimada en una escala de 1 a 10 y es básicamente la tasa de probabilidad que tiene la falla de ocurrir, la figura 2-2 muestra de manera más clara esta explicación.

Tabla 2-22. Criterios sugeridos para la evaluación de la ocurrencia

Probabilidad de falla	Posible tasa de falla	Ranking
Muy alta: La falla es casi inevitable	≥ 1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos, que presentan fallas con frecuencia	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderada: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos que experimentan fallas ocasionales, pero no en mayores proporciones	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2.000	4
Bajas: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15.000	3
Muy baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	1 en 150.000	2
Remota: La falla es poco probable. No se repiten las fallas de procesos casi idénticos	≤ 1 en 1.500.000	1

Fuente: Norma SAE J1739

2.1.5.3. Detección del modo de falla

La detección del modo de falla, al igual como la severidad y la ocurrencia, se miden en una escala de 1 a 10, en donde se evalúa la probabilidad que un modo de falla tiene de ser detectado. En la figura 2-5 se mostrará de mejor manera los criterios de evaluación de detección de los modos de falla.

Tabla 2-23. Criterios sugeridos para la evaluación de la detección

Detección	Criterios: Probabilidad de detección de un modo de falla	Ranking
Casi imposible	No existen controles disponibles para detectar el modo de falla	10
Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	9
Remota	Remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	8
Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	7
Baja	Baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	6
Moderada	Moderada probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	4
Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	3
Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	2
Casi cierta	Los actuales controles son casi certeros para detectar el modo de falla. Detección confiable	1

Fuente: Norma SEA J1739

2.1.5.4. Numero prioritario de riesgo o NPR

El NPR es el valor que se utiliza en el FMECA para poder jerarquizar los modos de falla como resultado de la fórmula matemática en donde involucran los conceptos descritos en los puntos anteriores.

$$NPR = Ourrencia \cdot Detectabilidad \cdot Severidad$$

Una vez establecidos los criterios de evaluación para la jerarquización de los modos de fallas, se procede asignar los valores. Este proceso se realiza en conjunto con personal de la empresa relacionado con el activo, el cual tiene mayor contacto en el día a día con el equipo.

A continuación, se presentara en la tabla 2-21 los modos de falla con los valores de severidad, ocurrencia y detección establecidos.

Tabla 2-24. Modos de falla valorados con los conceptos de severidad, ocurrencia y detección

Modos de falla	S	O	D	NPR
Pesa en mal estado	4	5	1	20
Capacho calibrador obstruido por suciedad.	2	10	1	20
Capacho calibrador obstruido por suciedad.	2	10	1	20
Solenoides desconectados.	4	5	2	40
Solenoides en mal estado.	4	5	2	40
Capachos calibradores obstruidos por suciedad.	2	10	1	20
Solenoides desconectados.	4	5	2	40
Solenoides en mal estado.	4	5	2	40
Pesa en mal estado	4	5	1	20
Reductor de cadena transportadora falla por falta de lubricante.	8	4	3	96
Motor de cadena transportadora fundido.	8	2	2	32
Motor de cadena transportadora trabado.	8	4	2	64
Cadena de transmisión del reductor cortada.	8	4	1	32
Correa de transmisión del motor cortada.	8	4	2	64
Fuga de lubricante del reductor.	4	5	1	20
Eje del piñón conductor de la cadena de transportadora trabado.	8	4	1	32
Cadena de transporte cortada.	8	3	5	120
Eje del piñón conductor de la cadena de transporte cortado.	8	3	2	48
Eje del piñón conducido de la cadena de transporte cortado	8	3	2	48
Eje del piñón conducido trabado.	8	4	1	32
Cinta curva cortada.	7	3	3	63
Descanso del polín de cinta curva trabado.	7	3	1	21
Cinta pulmón cortada.	7	3	3	63
Cinta en V cortada.	7	3	3	63
Descanso del polín de cinta pulmón trabado.	7	3	1	21
Descanso del polín de cinta en V trabado.	7	3	1	21
Descanso del polín de cadena de transporte de rollers trabado.	7	3	1	21

Tabla 2-24. Modos de falla valorados con los conceptos de severidad, ocurrencia y detección (continuación)

Modos de falla	S	O	D	NPR
Guía de cadena de transporte de rollers rota.	7	2	3	42
Capachos calibradores rotos.	2	8	1	16
Descanso del polín de cadena de transporte de capachos trabado.	7	3	1	21
Guía de cadena de transporte de capachos rota	7	3	1	21
Cadena de transporte de rollers cortada.	8	3	4	96
Cinta de descarga cortada	7	3	2	42
Motoreductores fundidos	8	4	5	160
Motoreductores trabados	8	4	2	64
Cadenas de transmisión cortadas.	8	4	2	64
Modos de falla	S	O	D	NPR
Motor capachos calibradores fundido.	8	4	3	96
Reductor capachos calibradores trabado.	8	4	2	64
Motor capachos calibradores trabado.	8	4	2	64
Correa de transmisión capachos calibradores cortada.	8	3	2	48
Cadena de transmisión de capachos calibradores cortada.	8	3	2	48
Elementos de contención en mal estado.	3	2	1	6
Elementos de contención sueltos	3	2	1	6
Elementos de contención dañados.	3	2	1	6
Cadena de transporte cortada.	8	4	3	96
Bomba centrífuga trabada	5	3	2	30
Fuelle de etiquetado rasgado	4	3	3	36
Cassette de PLU trabado.	2	3	3	18
Correa de transmisión cortada.	5	3	3	45
Motor de bomba centrífuga fundido.	5	3	2	30
Motor de bomba centrífuga trabado.	5	3	2	30
Pesa en mal estado	4	5	1	20
Cadena de transporte y PLU sin sincronía.	8	5	3	120

Fuente: elaboración propia, en base al libro RCM II

Teniendo los valores ya asignados a cada modo de falla, se procede a jerarquizar en una manera descendente. A continuación, en la tabla 2-22 se presentaran los modos de fallas jerarquizados, omitiendo aquellos que se repiten.

Tabla 2-25. Modos de falla jerarquizados

	Modos de falla	NPR
1	Motoreductores fundidos	160
2	Cadena de transporte cortada.	160
3	Cadena de transporte y PLU sin sincronía.	120
4	Reductor de cadena transportadora falla por falta de lubricante.	96
5	Cadena de transporte de rollers cortada.	96
6	Motor capachos calibradores fundido.	96
7	Motor de cadena transportadora trabado.	64
8	Correa de transmisión del motor cortada.	64
9	Motoreductores trabados	64
10	Cadenas de transmisión cortadas.	64
11	Reductor capachos calibradores trabado.	64
12	Motor capachos calibradores trabado.	64
13	Cinta curva cortada.	63
14	Cinta pulmón cortada.	63
15	Cinta en V cortada.	63
16	Eje del piñón conductor de la cadena de transporte cortado.	48
17	Eje del piñón conducido de la cadena de transporte cortado	48
18	Correa de transmisión capachos calibradores cortada.	48
19	Cadena de transmisión de capachos calibradores cortada.	48
20	Correa de transmisión cortada.	45
21	Guía de cadena de transporte de rollers rota.	42
22	Cinta de descarga cortada	42
23	Solenoides desconectado.	40
24	Solenoides en mal estado.	40
25	Fuelle de etiquetado rasgado	36
26	Motor de cadena transportadora fundido.	32
27	Cadena de transmisión del reductor cortada.	32
28	Eje del piñón conductor de la cadena de transportadora trabado.	32

Tabla 2-25. Modos de falla jerarquizados (continuación)

29	Eje del piñón conducido trabado.	32
30	Bomba centrifuga trabada	30
31	Motor de bomba centrifuga fundido.	30
32	Motor de bomba centrifuga trabado.	30
33	Descanso del polín de cinta curva trabado.	21
34	Descanso del polín de cinta pulmón trabado.	21
35	Descanso del polín de cinta en V trabado.	21
36	Descanso del polín de cadena de transporte de rollers trabado.	21
37	Descanso del polín de cadena de transporte de capachos trabado.	21
38	Guía de cadena de transporte de capachos rota	21
39	Pesa en mal estado	20
40	Capacho calibrador obstruido por suciedad.	20
41	Fuga de lubricante del reductor.	20
42	Casete de PLU trabado.	18
43	Capachos calibradores rotos.	16
44	Elementos de contención en mal estado.	6
45	Elementos de contención sueltos	6
46	Elementos de contención dañados.	6

Fuente: elaboración propia, en base al libro RCM II

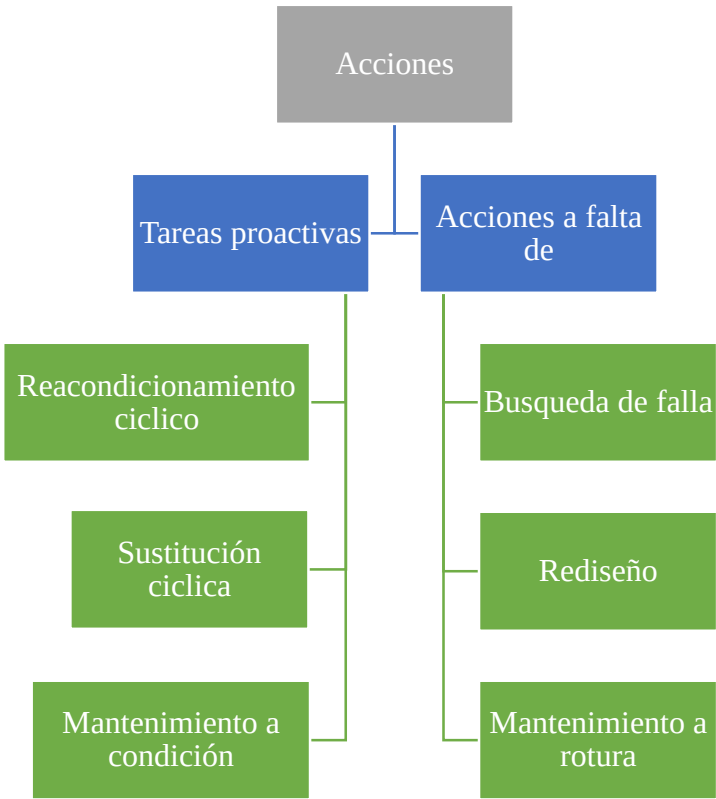
Con la jerarquización correcta de los modos de fallas, el análisis FMECA entrega aquellos modos de falla más y menos críticos, a cada uno de ellos, en el capítulo 3, se le asignara una tarea de mantenimiento acorde a su criticidad, para de esta manera, disminuir la probabilidad que cualquiera de estos modos ocurra de manera imprevista.

CAPÍTULO 3: ACCIONES DE MANTENIMIENTO

3. ACCIONES DE MANTENIMIENTO

En el capítulo 2, se realizó el análisis correspondiente a los modos de fallas relacionados a las funciones primarias y secundarias del activo, pero el trabajo no termina solo con establecer y jerarquizar aquellos modos de falla identificados.

En este capítulo se presentaran las medidas o tareas que se deberán realizar para, de esta manera, poder mitigar la ocurrencia de los modos de falla identificados en el capítulo anterior, estas tareas de mantención dependerán en gran medida del elemento o componente a la que se les aplicará, generando de esta manera una serie de posibles acciones a realizar para los distintos modos de falla, las cuales, se explican en el diagrama 3-1.



Fuente: Elaboración propia, basado en libro RCM II

Diagrama 3-1. Posibles acciones de mantenimiento a realizar

3.1. TAREAS PROACTIVAS

Estas son tareas que se llevan a cabo antes que la falla se produzca, y abarcan principalmente el mantenimiento “preventivo” y el “predictivo”, a continuación se realizará una pequeña definición de cada tarea proactiva

3.1.1. Reacondicionamiento cíclico

El reacondicionamiento cíclico según el libro “RCM II”, de John Moubray, es “reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independiente de su condición en ese momento”, es decir, establecer plazos definidos para realizar el reacondicionamiento, ya sea el elemento o componente, esté o no, en el límite de su vida útil.

3.1.2. Sustitución cíclica

La sustitución cíclica según el libro RCM II, de John Moubray, es “descartar un elemento o componente antes, o en el límite de edad definida, independientemente de su condición en ese momento”, es decir, establecer plazos definidos para realizar la sustitución de un elemento o componente, esté o no, en el límite de su vida útil.

El fundamento principal para las tareas de carácter preventivo, como lo son el reacondicionamiento cíclico y la sustitución cíclica, es la curva de curva de weibull o curva de la bañera (Ver figura 3-1), la cual, separa la vida de un componente o elemento en tres etapas, mortalidad infantil, fallas aleatorias y desgaste, a su vez indica que en las etapas en donde las probabilidades de falla son mayores son en mortalidad infantil y desgaste. Por esta razón, las tareas cíclicas ya nombradas, buscan el momento adecuado en el cual el elemento o componente comienza su etapa de desgaste, para realizar las mantenciones, como se muestra en la figura 3-3.



Fuente: John Moubray, RCM II

Gráfico 3-1. Curva de la bañera

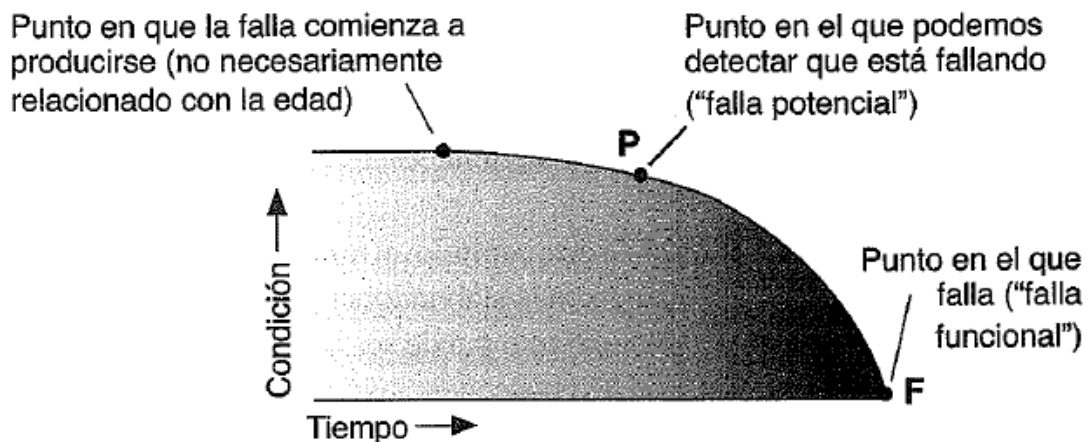


Fuente: John Moubray, RCM II

Gráfico 3-2. Límites de vida segura

3.1.3. Mantenimiento a condición

La gran mayoría de las fallas, no son repentinas, es decir, tiene algún tipo de señal o sintomatología, la cual, indica que la falla está por ocurrir, para esto el mantenimiento a condición intenta enfocarse en el intervalo entre que la falla se comienza a producir y la falla potencial, en este intervalo es donde las tareas a condición se deben realizar, para así, evitar o mitigar la falla funcional. Esto se puede observar de mejor manera en la figura 3-4.



Fuente: John Moubray, RCM II

Gráfico 3-3. Curva P-F

3.2. ACCIONES “A FALTA DE”

Las acciones “a falta de”, se realizan cuando para un modo de falla no se encuentran tareas proactivas factibles de realizar. Son generalmente asociadas a las consecuencia de la falla y consta de tres posible acciones a realizar, las cuales se definirán a continuación.

3.2.1. Tareas de búsqueda de falla o chequeo funcional

Lo que intenta hacer este tipo de acción, no se clasifica dentro de los mantenimientos tradicionales (preventivo, correctivo y predictivo), no reemplaza ni reacondiciona nada, solo cerciora que el componente o elementos esté funcionando de la manera que corresponde, de ahí viene el nombre “chequeo funcional”.

3.2.2. Ningún mantenimiento programado

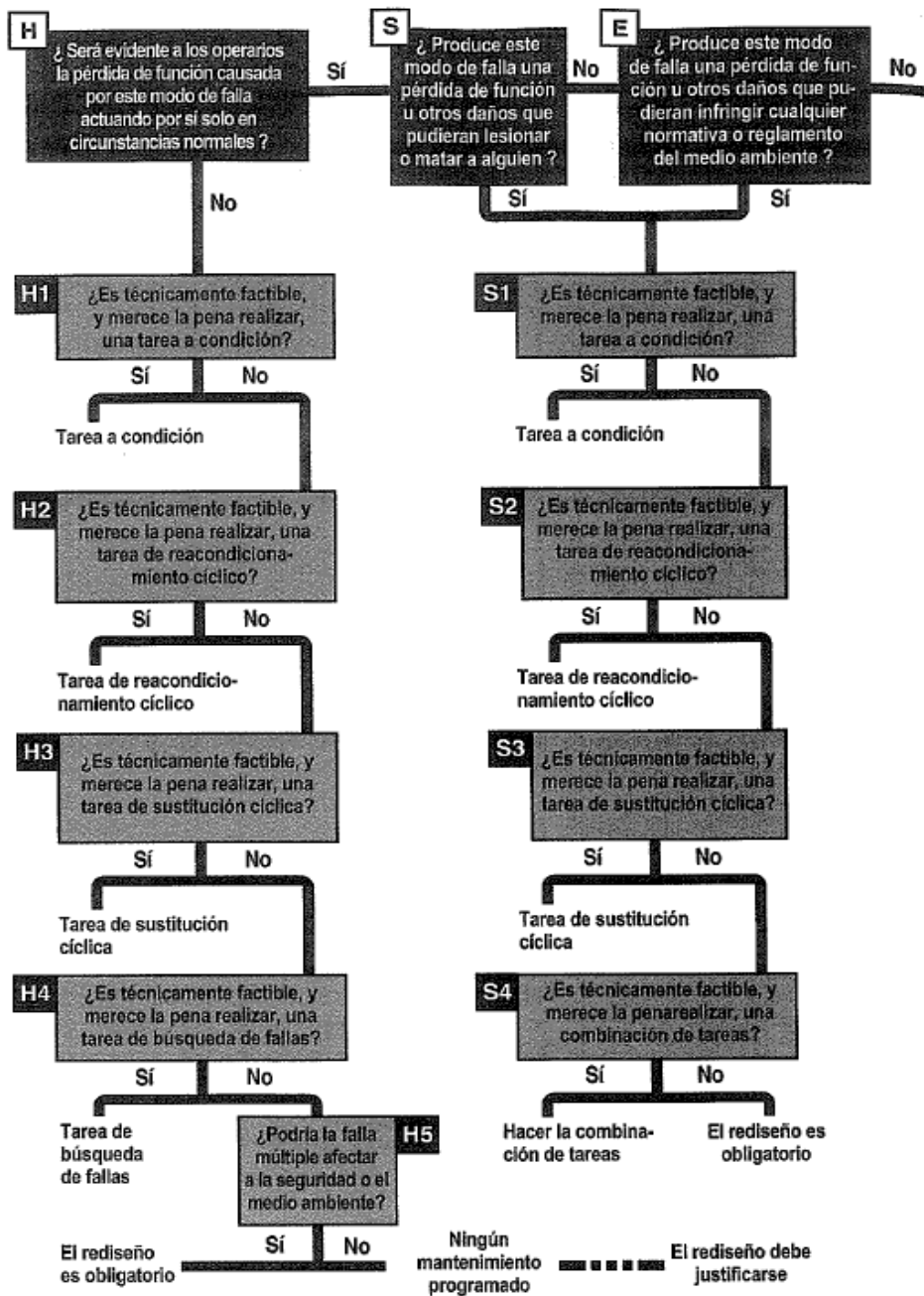
La primera acción “a falta de” es la búsqueda de falla, si no es posible aplicar este tipo de tareas y las consecuencias afectan la seguridad o el medio ambiente, la acción secundaria es el rediseño de manera obligatoria. Pero si las consecuencias no afectan la seguridad ni el medio ambiente, la acción “a falta de” es no realizar ningún mantenimiento programado, esto quiere decir que se deja el elemento o componente en servicio, hasta que la falla funcional ocurre, en ese momento es cuando se repara o reemplaza, por tanto, no hay ningún mantenimiento programado.

3.2.3. Rediseño

Esta acción se refiere a cualquier cambio que se realice sobre el activo, los procesos y procedimientos que se realizan, ya sea agregar o quitar un componente, modificar el lay-out de la empresa o capacitar al personal para lidiar con una falla funcional, siempre y cuando, no se pueda encontrar una tarea proactiva y las fallas afectan a la seguridad y/o al medio ambiente.

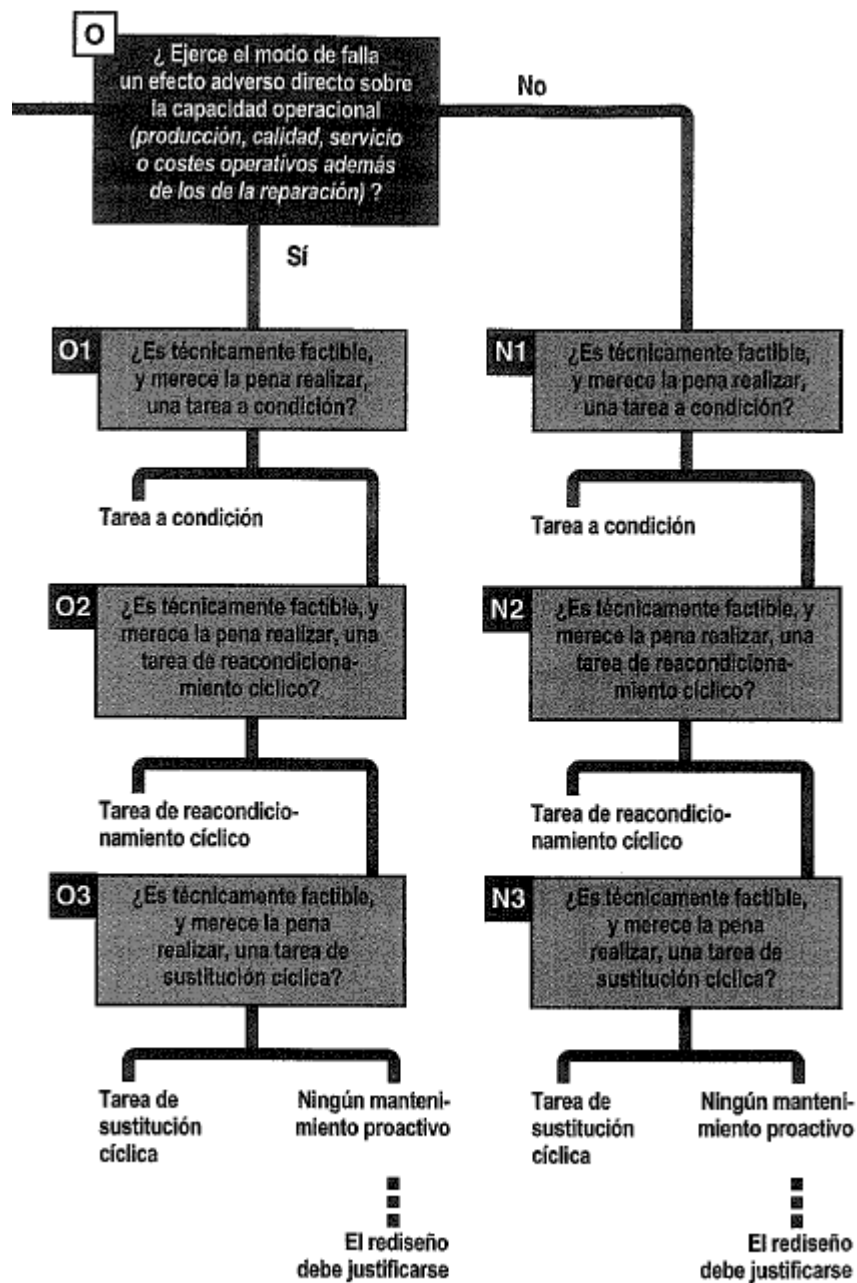
3.3. DIAGRAMA DE DECISIÓN

El diagrama de decisión integra todos los procesos de decisión en una estructura estratégica única, la cual se debe aplicar a todos los modos de falla identificados previamente en el análisis FMECA y se implementa por medio de la hoja de decisión RCM. A continuación en las figuras 3-5 y 3-6 se presenta el diagrama de decisiones RCM.



Fuente: John Moubray, RCM II

Diagrama 3-2. Diagrama de decisión RCM



Fuente: John Moubray, RCM II

Diagrama 3-2. Diagrama de decisión RCM, (continuación)

3.4. HOJA DE DECISIÓN

La hoja de decisiones se utiliza para determinar el tipo de tarea a realizar para cada modo de falla, a continuación desde la tabla 3-1 hasta la 3-4, se presentaran las hojas de decisiones todos los modos de falla.

Tabla 3-1. Hoja de decisiones asociadas a función 1

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción “a falta de”			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
1	C	6	S	N	N	S	S						Medir la temperatura del motor y ruidos anormales provenientes del componente.	mensual	Mecánico
1	C	7	S	N	N	S	S						Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente y el correcto giro de eje.	Mensual	Mecánico
1	C	8	S	N	N	S	S						Verificar de la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	mensual	Mecánico
1	C	9	S	N	N	S	S						Verificar de la tensión de la correa, profundidad de garganta de la polea y alineamiento; verificar posibles fugas de lubricante de los cojinetes.	Mensual	Mecánico
1	C	5	S	N	N	S	S						Medir la temperatura de la caja reductora y ruidos anormales provenientes del componente.	mensual	Mecánico
1	C	11	S	N	N	S	S						Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico

Tabla 3-1. Hoja de decisiones asociadas a función 1 (continuación)

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Acción “a falta de”			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
1	C	12	S	N	N	S	S						Verificar de la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	mensual	Mecánico
1	C	15	S	N	N	S	S						Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico
1	A	2	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		
1	B	1	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		
1	B	2	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		
1	B	3	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		
1	B	4	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		
1	C	1	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		
1	C	2	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		
1	C	3	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		

Tabla 3-1. Hoja de decisiones asociadas a función 1 (continuación)

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción “a falta de”			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
1	C	4	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		
1	C	10	S				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		
1	C	13	N	N	N	N	N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		
1	C	14	N	N	N	N	N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		

Fuente: Elaboración propia, basado en libro RCM II

Tabla 3-2. Hoja de decisiones asociadas a función 2

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción “a falta de”			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
							O1	O2	O3							
							N1	N2	N3							
2	A	2	S	N	N	S	S							Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico
2	A	4	S	N	N	S	S							Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico
2	A	6	S	N	N	S	S							Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico
2	A	7	S	N	N	S	S							Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico
2	A	8	N				N	N	N	S				Probar la cadena de transporte sin productos para verificar el estado de la guía.	mensual	jefe de proceso
2	A	10	S	N	N	S	S							Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico

Tabla 3-2. Hoja de decisiones asociadas a función 2 (continuación)

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción “a falta de”			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
2	A	11	N				N	N	N	S			Probar la cadena de transporte sin productos para verificar el estado de la guía.	mensual	jefe de proceso
2	A	12	S	N	N	S	S						Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	mensual	Mecánico
2	A	14	S	N	N	S	S						Medir temperatura y verificar estado de retenes; verificar ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico
2	A	15	S	N	N	S	S						Medir temperatura y verificar estado de retenes; verificar ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico
2	A	16	S	N	N	S	S						Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	mensual	Mecánico
2	A	17	S	N	N	S	S						Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico

Tabla 3-2. Hoja de decisiones asociadas a función 2 (continuación)

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción “a falta de”			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
2	A	18	S	N	N	S	S						Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico
2	A	19	S	N	N	S	S						Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente y el correcto giro de eje.	Mensual	Mecánico
2	A	20	S	N	N	S	S						Verificar de la tensión de la correa, profundidad de garganta de la polea y alineamiento; verificar posibles fugas de lubricante de los cojinetes.	Mensual	Mecánico
2	A	21	S	N	N	S	S						Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	Mensual	Mecánico
2	A	1	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		
2	A	5	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		
2	A	9	N				N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento programado.		

Fuente: Elaboración propia, basado en libro RCM II

Tabla 3-2. Hoja de decisiones asociadas a función 2 (continuación)

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Acción “a falta de”			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
2	A	3	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		
2	A	1	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		
2	A	13	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		

Fuente: Elaboración propia, basado en libro RCM II

Tabla 3-3. Hoja de decisiones asociada a función 3

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Acción “a falta de”			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4			
3	B	2	S	N	N	S	S						Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	mensual	Mecánico
3	A	1	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		
3	A	2	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		
3	B	1	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		

Fuente: Elaboración propia, basado en libro RCM II

Tabla 3-4. Hoja de decisiones asociada a función 4

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción “a falta de”			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
4	A	1	S	N	N	N	S						Medir temperatura de los cojinetes y verificar ruidos anormales provenientes del componente; limpiar filtro de aire.	Cada dos meses	Mecánico
4	A	5	S	N	N	S	S						Verificar de la tensión de la correa, profundidad de garganta de la polea y alineamiento; verificar posibles fugas de lubricante de los cojinetes.	Cada dos meses	Mecánico
4	A	6	S	N	N	S	S						Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente y el correcto giro de eje.	Cada dos meses	Mecánico
4	A	7	S	N	N	S	S						Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente y el correcto giro de eje.	Cada dos meses	Mecánico
4	A	2	S	N	N	N	N	N	N				Mantenimiento no programado.		
4	A	3	S	N	N	N	N	N	N				Mantenimiento no programado.		
4	A	4	S	N	N	N	N	N	N				Mantenimiento no programado.		

Fuente: Elaboración propia, basado en libro RCM II

Tabla 3-4. Hoja de decisiones asociada a función 4 (continuación)

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción “a falta de”			Tareas propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
4	B	1	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		
4	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento proactivo, rediseño.		

Fuente: Elaboración propia, basado en libro RCM II

3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO

Tabla 3-5. Plan de mantenimiento de maquina calibradora de frutas

Equipo: Maquina calibradora de frutas			
Modo de falla	Tarea a realizar	Intervalo	Ejecutor
1.C.6.	Medir la temperatura del motor y ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico
1.C.7.	Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente y el correcto giro de eje.	Mensual	Mecánico
1.C.8.	Verificar de la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	Mensual	Mecánico
1.C.9.	Verificar de la tensión de la correa, profundidad de garganta de la polea y alineamiento; verificar posibles fugas de lubricante de los cojinetes.	Mensual	Mecánico
1.C.5.	Medir la temperatura de la caja reductora y ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico
1.C.11.	Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico
1.C.12.	Verificar de la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	Mensual	Mecánico
1.C.15.	Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico

Fuente:elaboracion propia, basado en diapositiva “introducción a la mantenion”

Tabla 3-5. Plan de mantenimiento de maquina calibradora de frutas (continuación)

Equipo: <i>Maquina calibradora de frutas</i>			
Modo de falla	Acción a realizar preventiva/correctiva	Intervalo	Ejecutor
1.A.2.	Limpieza de base del capacho.	A diario	Operador
1.B.1.	Limpieza de base del capacho.	A diario	Operador
1.B.2.	Conectar solenoide.	--	Mecánico
1.B.3.	Mantener stock de soleniodo en bodega.	--	--
1.B.4.	Mantener stock de pesas en bodega.	--	--
1.C.1.	Limpieza de base del capacho.	A diario	Operador
1.C.2.	Conectar solenoide.	--	Mecánico
1.C.3.	Mantener stock de soleniodo en bodega.	--	--
1.C.4.	Mantener stock de pesas en bodega.	--	--
1.C.10.	Mantener stock de reten en bodega.	--	--
1.C.13.	Reparar el eje mediante soldadura.	--	Mecánico
1.C.14.	Reparar el eje mediante soldadura.	--	Mecánico
2.A.2.	Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico

Fuente:elaboracion propia, basado en diapositiva “introducción a la mantencion”

Tabla 3-5. Plan de mantenimiento de maquina calibradora de frutas (continuación)

Equipo: <i>Maquina calibradora de frutas</i>			
Modo de falla	Acción a realizar preventiva/correctiva	Intervalo	Ejecutor
2.A.4.	Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico
2.A.6.	Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico
2.A.7.	Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico
2.A.8.	Probar la cadena de transporte sin productos para verificar el estado de la guía.	Mensual	jefe de proceso
2.A.10.	Medir temperatura de los descansos, verificar el estado de los retenes de los descansos y el correcto giro del eje.	Mensual	Mecánico
2.A.11	Probar la cadena de transporte sin productos para verificar el estado de la guía.	Mensual	jefe de proceso
2.A.12	Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	Mensual	Mecánico
2.A.14	Medir temperatura y verificar estado de retenes; verificar ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico

Fuente:elaboracion propia, basado en diapositiva “introducción a la mantenion”

Tabla 3-5. Plan de mantenimiento de maquina calibradora de frutas (continuación)

Equipo: <i>Maquina calibradora de frutas</i>			
Modo de falla	Acción a realizar preventiva/correctiva	Intervalo	Ejecutor
2.A.15	Medir temperatura y verificar estado de retenes; verificar ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico
2.A.16.	Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	Mensual	Mecánico
2.A.17.	Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico
2.A.18.	Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico
2.A.19.	Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente y el correcto giro de eje.	Mensual	Mecánico
2.A.20.	Verificar de la tensión de la correa, profundidad de garganta de la polea y alineamiento; verificar posibles fugas de lubricante de los cojinetes.	Mensual	Mecánico
2.A.21.	Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	Mensual	Mecánico
2.A.1.	Mantener stock de cinta en bodega.	--	--
2.A.5.	Mantener stock de cinta en bodega.	--	--
2.A.9.	Mantener stock de capachos calibradores en bodega.	--	--
2.A.3.	Mantener stock de cinta en bodega.	--	--
2.A.1.	Mantener stock de cinta en bodega.	--	--
2.A.13.	Mantener stock de cinta en bodega.	--	--

Fuente:elaboracion propia, basado en diapositiva “introducción a la mantenion”

Tabla 3-5. Plan de mantenimiento de maquina calibradora de frutas (continuación)

Equipo: <i>Maquina calibradora de frutas</i>			
Modo de falla	Acción a realizar preventiva/correctiva	Intervalo	Ejecutor
2.A.13.	Mantener stock de cinta en bodega.	--	--
3.B.2.	Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	mensual	Mecánico
3.B.15.	Ningún mantenimiento programado.		
2.A.16.	Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	mensual	Mecánico
2.A.17.	Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico
2.A.18.	Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente.	Mensual	Mecánico
2.A.19.	Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente y el correcto giro de eje.	Mensual	Mecánico
2.A.20.	Verificar de la tensión de la correa, profundidad de garganta de la polea y alineamiento; verificar posibles fugas de lubricante de los cojinetes.	Mensual	Mecánico
2.A.21.	Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	Mensual	Mecánico
2.A.1.	Mantener stock de cinta en bodega.	--	--
2.A.5.	Mantener stock de cinta en bodega.	--	--
2.A.9.	Mantener stock de capachos calibradores en bodega	--	--

Fuente:elaboracion propia, basado en diapositiva “introducción a la mantenion”

Tabla 3-5. Plan de mantenimiento de maquina calibradora de frutas (continuación)

Equipo: <i>Maquina calibradora de frutas</i>			
Modo de falla	Acción a realizar preventiva/correctiva	Intervalo	Ejecutor
2.A.3.	Mantener stock de cinta en bodega.	--	--
2.A.13.	Mantener stock de cinta en bodega.	--	--
3.B.2.	Verificar la tensión de la cadena, alineamiento y estado de los piñones; si es necesario lubricar.	Mensual	Mecánico
3.A.1.	Reparar elementos de contención.	--	Mecánico
3.A.2.	Reparar elementos de contención.	--	Mecánico
3.B.1.	Reparar elementos de contención.	--	Mecánico
4.A.1.	Medir temperatura de los cojinetes y verificar ruidos anormales provenientes del componente; limpiar filtro de aire.	Cada dos meses	Mecánico
4.A.5.	Verificar de la tensión de la correa, profundidad de garganta de la polea y alineamiento; verificar posibles fugas de lubricante de los cojinetes.	Cada dos meses	Mecánico
4.A.6.	Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente y el correcto giro de eje.	Cada dos meses	Mecánico

Fuente:elaboracion propia, basado en diapositiva “introducción a la mantenion”

Tabla 3-5. Plan de mantenimiento de maquina calibradora de frutas (continuación)

Equipo: <i>Maquina calibradora de frutas</i>			
Modo de falla	Acción a realizar preventiva/correctiva	Intervalo	Ejecutor
4.A.7.	Medir temperatura; verificar ruidos anormales provenientes del componente y el correcto giro de eje.	Cada dos meses	Mecánico
4.A.2.	Mantener stock de fuelle en bodega.	--	--
4.A.3.	Mantener stock de pesas en bodega.	--	--
4.A.4.	Destrabar casete de PLU	--	Mecánico
4.B.1.	Mantener stock de pesas en bodega.	--	--
4.B.2.	Ningún mantenimiento proactivo, rediseño.	--	Gerente operaciones

Fuente:elaboracion propia, basado en diapositiva “introducción a la mantenion”

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró recopilar información necesaria para poder conocer más acerca de la función que el equipo tiene dentro de la línea de producción y de qué manera este se relaciona con los procesos asociados a él.

El mantenimiento centrado en confiabilidad, nos da la opción de conocer en su totalidad el funcionamiento que tiene el activo, como interactúa con los procesos relacionados a él y a su vez, nos permite identificar las funciones primarias y secundarias que este activo realiza, de la mano con esto, se pueden identificar las fallas funcionales, las cuales impiden que el activo realice parte o simplemente deje de realizar las funciones para las cuales fue diseñado, nos permite analizar de qué manera los componentes fallan y cuales nos los efectos o sintomatología que presentan en los momentos anteriores a la falla. Esta sintomatología nos permite establecer el tipo acciones a realizar para poder mitigar o evitar fallas de carácter catastrófico, ya sea mediante un mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo, también se agrega el concepto de rediseño, que en ocasiones se debe realizar, ya que ninguna de las tareas nombradas anteriormente satisfacen al modo de falla.

Se realizó una jerarquización de los modos de falla, en base al análisis FMECA aplicado al equipo crítico, de esta manera se identifican los modos de fallas a los cuales se les debe tomar mayor atención, ya que son aquellos que al momento de ocurrir tienen una mayor consecuencia dentro del proceso de producción.

El diagrama y la hoja de decisiones RCM, son parte fundamental para la implementación de mantenimiento centrado en confiabilidad, ya que, de estructura y orden a la información recopilada y a la vez nos permite designar las tareas de mantenimiento más acorde al modo de falla analizado, y cerrando con esto la realización de un mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Se recomienda a la empresa analizar un rediseño de la maquinaria, ya que, el diseño original, contiene pequeñas falencias que se fueron evidenciando a través del tiempo y perjudican al correcto funcionamiento de los procesos dentro del packing.

BIBLIOGRAFÍA

MOUBRAY, John. Reliability-centred maintenance II. Edición en español. Asheville, Carolina del Norte, EE.UU. Aladon LLC. 2004. 433 p. ISBN 09539603-2-3.

Society of Automotive Engineers (internacional). Potential failure mode and effect in design and potential failure mode and effect analysis in manufacturing and assembly processes and effect analysis for machinery. SAE J1739. 2009. EE.UU. 1994. 32 p.

SOCIEDAD COMERCIAL AGROVALENZ LIMITADA. Expovalenz [en línea]. <<http://www.expovalenz.cl/>>. 2015

ARANGUIZ, Andrés. Introducción a la mantención, primera parte [diapositiva]. Viña del Mar, Chile. 2015. 37 diapositivas.