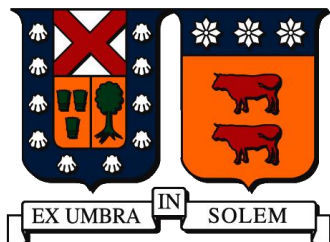


**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**VALPARAISO – CHILE**



**Análisis técnico de correas transportadoras en  
planta de proceso de salmónidos**

**DENIS SOLANGE MOLINA VALDOVINO**

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL MECÁNICO**

**PROFESOR GUÍA:**

**FRANCISCO CABREJOS M., Ph.D.**

**PROFESOR CORREFERENTE:**

**Mg.-Ing., GUILLERMO GONZÁLEZ B.**

**Diciembre - 2018**

## **Resumen**

El presente Trabajo de Título consiste en realizar un análisis técnico de las cintas transportadoras utilizadas en una empresa de la industria de salmónidos en el sur de Chile con el fin de mejorar la disponibilidad de estos equipos mediante estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes. Se ha elegido la planta procesadora Congelados y Conservas Fitz Roy S.A. para realizar el análisis ya que cuenta con variedad de tipos de cintas transportadoras para distintas aplicaciones que transportan tanto salmónidos en sus distintas etapas de proceso, así como cajas de cartón y poliestireno expandido para transporte de producto terminado.

Para lograr el mejoramiento de disponibilidad, el desarrollo del trabajo se estructuró en tres secciones principales. La primera hace relación a la aplicación de un análisis de criticidad que incluyó 89 cintas transportadoras de diferentes áreas de la planta, identificando 2 cintas críticas. La primera corresponde a una cinta de recortes que transporta filetes de salmón en área de Valor agregado (código AF466) y la segunda es una cinta transportadora de cajas de poliestireno que pertenece al área de Empaque (código AFE13). En la segunda parte se utiliza el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) basado en las normas SAE JA1011 y SAE JA 1012 para enfocar las estrategias de mantenimiento en las causas raíces de los modos de fallas encontrados para cada equipo. Como resultado del AMEF se determinaron, además de las estrategias de mantenimiento necesarias, los errores de diseño para cada equipo, los cuales son tratados en la tercera sección donde se propone una reingeniería de componentes para cada uno.

Para la cinta AF466 se recomienda reemplazar el tipo de banda por uno que resista cortaduras de cuchillos inherentes a la operación, mientras que para la cinta AFE13 se propone implementar un dispositivo de sujeción que mantenga la posición de la banda en el cambio de inclinación sin necesidad de tener que modificar la estructura existente, para eliminar el levante.

Palabras Claves: Cintas transportadoras, Salmónidos, Criticidad, AMEF.

## **Abstract**

The current document consists in carrying out a technical analysis of the conveyor belts used in a company of the fishing industry in the south of Chile to improve the availability of these equipment through maintenance strategies and redesign of components. The processing plant Congelados y Conservas Fitz Roy Australis S.A. has been chosen to perform the analysis since it has a variety of types of conveyor belts for different applications that transport salmonids in their different stages of process, as well as cardboard boxes and expanded polystyrene to transport the finished product.

To achieve the improve the availability, the work development has been structured in three main sections. The first relates to the application of a criticality analysis that included 88 conveyor belts from different areas of the plant, identifying 2 critical equipment. The first corresponds to a trimming conveyor that transports fillets of salmon in the area of added value (code AF466) and the second is a conveyor belt for boxes of polystyrene that belongs to the Packing area (code AFE13). In the second part, the Failure Modes and Effects Analysis (AMEF) based on SAE JA1011 and SAE JA 1012 standards is used to focus the maintenance strategies on the root causes of the failure modes found for each equipment. As a result of the AMEF were determined, in addition to the necessary maintenance strategies, the design errors for each team, which are treated in the third section where a reengineering of components for each one is proposed.

For the conveyor AF466 it is recommended to replace the belt type with one that resists cuts of knives inherent to the operation, while for the AFE13 conveyor it is proposed to implement a clamping device that maintains the position of the band in the change of inclination without need of having to modify the existing structure.

**Keywords:** Conveyor belt, salmonids, criticality, FMEA.

## Glosario

|       |                                                              |
|-------|--------------------------------------------------------------|
| ABP:  | Tracción ajustada de la banda [kg/m]                         |
| ABS:  | Resistencia permitida de la banda [kg/m]                     |
| ABSU: | Resistencia permitida de la banda utilizada [kg/m]           |
| AF:   | Activo fijo                                                  |
| AMEF: | Análisis de modos y efectos de falla                         |
| B:    | Ancho de banda [m]                                           |
| BP:   | Tracción de la banda [kg/m]                                  |
| CF:   | Consecuencia de falla                                        |
| D:    | Detección                                                    |
| De:   | Deflexión eje [m]                                            |
| E:    | Módulo de elasticidad [ $kg/m^2$ ]                           |
| FDA:  | Food and drug administration                                 |
| FF:   | Frecuencia de falla                                          |
| Fw:   | Coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la banda |
| G:    | Gravedad                                                     |
| HG:   | Cambio de altura del transportador [m]                       |
| I:    | Momento de inercia [ $mm^4$ ]                                |
| IC:   | Índice de criticidad                                         |
| IP:   | Impacto en la producción                                     |
| L:    | Longitud del transportador [m]                               |
| Ls:   | Largo del eje entre cojinetes [mm]                           |
| M:    | Carga de producto [ $kg/m^2$ ]                               |
| Mp:   | Carga debida a la acumulación del producto [kg]              |
| NPR:  | Numero de prioridad de riesgo                                |
| O:    | Ocurrencia                                                   |
| PAC:  | Plan de aseguramiento de la calidad                          |
| PD:   | Diámetro de paso del engranaje [mm]                          |
| PVC:  | Policloruro de vinilo                                        |
| Q:    | Peso del eje [kg/m]                                          |
| RCM:  | Reliability Centered Maintenance                             |
| S:    | Factor de Resistencia                                        |
| SF:   | Factor de servicio                                           |
| SS:   | Impacto en la seguridad y salud                              |
| T:    | Factor de temperatura                                        |
| To:   | Par de torsión [ $kg * mm$ ]                                 |
| TPU:  | Poliuretano termoplástico                                    |
| TR:   | Tiempo de reparación [h]                                     |
| V:    | Velocidad de la banda [m/min]                                |
| W:    | Peso de la banda [ $kg/m^2$ ]                                |
| w:    | Carga total del eje [kg]                                     |

## Tabla de contenido

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Resumen .....                                                     | ii  |
| Abstract.....                                                     | iii |
| Glosario .....                                                    | iv  |
| Tabla de contenido.....                                           | v   |
| Índice de figuras .....                                           | vii |
| Índice de tablas .....                                            | ix  |
| 1. Introducción.....                                              | 1   |
| 2. Objetivos y plan de trabajo .....                              | 8   |
| 3. Antecedentes generales.....                                    | 10  |
| 3.1. La empresa .....                                             | 10  |
| 3.2. Justificación del tema.....                                  | 11  |
| 3.3. Proceso productivo del salmón .....                          | 12  |
| 4. Marco teórico.....                                             | 15  |
| 4.1. Análisis de criticidad .....                                 | 15  |
| 4.2. Análisis de modos y efectos de fallas .....                  | 16  |
| 4.3. Selección de estrategias de mantenimiento.....               | 22  |
| 5. Desarrollo del trabajo .....                                   | 24  |
| 5.1. Descripción de la planta y alcance.....                      | 24  |
| 5.2. Análisis de criticidad .....                                 | 31  |
| 5.2.1. Ponderaciones.....                                         | 32  |
| 5.2.2. Jerarquía equipos.....                                     | 34  |
| 5.3. Análisis de modos y efectos de fallas .....                  | 35  |
| 5.3.1. AMEF para cinta recortes AF466.....                        | 35  |
| 5.3.2. AMEF para cinta aérea fresco entero AFE13.....             | 39  |
| 5.4. Definición de estrategias de mantenimiento .....             | 42  |
| 5.5. Reingeniería de componentes .....                            | 46  |
| 5.5.1. Cambios al diseño de cinta recortes AF466 .....            | 46  |
| 5.5.2. Cambios al diseño de cinta aérea fresco entero AFE13 ..... | 48  |

|      |                                                                                    |    |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.   | Resultados.....                                                                    | 60 |
| 6.1. | Conocimiento de la planta .....                                                    | 60 |
| 6.2. | Criticidad .....                                                                   | 60 |
| 6.3. | AMEF .....                                                                         | 63 |
| 6.4. | Reingeniería de componentes .....                                                  | 63 |
| 7.   | Conclusiones.....                                                                  | 65 |
|      | Bibliografía.....                                                                  | 67 |
|      | Anexos.....                                                                        | 70 |
|      | Anexo A: Detalle de cintas transportadoras. ....                                   | 70 |
|      | Anexo B: Historial detenciones período Marzo 2017-Agosto 2018 .....                | 75 |
|      | Anexo C: Resultado análisis de criticidad.....                                     | 81 |
|      | Anexo D: Pauta mantención preventiva cintas Congelados y Conservas Fitz Roy S.A. . | 83 |
|      | Anexo E: AMEF cinta de recortes AF466.....                                         | 84 |
|      | Anexo F: AMEF cinta elevación AFE13 .....                                          | 86 |
|      | Anexo G: Diagrama lógico de decisión RCM [22]. ....                                | 87 |
|      | Anexo H: Memoria cálculo de banda transportadora para AF466 .....                  | 88 |
|      | Anexo I: Ficha técnica banda <i>Flat Top</i> Serie 1800 <i>Intralox</i> [25].....  | 97 |
|      | Anexo J: Plano rodillo de sujeción para AFE13.....                                 | 98 |

## Índice de figuras

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Componentes básicos de una banda de carga unitaria ligera convencional [3].           | 2  |
| Figura 2: Ejemplo banda monolítica para transporte de salmón [4].                               | 3  |
| Figura 3: Ejemplo banda modular para transporte de cajas.                                       | 3  |
| Figura 4: Vista transversal de guías de desgaste en paralelo [5].                               | 4  |
| Figura 5: Eje cuadrado y engranajes [6].                                                        | 5  |
| Figura 6: Rodillos de retorno en cinta modular aérea.                                           | 6  |
| Figura 7: Etapas del plan de trabajo propuesto.                                                 | 8  |
| Figura 8: Ubicación Planta Congelados y Conservas Fitz Roy S.A. [15].                           | 10 |
| Figura 9: Principales equipos causantes de detenciones no programadas.                          | 12 |
| Figura 10: Vista aérea de planta Fitz Roy.                                                      | 13 |
| Figura 11: Diagrama de flujo básico de proceso planta secundaria de salmónidos.                 | 14 |
| Figura 12: Ejemplo de Matriz de Criticidad.                                                     | 16 |
| Figura 13: Codificación tarea de mantenimiento.                                                 | 21 |
| Figura 14: Vista parcial área de Valor Agregado.                                                | 24 |
| Figura 15: Ubicación cintas área Calibrado según número de activo fijo.                         | 25 |
| Figura 16: Ubicación cintas área Filete según número de Activo Fijo.                            | 26 |
| Figura 17: Ubicación cintas Valor Agregado según número de activo fijo.                         | 27 |
| Figura 18: Ubicación cintas área Empaque según número de activo fijo.                           | 29 |
| Figura 19: Ejemplos cintas en el área Empaque.                                                  | 30 |
| Figura 20: Horas totales de detención según área productiva desde 1/3/2017 a 31/8/2018.         | 31 |
| Figura 21: Matriz de criticidad.                                                                | 34 |
| Figura 22: Cinta de recortes [24].                                                              | 36 |
| Figura 23: Representación cinta elevación AFE13, sin la pared divisoria existente en la planta. | 40 |
| Figura 24: Cinta elevación AFE13.                                                               | 41 |
| Figura 25: Cortes de cuchillo en diferentes estados.                                            | 47 |
| Figura 26: Curva vertical de cinta AF313 con equipo detenido.                                   | 48 |
| Figura 27: Perfil de una cinta transportadora con curva cóncava vertical [26].                  | 48 |
| Figura 28: Cinta AFE13 durante operación, sin carga.                                            | 49 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 29: Cinta AFE13 durante operación, con carga. ....                             | 50 |
| Figura 30: Secciones cinta elevación AFE13. ....                                      | 50 |
| Figura 31: Topes instalados en AFE13.....                                             | 51 |
| Figura 32: Equipo con guías de sujeción laterales en sección inclinada. ....          | 52 |
| Figura 33: Desgaste en laterales de banda.....                                        | 53 |
| Figura 34: Ruedas de sujeción [27]. ....                                              | 53 |
| Figura 35: Espacio libre entre caja y estructura. ....                                | 54 |
| Figura 36: Rodillos de sujeción [28] .....                                            | 55 |
| Figura 37: Montaje rodillos de sujeción [29] .....                                    | 55 |
| Figura 38: Izq: Pestañas de sujeción [30]. Der: Vista pestañas de sujeción [31]. .... | 56 |
| Figura 39: Resumen comparación de alternativas.....                                   | 57 |
| Figura 40: Disposición rodillos de sujeción y rieles.....                             | 58 |
| Figura 41: Vista lateral de rodillos de sujeción. ....                                | 58 |
| Figura 42: Rodillo de sujeción. ....                                                  | 59 |
| Figura 43: Horas detención en función del período de evaluación. ....                 | 60 |
| Figura 44: Porcentaje detenciones por tuno productivo. ....                           | 61 |
| Figura 45: Distribución de tipos de fallas por equipo en área Valor Agregado. ....    | 62 |
| Figura 46: Distribución de tipos de falla por equipo en área Empaque. ....            | 62 |

## Índice de tablas

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Clasificación de la gravedad del modo de falla [23].                  | 19 |
| Tabla 2: Clasificación de ocurrencia del modo de falla [23].                   | 19 |
| Tabla 3: Clasificación de la facilidad de la detección del modo de falla [23]. | 20 |
| Tabla 4: Formato AMEF.                                                         | 21 |
| Tabla 5: Ponderación frecuencia de fallas (FF).                                | 32 |
| Tabla 6: Ponderación tiempo de reparación (TR).                                | 33 |
| Tabla 7: Ponderación impacto en la producción IP.                              | 33 |
| Tabla 8: Ponderación de impacto en la seguridad y salud (SS).                  | 34 |
| Tabla 9: Componentes cinta de recortes AF466.                                  | 37 |
| Tabla 10: Componentes cinta elevación AFE13.                                   | 41 |
| Tabla 11: Resultados AMEF.                                                     | 42 |
| Tabla 12: Tareas cinta AF466.                                                  | 43 |
| Tabla 13: Continuación tareas cinta AF466                                      | 44 |
| Tabla 14: Tareas cinta AFE13.                                                  | 45 |
| Tabla 15: Valores para cálculo de R1.                                          | 51 |

## 1. Introducción

Con exportaciones que superan los US\$ 4.000 millones, el salmón es el segundo producto más exportado del país, después del cobre. El 24% de los retornos provienen del mercado japonés, principal destino del Salmón del Pacífico o Coho, el cual es enviado principalmente en formato entero sin cabeza congelado. Estados Unidos representa el 32% del total de las exportaciones, al constituir el principal destino del Salmón Atlántico o Salar, enviado como filetes frescos vía aérea. Brasil es el tercer principal país de destino con el 13% del total nacional exportado, prioritariamente salmón entero fresco, por vía terrestre [1]. El 31% restante se reparte principalmente entre países de la Unión Europea, Rusia y América Latina.

Hoy en día, Chile ocupa el segundo lugar a nivel mundial en la producción de salmónidos, exportando las distintas especies de salmón y trucha Arco Iris, siendo superado solamente por Noruega. Este puesto se ha logrado gracias a la elaboración de productos de primera calidad, cumpliendo con las más exigentes certificaciones a nivel mundial para abastecer exitosamente con tres especies a más de 70 países. Mantener este puesto en un mercado altamente competitivo y con demanda creciente, exige a la industria altos niveles de productividad, los que se ven reflejados muchas veces en instalaciones operando al límite de su capacidad, escenario donde cualquier detención de las líneas de proceso genera elevadas pérdidas monetarias.

En las plantas procesadoras de salmónidos, los productos se transportan mediante bandas transportadoras para, entre otras cosas, minimizar el contacto humano con el producto y aumentar la velocidad de las líneas productivas. El material transportado incluye salmónes en sus distintas etapas de procesamiento, cajas de poliestireno expandido y cajas de cartón con peso máximo de 70 [kg], transportados a velocidades entre 10 y 20 m/min. Este tipo de transporte interno de carga ligera unitaria se conoce como *light conveyor belts* [2].

Las dimensiones de estas cintas no se encuentran estandarizadas y se fabrican según los requerimientos de cada planta de proceso. Generalmente, se construyen uniendo una serie

de secciones prefabricadas, como se muestra esquemáticamente en la Figura 1, siendo las más comunes las presentadas a continuación.

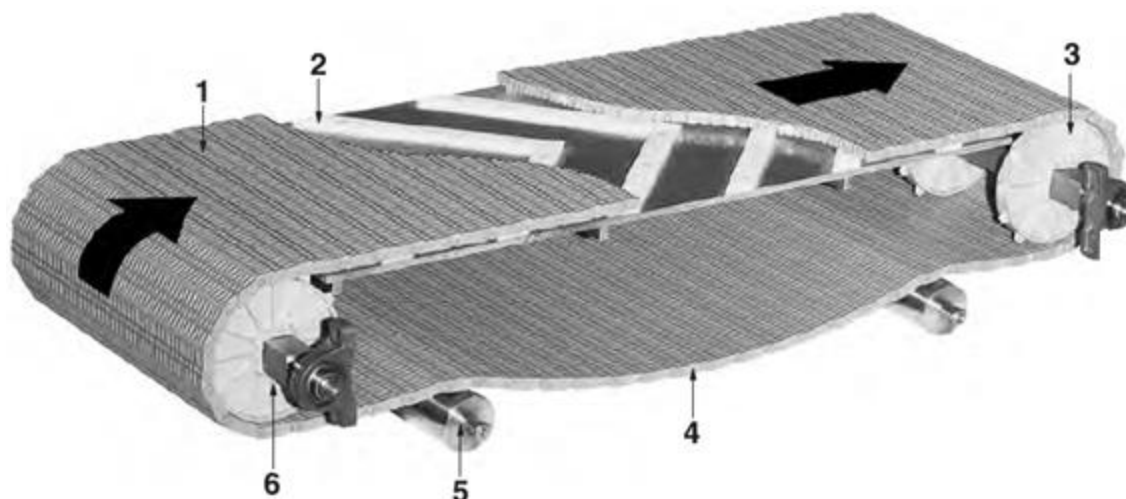


**Figura 1: Componentes básicos de una banda de carga unitaria ligera convencional [3].**

- |                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. Banda                   | 4. Flexión catenaria          |
| 2. Guías de desgaste       | 5. Rodillos de retorno        |
| 3. Eje motriz y engranajes | 6. Eje conducido y engranajes |

**1. Banda:** Es la encargada de soportar el material durante su transporte, siendo requisito básico que los materiales de estas cumplan con las normativas alimentarias de la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos (FDA) y/o la legislación europea para plásticos destinados a estar en contacto con alimentos (EU 10/2011 y EC 1935/2004), cumplimiento que debe ir avalado en sus correspondientes Declaraciones de Conformidad de cada proveedor. En la industria salmonera actual se utilizan principalmente 2 grupos de bandas: modulares y monolíticas. Las bandas monolíticas generalmente están fabricadas en poliuretano termoplástico (TPU) o Policloruro de vinilo (PVC). Resultan más higiénicas que las modulares dada su forma sin muescas ni surcos (de una pieza) que evita la acumulación de materia orgánica. Por ello, se prefieren las bandas monolíticas para

aplicaciones que requieran manipulación del producto en contacto directo con la banda, como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2: Ejemplo banda monolítica para transporte de salmón [4].**

Por otro lado, las bandas de diseño modular en su mayoría son fabricadas con bases de polipropileno, polietileno o acetal, van instaladas por módulos moldeados por inyección y unidos entre sí mediante varillas o pasadores lo que permite que se puedan reemplazar tramos de banda rápidamente. Se prefieren para aplicaciones de transporte puro, tanto para transporte de cajas como de salmón, como se muestra en la Figura 3.

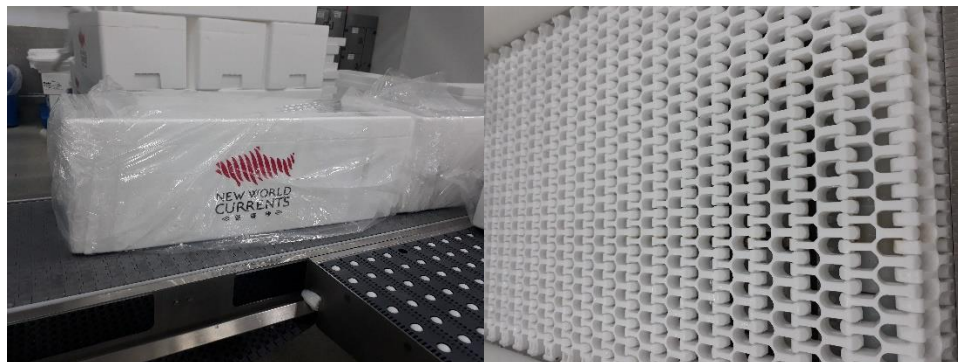


**Figura 3: Ejemplo banda modular para transporte de cajas.**

Además de lo anterior, se debe tener siempre en consideración que la banda debe resistir las tensiones presentes, absorber los impactos en la carga y descarga de material

y proveer estabilidad en la suficiente para un correcto alineamiento y soporte de la carga.

2. **Guías de desgaste:** También llamadas rieles de soporte o pistas de deslizamiento, su función es proporcionar una superficie rodante de baja fricción y reducir el desgaste tanto de la banda como de la estructura utilizando materiales de baja fricción que pueden ser de metal o plástico. Las guías de desgaste se extienden a lo ancho de la banda durante casi todo el largo. Las disposiciones de las guías pueden ser en paralelo, como se muestra en la Figura 4, o en “V” como se mostró en la Figura 3, o una superficie plana continua siendo la primera la más recomendable para aplicaciones de poca carga.

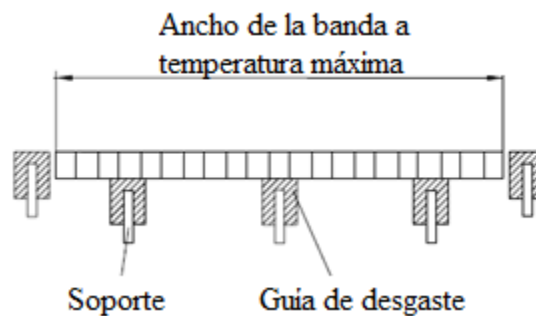


**Figura 4: Vista transversal de guías de desgaste en paralelo [5].**

3. **Eje motriz y engranajes:** Se utilizan ejes cuadrados como el que se muestra en la Figura 5 para conducir los engranajes (también llamados *sprockets*) en la banda. En el caso donde se utilice moto reductor para el accionamiento de la banda, el eje de transmisión va conectado al motor en un extremo y el otro extremo va apoyado en un cojinete. En el caso de que se utilice moto tambor para el accionamiento, al tratarse este de un rodillo de accionamiento eléctrico, sustituye al eje motriz y solo debe ir montado un número suficiente de engranajes que transmitan la fuerza a la banda. El número de engranajes depende de muchos factores siendo los más importantes el ancho y peso de la banda.

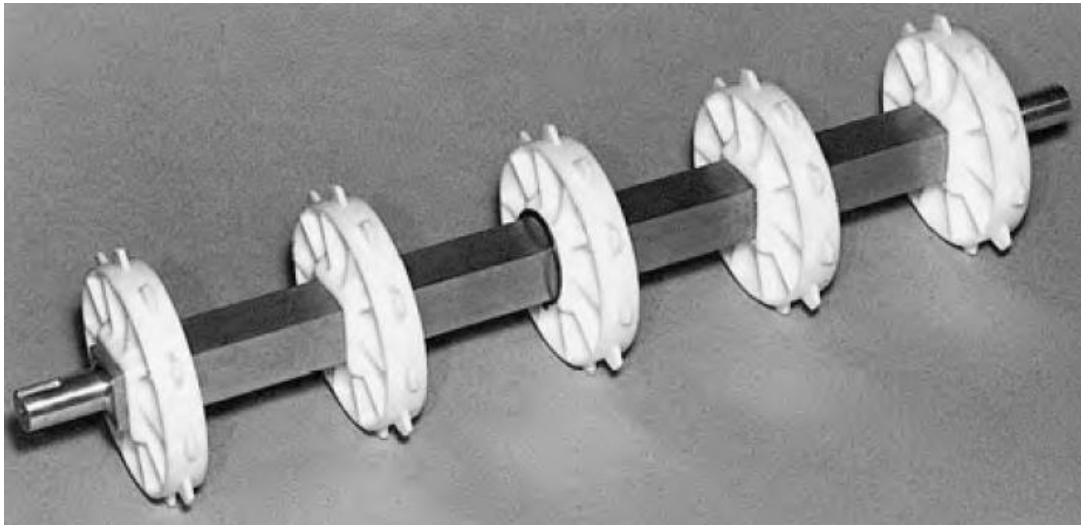


**Figura 5: Eje cuadrado y engranajes [6].**

En relación con los accionamientos del eje motriz, el más común es el moto-reductor por ser la opción más económica y existir en el mercado una gran variedad de tamaños y diseños disponibles. Sin embargo, la eficiencia de ciertos modelos puede ser muy baja. La alternativa que ha ido ganando terreno en el último tiempo son los moto-tambores, los cuales, al poseer un diseño encapsulado, son más sencillos de limpiar y más eficientes. Entre sus desventajas figura un mayor costo y la necesidad de contar con mano de obra calificada para su intervención.

4. **Flexión Catenaria:** Es la forma curva que adopta naturalmente la banda producto de su propio peso en áreas sin soporte del recorrido de retorno. La flexión catenaria sirve como un sistema de tensión dinámico que garantiza la correcta tensión de la banda frente al alargamiento bajo carga, las variaciones de temperatura y el alargamiento de paso. Para lograr la flexión catenaria se utilizan los rodillos de retorno [7]. Sin embargo, en muchas aplicaciones los rodillos no proporcionan una tensión suficiente para evitar que los engranajes se deslicen. En estos casos son necesarios otros tipos de disposiciones del sistema de tensión como los tensores por gravedad o de tornillo.

5. **Rodillos de retorno:** Sobre estos dispositivos la cinta realiza su deslizamiento en el tramo de retorno tal como se muestra en la Figura 6. La distancia entre los rodillos de retorno depende entre otras cosas del peso de la banda y deben proporcionar la tensión lateral de retorno necesaria para un buen enganche del engranaje.



**Figura 6: Rodillos de retorno en cinta modular aérea.**

6. **Eje conducido:** es el eje que se encuentra en el extremo opuesto del sistema de transporte respecto al eje motriz. Su función es lograr el retorno de la cinta una vez que esta termina el recorrido del tramo portante, para ello es común que se utilicen rodillos o un eje con ruedas dentadas.

Una cinta transportadora está compuesta por todas las secciones anteriormente descritas más accesorios y dispositivos de seguridad requeridos según las funciones específicas de cada equipo. Cabe destacar que la sección de soporte de la estructura, que comprende todos los elementos que sustentan a la cinta debe estar fabricada de acero inoxidable (generalmente Acero Inoxidable AISI 304) y ser de tipo abierto para facilitar la limpieza de los componentes internos del equipo, esto es porque al trabajar en una industria alimenticia, existen normativas que regulan los materiales permitidos dentro de planta.

Al estar en contacto directo con alimentos, las cintas transportadoras utilizadas en la industria de salmónidos deben cumplir con los requerimientos estipulados en el “Plan de

aseguramiento de la calidad” o PAC para recibir la autorización de exportar sus productos. Para aprobar el PAC, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) evalúa los requisitos técnicos y administrativos que dependen del tipo de producto, requerimientos de certificación, y país destino basándose en el Manual de Inocuidad y Certificación [8] elaborado por el propio organismo certificador. Contar con esta certificación es la base de operación de toda planta de proceso de salmónidos ya que les permite exportar sus productos en un mercado con clientes mayoritariamente extranjeros. Los principales requerimientos de esta certificación referentes a cintas transportadoras tienen relación con la resistencia a la corrosión de los materiales, así como su facilidad de limpieza y desinfección. Además del PAC, existen otras certificaciones exigidas por los clientes de destino [9, 10, 11, 12, 13, 14], cada una con sus propios requerimientos. Por lo anterior, los tipos de materiales utilizados en las bandas de las cintas transportadoras se encuentran limitados a los termoplásticos como: Acetal, Polietileno, Polipropileno, Poliuretano y Nilón (este último solo para aplicaciones extremadamente abrasivas).

Actualmente en la planta de proceso de salmónidos Congelados y Conservas Fitz Roy S.A., las cintas transportadoras son responsables del 30% de tiempos muertos asociados a fallas de equipo y con el fin de mejorar los indicadores de disponibilidad, se propone realizar un análisis técnico a las correas transportadoras utilizadas. Para ello se llevará a cabo un análisis de criticidad al conjunto de cintas que participan del proceso productivo de la planta en estudio, para identificar aquellas que sean más críticas y en base a esto realizar un análisis de modos y efectos de falla (AMEF), que permita proponer estrategias de mantenimiento o reingeniería de componentes según corresponda.

## 2. Objetivos y plan de trabajo

El objetivo general de este trabajo consiste en realizar un análisis de fallas para las correas transportadoras utilizadas en la industria de salmónidos. A partir de este análisis se generarán estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes para mejorar la disponibilidad de las líneas de producción.

Para alcanzar el objetivo general se tienen los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar las principales características de las correas transportadoras utilizadas en la industria de salmónidos,
- Determinar activos críticos mediante análisis de criticidad a las correas estudiadas,
- Realizar análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) a correas críticas, basado en norma SAE JA1011 y SAE JA 1012,
- Proponer estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes.

El plan de trabajo mostrado esquemáticamente en la Figura 7 está enfocado en el cumplimiento de los objetivos planteados anteriormente para dar una secuencia lógica y coherente al trabajo.

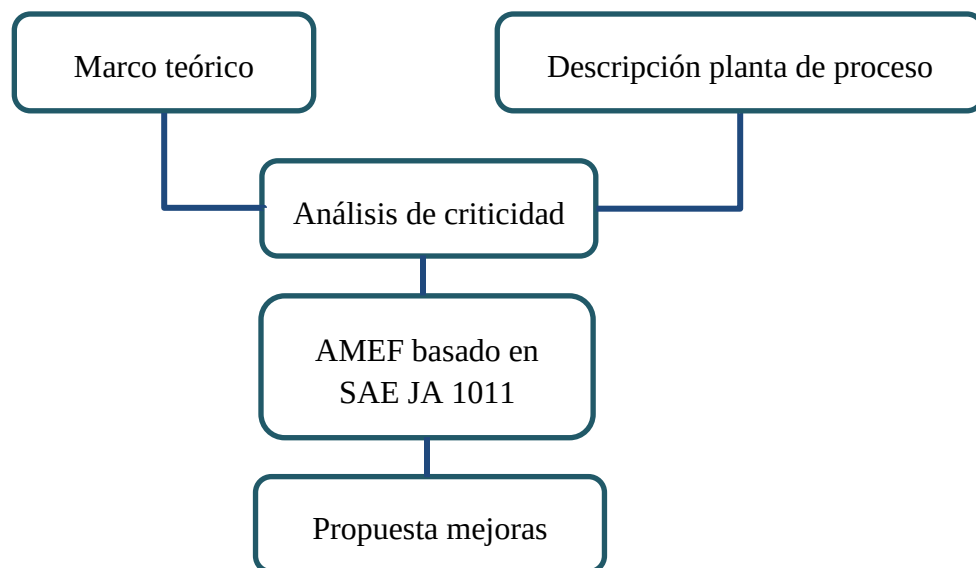


**Figura 7: Etapas del plan de trabajo propuesto.**

En una primera etapa, se describen las principales características de las cintas transportadoras utilizadas en la industria de salmónidos. Luego, se realiza una descripción general de la planta de proceso, la cual corresponde a la instalación típica de una planta secundaria de salmónidos del sur de Chile y se recolecta la información necesaria para llevar a cabo el análisis de criticidad y definir su alcance.

El siguiente paso corresponde a un análisis de criticidad de las cintas transportadoras seleccionadas, seleccionando aquellas que resulten determinantes según el método de frecuencia por consecuencia, a estos equipos les aplica posteriormente un análisis de modos y efectos de falla (AMEF) basado en las normas SAE JA 1011 y SAE JA 1012. En el marco teórico se describen las metodologías aplicadas en el desarrollo del trabajo tales como análisis de criticidad, RCM (*Reliability Centered Maintenance*) y AMEF.

Se determina el contexto operacional de cada equipo y seguido de esto se aplica la herramienta AMEF a cada equipo por separado siguiendo las directrices de las normas mencionadas anteriormente. En base a ello se determinan las estrategias de mantenimiento enfocadas en los modos de falla de mayor riesgo, evitando su aparición, atenuando las consecuencias que pudieran causar, o proponiendo reingeniería de componentes según corresponda.

La última sección corresponde a las propuestas de mejora seleccionadas a partir de las deficiencias de diseño detectadas gracias al AMEF. Se deja la decisión de su implementación en manos de la Subgerencia de Mantenimiento de la empresa.

### 3. Antecedentes generales

#### 3.1. La empresa

El trabajo se realizó en el Departamento de Mantención de la planta Congelados y Conservas Fitz Roy S.A, la cual pertenece a la empresa salmonera chilena Australis Seafoods S.A. Se trata de una planta de proceso de salmónidos y está ubicada en Avenida Brasil N°615, en la ciudad de Calbuco, X Región, como se muestra en la Figura 8.

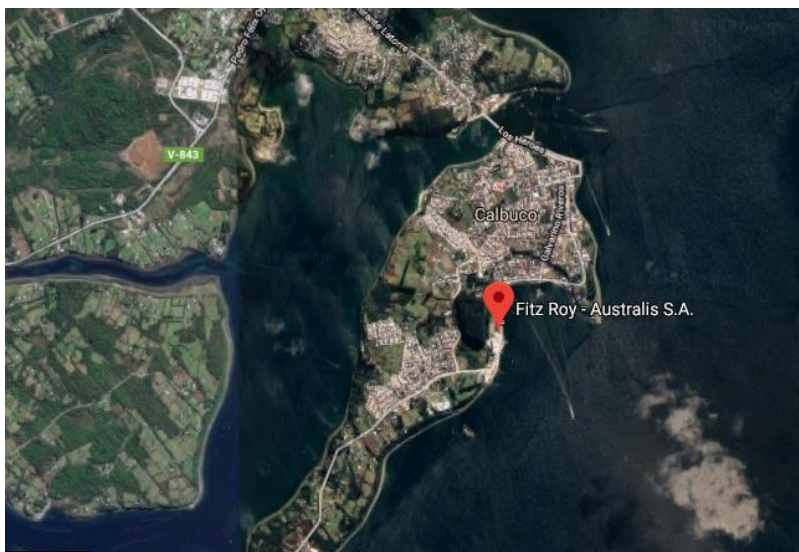


**Figura 8: Ubicación Planta Congelados y Conservas Fitz Roy S.A. [15].**

La planta posee una capacidad de 36.000 piezas/día (3.600 ton/mes), trabaja en 2 turnos productivos y posee un total de 690 equipos (también llamados activos fijos o AF) repartidos entre salas de proceso, planta de aguas, planta de hielo, planta de riles, sistemas de frío y patio. De lo anterior, 120 equipos corresponden a cintas transportadoras, todas las cuales se encuentran dentro de las salas de proceso de la planta y corresponden a equipos de carga liviana que transportan salmón y cajas.

Estas cintas se encuentran distribuidas en las distintas áreas de proceso, las cuales, según orden de participación en el proceso productivo son:

- Área Lavado y Eviscerado
- Área Clasificado y Calibrado
- Área Filete
- Área Valor Agregado
- Área Empaque
- Túneles de frío

Las cintas transportadoras se agruparon por área productiva para realizar el análisis.

### **3.2. Justificación del tema**

Congelados y Conservas Fitz Roy S.A. se encuentra atravesando una etapa de cambios, pasando de procesar materia prima de sus propios centros de cultivo a recibir también materia prima proveniente de empresas externas para realizar maquilas. Esto debido a que su capacidad de planta es mayor a la requerida actualmente por Australis Seafoods S.A., y para mantener la rentabilidad de la instalación ha sido necesario buscar clientes externos que completen dicha capacidad. Este nuevo rol exige mejorar la disponibilidad de equipos a fin de aumentar la productividad y cumplir las metas comprometidas con los nuevos clientes en los plazos acordados.

La planta lleva un registro de detenciones no programadas y en base a este registro se ha elaborado un listado de equipos que presentaron detenciones no programadas asociadas a fallas para el periodo de Marzo 2017 a Agosto 2018. En la Figura 9 se muestran los principales equipos que generaron tiempos muertos en el período de evaluación y se observa que el ítem “CINTA” se lleva el primer lugar, con cerca de un 30% del total de horas de detenciones no programadas asociadas a fallas. Este ítem contiene todas las cintas de planta, ya sean cintas transportadoras simples o equipos que tienen cintas como parte de sus componentes.

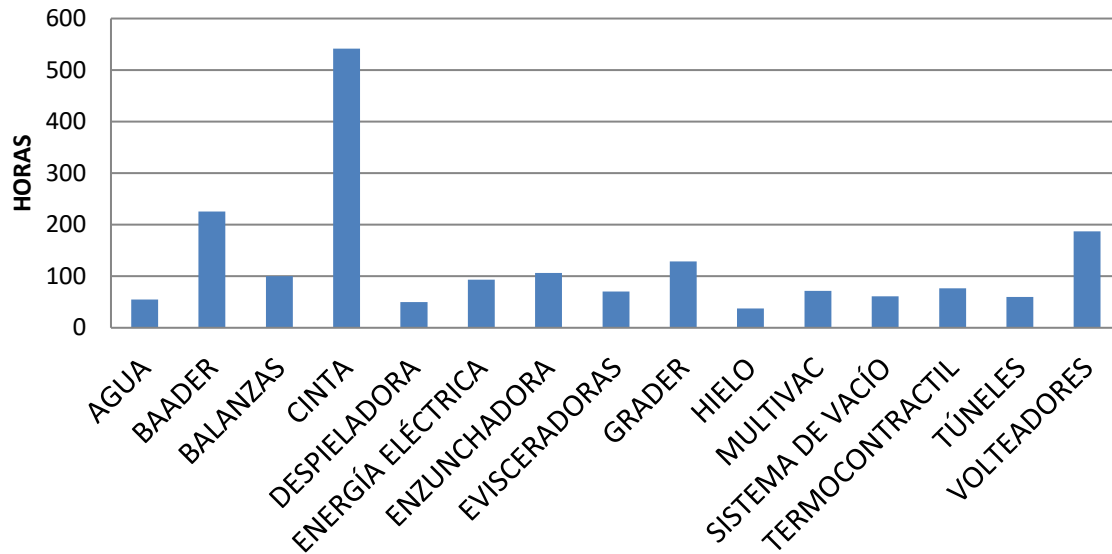


**Figura 9: Principales equipos causantes de detenciones no programadas.**

Por lo anterior, y dado que la categoría “CINTA” incluye más de 100 equipos, el trabajo que se propone es identificar aquellos activos que sean los más críticos dentro del proceso para trabajar en ellos aplicando análisis de modos y efectos de falla (AMEF) y en base a esto, proponer estrategias de mantenimiento o reingeniería de componentes según sea el caso con el fin de disminuir las detenciones no programadas asociadas a fallas de las cintas transportadoras.

### **3.3. Proceso productivo del salmón**

Las plantas de proceso de salmónidos se dividen en primarias y secundarias. En las primarias es donde se realiza el sacrificio y primer eviscerado de los salmónidos, mientras que en las secundarias se recibe la materia prima (salmones que han sido sacrificados en plantas de proceso primario) y mediante la utilización de mano de obra calificada y tecnología, se transforma en productos con valor agregado, de acuerdo con los requerimientos de los clientes en los mercados de destino. A esta última categoría corresponde la planta en estudio [16], la cual se muestra en la Figura 10.

El tipo de producto realizado en las plantas secundarias de salmónidos depende de lo establecido en la correspondiente ficha técnica de cada pedido, pudiendo variar la línea de elaboración (de acuerdo con el formato o corte requerido), sus calidades (Premium, Grado e Industrial) y sus temperaturas (dependiendo si el pedido es fresco o congelado). Dependiendo de estos requerimientos se destina la materia prima a las distintas áreas de proceso y túneles de frío que correspondan.

A grandes rasgos, todas las plantas secundarias de salmónidos presentan características y equipos similares, variando sus capacidades instaladas y el nivel de automatización alcanzado, donde el proceso general se describe según el diagrama de flujo presentado en la Figura 11. Cabe mencionar que las cintas transportadoras participan en cada una de las etapas ya sea como cintas de transporte simples o como componentes de los distintos equipos utilizados.



**Figura 10: Vista aérea de planta Fitz Roy.**

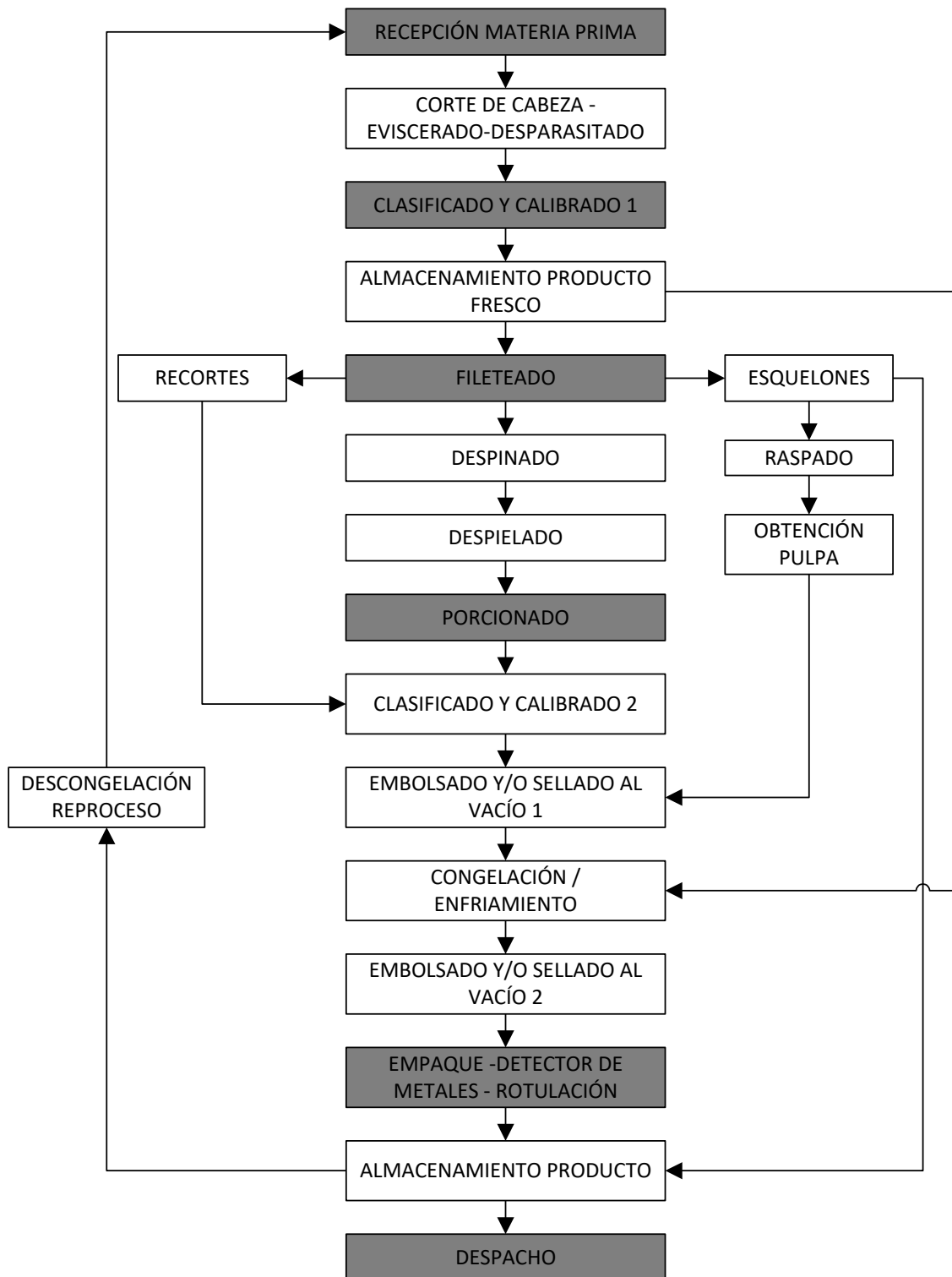


**Figura 11: Diagrama de flujo básico de proceso planta secundaria de salmónidos.**

## 4. Marco teórico

### 4.1. Análisis de criticidad

Esta metodología permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones al identificar los equipos que deben ser atendidos según su impacto sobre la operación [17].

En este trabajo, para determinar la criticidad de los equipos se emplea el método de frecuencia por consecuencia, el cual pertenece a la categoría de modelos de riesgo [18]. En mantenimiento, el riesgo puede ser definido como el impacto potencial que genera un activo, proveniente de alguna falla futura. Se vincula directamente a la probabilidad de ocurrencia de un suceso y depende de la información histórica existente relacionada a las fallas de los equipos. Los modelos de riesgo son técnicas de priorización cualitativos y/o mixtos dependiendo de la calidad de la información disponible y de los criterios utilizados.

La determinación del índice de criticidad a partir de un análisis de la frecuencia por consecuencia consiste en evaluar la frecuencia de la falla por su consecuencia. De esta manera, el índice de criticidad IC puede ser expresado según la Ecuación 1:

$$IC = FF \times CF \quad (1)$$

Donde FF representa la frecuencia de falla y CF la consecuencia de falla. Esta ecuación es ampliamente utilizada en la literatura [19].

La CF se evalúa a partir de la suma de factores considerados significativos en la evaluación de la consecuencia que puede ocasionar una eventual falla. Los factores elegidos para este trabajo fueron: impacto en la producción IP, impacto en la seguridad y salud SS, tiempo de reparación TR. La evaluación de cada factor puede realizarse en base a datos estadísticos o a la experiencia de un equipo multidisciplinario que esté familiarizado con los equipos, la elección de una u otra fuente dependerá muchas veces de la cantidad de información disponible y la existencia de historial de vida de los equipos.

El IC, descomponiendo la CF en los factores considerados para este trabajo se calcula utilizando la Ecuación 2:

$$IC = FF \times (IP + SS + TR) \quad (2)$$

Dependiendo de los valores de ponderación asignados a cada factor se obtiene el valor de IC para cada equipo considerado en el alcance. Finalmente se construye la matriz de criticidad, ejemplificada en la Figura 12, con las ponderaciones de frecuencia en el eje de las ordenadas y los valores de impacto en el eje de las abscisas, estableciendo intervalos de criticidad que permiten clasificar los valores de IC obtenidos en tres categorías: Criticidad Baja, Criticidad Media y Criticidad Alta.

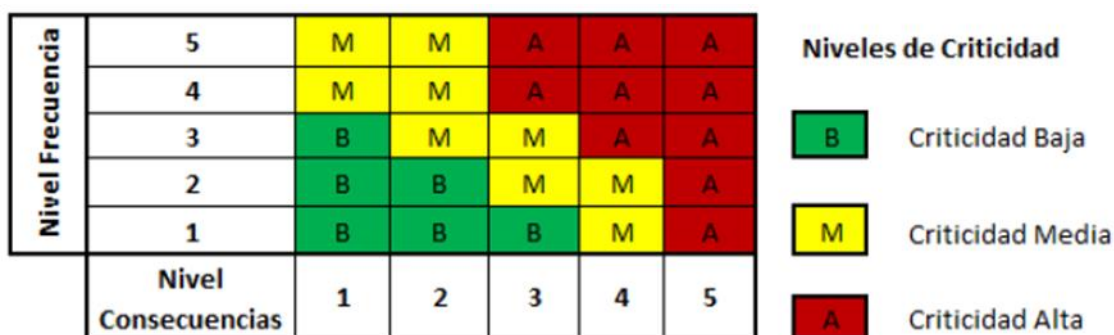


**Figura 12: Ejemplo de Matriz de Criticidad.**

#### 4.2. Análisis de modos y efectos de fallas

El análisis de modos y efectos de fallas, AMEF, es una herramienta para mejorar las acciones del mantenimiento a través de un análisis formalizado para la identificación sistemática de posibles causas de riesgo y emisión de acciones de recomendación tendientes a minimizar el mismo [20].

Existen diferentes versiones o variantes de la metodología para elaborar un AMEF, la metodología aquí mostrada, consiste en las siguientes actividades:

1. Selección del sistema y contexto operacional
2. Análisis funcional
3. Identificación de modos de falla
4. Efectos y consecuencias de la falla
5. Jerarquización del riesgo

Dado que el AMEF es utilizado por varias industrias, incluyendo Automotriz, Aeronáutica, Militar, Nuclear y Electrotécnica, se han desarrollado diferentes versiones o variantes de la metodología para su aplicación. La metodología que se utilizó en este trabajo está basada en las normas SAE JA-1011[21] y SAE JA-1012 [22] las cuales describen y estandarizan los elementos que debe incorporar un análisis AMEF para alcanzar estándares aceptables. Los pasos por seguir son los siguientes:

- i) **Definir contexto operacional del activo:** Esto típicamente incluye una descripción global breve de cómo se utiliza este activo, donde se utiliza, y los aspectos que gobiernan los criterios de desempeño global tales como producción, rendimiento, seguridad, integridad ambiental, y así sucesivamente.
- ii) **Análisis funcional:** Se identifican todas las funciones del equipo, incluyendo las funciones de los dispositivos de protección, en su contexto operacional presente.
- iii) **Fallas funcionales:** Se deben definir todos los estados de falla asociados con cada función. Un activo falla si es incapaz de hacer lo que el usuario desea que haga
- iv) **Identificación de modos de falla:** Los modos de falla son los eventos que causan los estados de falla. La descripción debe ser suficientemente detallada de modo que posibilite

la selección de una política de manejo de fallas adecuada, pero no tan detallada que tome demasiado tiempo realizar el proceso de análisis.

v) **Efectos y consecuencia de la falla:** Para cada modo de falla debe indicarse los efectos de falla asociados. El efecto de falla es una breve descripción de qué pasa cuando la falla funcional ocurre. Las definiciones de los efectos de falla son utilizadas para evaluar las consecuencias de cada modo de falla. Estas también proveen la información básica necesaria para decidir que políticas de manejo de fallas se deben implementar para evitar, eliminar o minimizar estas consecuencias para la satisfacción de los dueños/usuarios del activo.

vi) **Jerarquización de riesgo:** Se asigna un valor numérico a cada riesgo asociado a una falla funcional, utilizando la gravedad, la ocurrencia y la detección como métricas. A medida que aumenta el riesgo, los valores de la clasificación aumentan. Luego se combinan en un número de prioridad de riesgo (NPR), que se puede usar para analizar el sistema. Al analizar los NPR de alto valor, se pueden abordar los elementos más riesgosos del sistema. NPR se calcula multiplicando la gravedad por la ocurrencia por la detección del riesgo, tal como muestra en la Ecuación 3:

$$NPR = G \times O \times D \quad (3)$$

Donde G representa la gravedad, O la ocurrencia y D la detección.

La gravedad, G, se refiere a la magnitud del efecto final de una falla del sistema, cuanto más grave sea la consecuencia, mayor será el valor de la gravedad que se asignará al efecto. La evaluación de este índice se realiza en una escala de 1 al 10 en base a una “Clasificación de Gravedad”, mostrada en la Tabla 1.

O representa la ocurrencia, la cual se refiere a la frecuencia con la que es probable que ocurra una causa raíz, que se describe de manera cualitativa. Esto no es en la forma de un período de tiempo, sino más bien en términos remotos u ocasionales. La evaluación de este índice se realiza en una escala de 1-10 en base a una “Tabla de Ocurrencia”, la cual se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 1: Clasificación de la gravedad del modo de falla [23].**

| Ocurrencia                                     | Criterio                                                                                                                                                                                  | Valor |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Muy Baja.<br>Repercusiones imperceptibles.     | No es razonable esperar que esta falla de pequeña importancia origine un efecto real sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.            | 1     |
| Bajas repercusiones.<br>Apenas perceptibles    | El tipo de falla originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable. | 2-3   |
| Moderado.<br>Defectos de relativa importancia. | La falla produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observara deterioro en el rendimiento del sistema.                                                            | 4-6   |
| Alta                                           | La falla puede ser crítica y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.                                                                                    | 7-8   |
| Muy Alta                                       | Falla potencial muy crítica que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias.                         | 9-10  |

**Tabla 2: Clasificación de ocurrencia del modo de falla [23].**

| Ocurrencia              | Criterio                                                                                                                                             | Valor |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Muy baja.<br>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  |

Para reducir el índice de ocurrencia, hay que emprender una de las siguientes acciones:

- Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que la causa de falla pueda producirse.
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de falla.

La recomendación general que se da para reducir el índice de ocurrencia de una causa es atacar directamente la “raíz de esta”.

El último índice, D, representa la detección y se refiere a la probabilidad de detectar una causa raíz antes de que pueda ocurrir una falla. Se evalúa, para cada causa de falla, la probabilidad de detectar dicha causa y el modo de falla resultante antes de llegar al cliente en una escala 1 al 10 en base a la “Tabla de Detección”, la cual se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3: Clasificación de la facilidad de la detección del modo de falla [23].**

| Detección  | Criterio                                                                                                                                                                | Valor |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Muy alta   | El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por lo controles existentes.                                                                           | 1     |
| Alta       | El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a en un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad posteriormente. | 2-3   |
| Mediana    | El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados 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  |

Para lograr que este índice sea cercano a 1, será necesario mejorar el sistema de control de detección, aunque por regla general aumentar los controles signifique un aumento de costo, que es el último medio al que se debe recurrir para mejorar la calidad.

Una vez calculado el NPR se determina si se requiere o no una acción correctiva para una causa de falla, siendo normal si el NPR es menor o igual a 100 y presentando un alto riesgo

para el funcionamiento del sistema si el NPR es mayor a 100 en cuyo caso se requiere de una acción correctiva. El valor del criterio de decisión del NPR puede variar dependiendo de la magnitud de los resultados.

La herramienta utilizada para realizar el AMEF se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4: Formato AMEF.**

| Análisis de modos y efectos de falla |                 |                 |               |                           |                 |                       |   |   |   |     |               |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|---|---|---|-----|---------------|
| Sistema:                             |                 |                 |               |                           |                 |                       |   |   |   |     |               |
| Función                              | Falla Funcional | Código de falla | Modo de falla | Parte del equipo afectada | Efecto de falla | Consecuencia de falla | G | O | D | NPR | Código tareas |
|                                      |                 |                 |               |                           |                 |                       |   |   |   |     |               |

En cuanto al ítem “Código tareas” este tiene como finalidad el ayudar a encontrar con facilidad la tarea de mantenimiento correspondiente a cada uno de los modos de falla y su codificación se indica en la Figura 13.

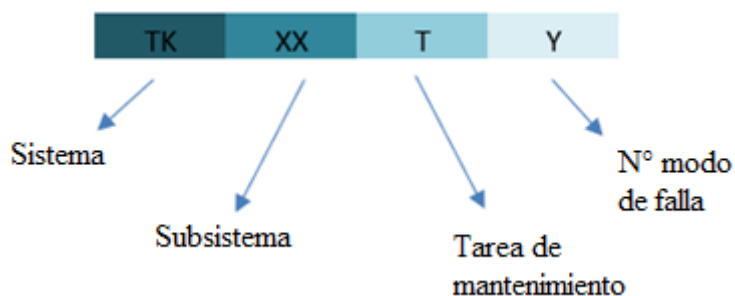


**Figura 13: Codificación tarea de mantenimiento.**

### 4.3. Selección de estrategias de mantenimiento

La selección de la tarea de mantenimiento más adecuada, para evitar la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos, se realiza mediante un diagrama de decisión, el cual consiste en la caracterización del modo de falla y del equipo afectado mediante una serie de interrogantes básicas, organizadas en un diagrama de decisiones, las cuales deben ser respondidas en base a la información obtenida con la aplicación del método AMEF y resueltas con las consideraciones de personal competente. Luego del análisis con el diagrama de decisiones, se obtendrá el tipo de mantenimiento más adecuado, su frecuencia de aplicación y el detalle de las tareas de intervención que se deben realizar en el equipo.

Las tareas de mantenimiento que se obtendrán del diagrama de decisión pueden ser las siguientes:

- Tareas basadas en condición

Consisten en revisar si hay fallas potenciales, y así actuar para prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias de la falla funcional. Esto también se conoce como mantenimiento predictivo o mantenimiento basado en la condición. Las cuatro categorías principales de técnicas a condición son: técnicas de monitoreo de condición, técnicas basadas en variaciones en la calidad del producto, técnicas de monitoreo de los efectos primarios, técnicas de inspección basadas en los sentidos humanos.

- Tareas de desincorporación programada y restauración programada

Se utilizan si no se puede encontrar una tarea basada en condición conveniente para una falla en particular, Consisten en restaurar la capacidad de un elemento o reemplazarlo por uno nuevo antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento. La frecuencia de una tarea de la tarea programada está gobernada por la edad en la que la pieza o componente muestra un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla.

- Combinación de tareas

Algunas veces ocurre que no se puede encontrar una sola tarea que por sí misma reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo tolerable. En este punto, podría ser apropiado buscar una combinación de tareas. La mayor desventaja de la combinación de tareas es que es inevitablemente más costosa que las tareas solas.

- Operar hasta fallar

Se utiliza si la ocurrencia del modo de falla es menos costosa que el mantenimiento. Esto no aplica para fallas con consecuencias en la seguridad y medio ambiente.

- Cambio de especificaciones

Los diagramas de decisión para RCM consideran el mantenimiento antes de los cambios de especificaciones por razones de tiempo y costo. Sin embargo, en casos donde los costos de permitir que ocurra el modo de falla se consideran aún muy excesivos, y no se encuentra una tarea de mantenimiento adecuada, entonces la única opción es implementar un cambio de especificaciones.

## 5. Desarrollo del trabajo

### 5.1. Descripción de la planta y alcance

Una vez comprendida la problemática de la planta, se realizaron numerosas visitas para el reconocimiento de equipos y se sostuvieron reuniones con el equipo del Departamento de Mantenimiento y con los principales proveedores de cintas transportadoras y sus repuestos. En esta etapa se propone utilizar la división de las áreas de proceso productivo nombradas anteriormente como un primer criterio para agrupar las cintas. Además, en base a las reuniones sostenidas con la jefatura, se decidió dejar fuera de alcance las áreas de Lavado, Frigorífico y Túneles por razones internas de la empresa. Por otro lado, debido a mantenciones subcontratas donde no se permite modificar ciertos equipos por contrato, se decide dejar fuera de alcance las balanzas dinámicas.

Existe un total de 89 cintas consideradas en el alcance, repartidas en 4 áreas de proceso: Área Clasificado y Calibrado, Área Filete, Área Valor Agregado y Área Empaque. La Figura 14 muestra parte del área de Valor Agregado con algunas de las cintas transportadoras utilizadas. En las Figuras 15, 16, 17 y 18 se muestra la ubicación de los equipos considerados y en el Anexo 1 se puede consultar una lista detallada de estos.



**Figura 14: Vista parcial del área de Valor Agregado, en la planta.**

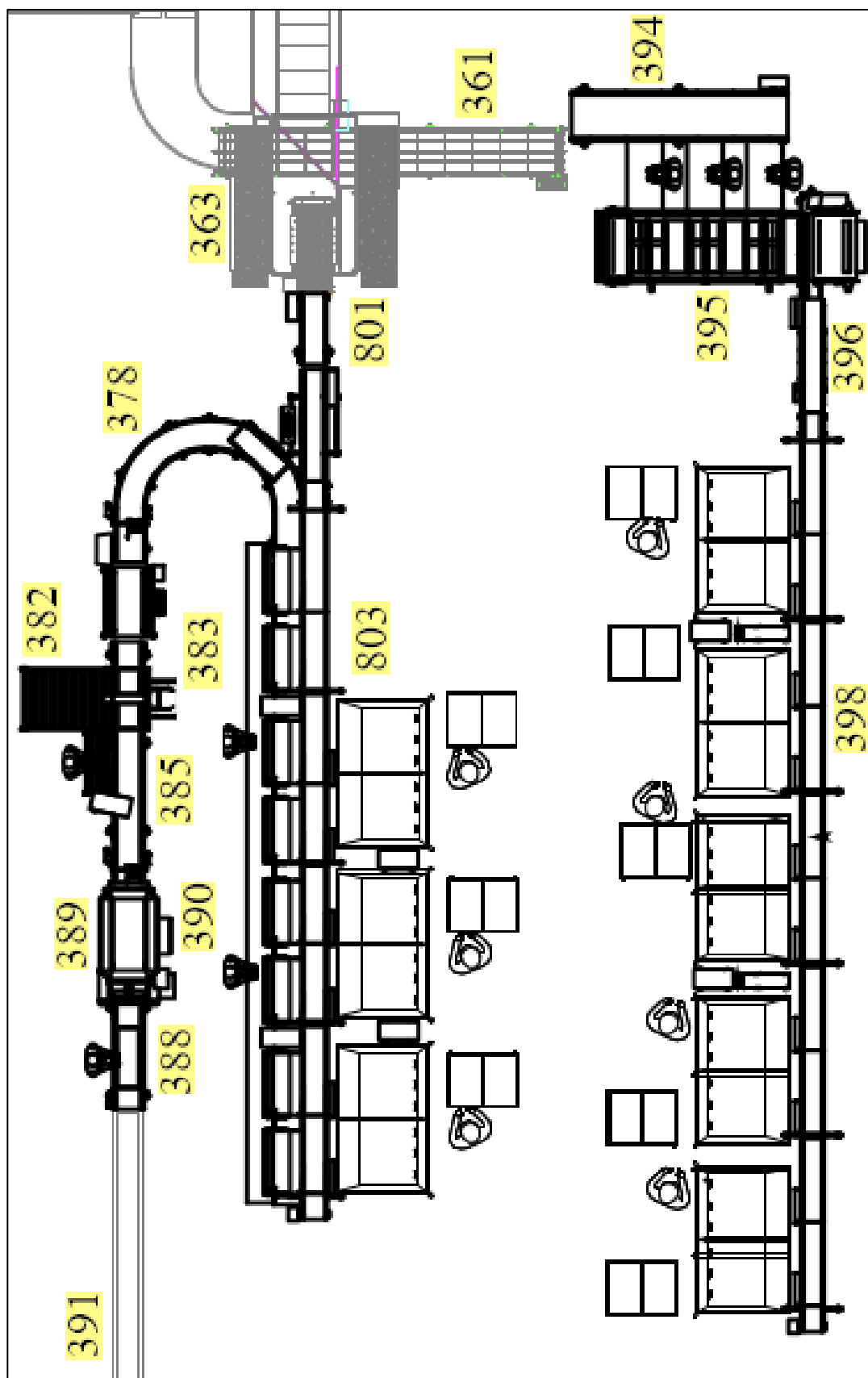


Figura 15: Ubicación cintas área Calibrado según número de activo fijo.

Las cintas que aparecen en la Figura 15 pertenecen al área Calibrado y según número de AF son:

#### Línea 1

363: Cinta clasificado  
801: Cinta aceleración  
803: Cinta calibrado  
378: Cinta curva  
382: Cinta polines  
383: Cinta polines

#### Línea 2

385: Control Peso c/cinta  
388: Cinta Hopper hielo  
389: Cinta cuello cisne  
390: Cinta dosificador hielo  
391: Cinta salida Hopper  
361: Cinta transversal  
394: Cinta alimentación *quality*  
395: Cinta *quality* calibrado  
396: Cinta aceleradora  
398: Cinta calibrado 10 salidas

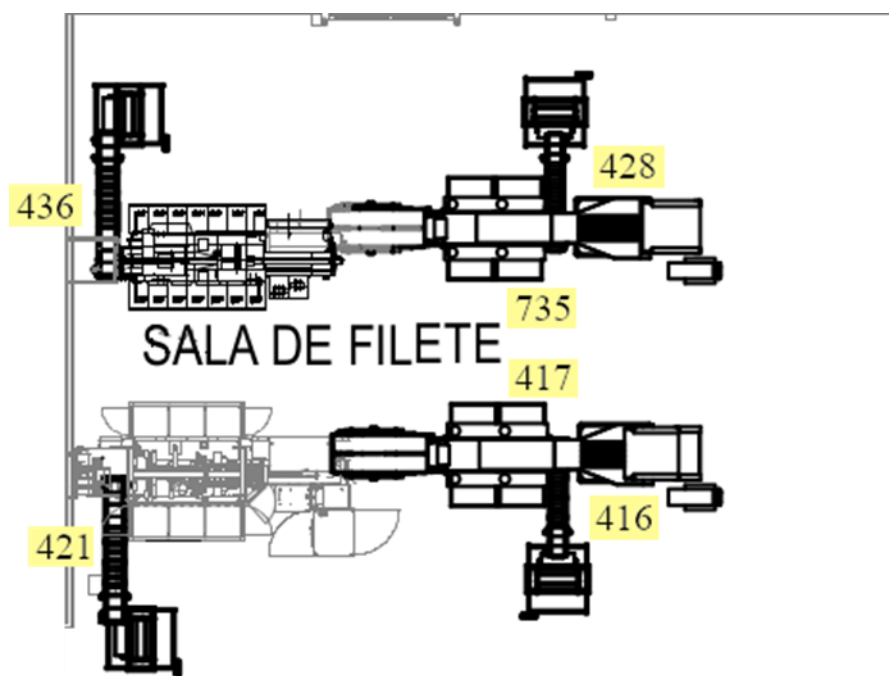


**Figura 16: Ubicación cintas área Filete según número de Activo Fijo.**

Las cintas del área Filete que se muestran en la Figura 16 son:

#### Línea 1

416: Cinta cabezas cuello cisne  
417: Mesón descabezado c/cinta  
421: Cinta esquelones cuello cisne

#### Línea 2

428: Cinta cabezas cuello cisne  
735: Mesón descabezado c/cinta  
436: Cinta esquelones cuello cisne

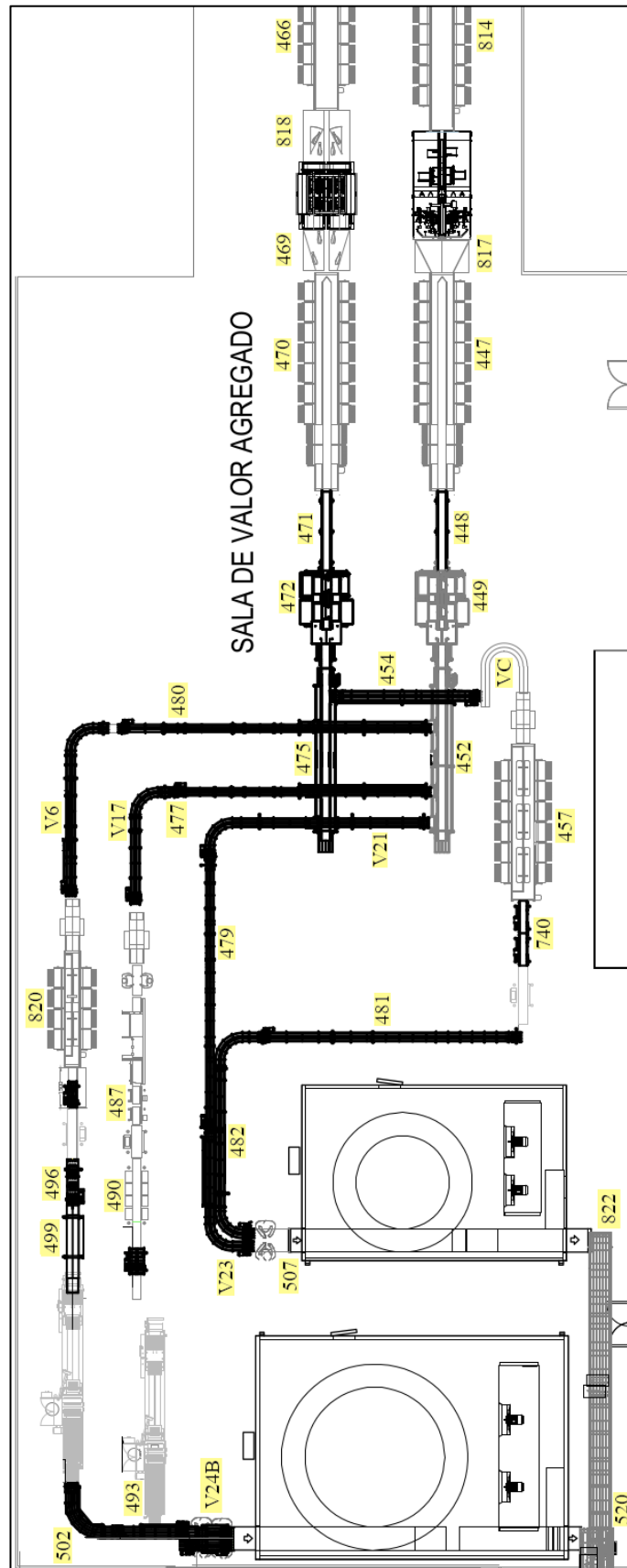


**Figura 17: Ubicación cintas Valor Agregado según número de activo fijo.**

Las cintas transportadoras mostradas en la Figura 17 son:

**Línea 1**

814: Cinta recortes  
817: Cinta salida despinado  
447: Cinta despinado  
448: Cinta elevación  
449: Cinta *quality*  
452: Cinta calibradora

**Línea 2**

466: Cinta recortes  
818: Cinta acomodadora filetes  
469: Cinta salida despinado  
470: Cinta despinado  
471: Cinta elevación a *quality*  
472: Cinta *quality*  
475: Cinta *grader* calibrado  
V21: Cinta salida filete  
479: Cinta salida filete  
V23: Cinta salida filete

**Línea IVP**

480: Cinta salida filete  
V6: Cinta transportadora  
820: Cinta corte bordes  
496: Cinta transportadora  
499: Cinta transportadora  
502: Cinta hacia túnel

**Línea Trim E**

454: Cinta transversal a Despielado  
VC: Cinta curva  
457: Cinta clasificado *trim* E  
740: Cinta transportadora  
481: Cinta salida filete  
482: Cinta con curva  
507: Cinta entrada túnel fresco  
481: Cinta salida filete  
482: Cinta con curva  
507: Cinta entrada túnel fresco  
822: Cinta salida túnel fresco

**Línea Porciones**

477: Cinta salida filete  
V17: Cinta salida filete  
487: Cinta aceleradora  
490: Cinta *grader* porciones  
493: Cinta salida R245  
V24B: Cinta entrada túnel congelado  
520: Cinta salida túnel congelado

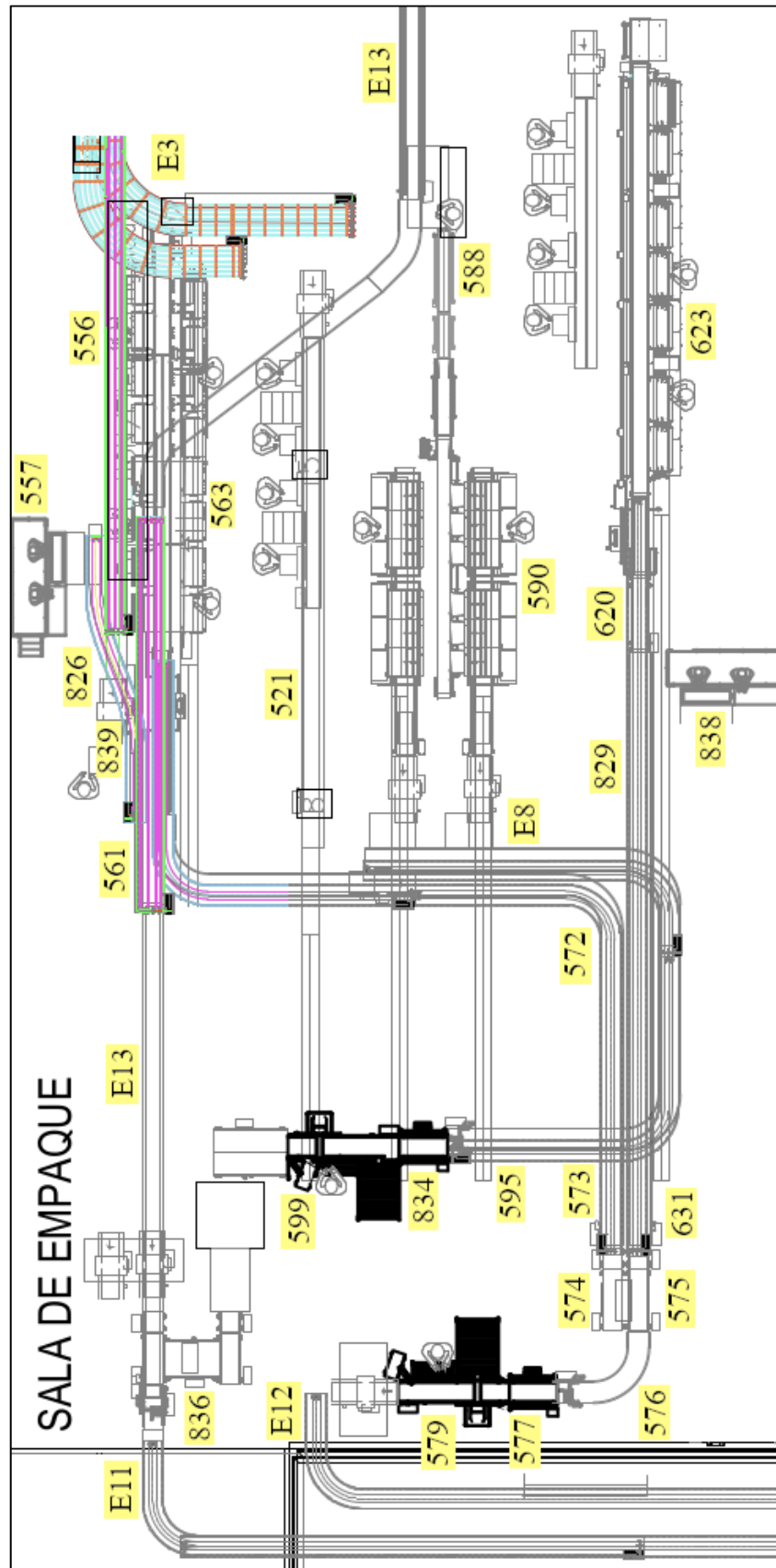


Figura 18: Ubicación cintas área Empaque según número de activo fijo.

Las cintas transportadoras mostradas en la Figura 18 son:

**Línea 1**

521: Cinta bajada túnel congelado  
556: Cinta bajada túnel congelado  
557: Glaseador  
826: Cinta salida embolsado  
561: Cinta aceleradora  
563: *Grader 2*  
839: Cinta salida *grader 2*  
572: Cinta transportadora  
573: Cinta transportadora  
574: Cinta transportadora  
576: Cinta transportadora  
577: Puesto control c/cinta  
579: Cinta c/polín  
E12: Cinta a frigorífico

**Línea Entero Fresco**

E13 Cinta aérea fresco entero

**Línea 2**

838: Glaseador  
620: Cinta aceleradora  
623: *Grader 3*  
829: Cinta transportadora  
631: Cinta transportadora  
575: Cinta transportadora  
E11: Cinta a frigorífico

**Línea 3**

E3: Cinta salida túnel fresco  
588: Cinta aceleradora  
590: *Grader 1*  
E8: Cinta transportadora  
595: Cinta bajada  
834: Cinta transportadora  
599: Cinta transportadora

Se muestran algunos ejemplos de las cintas de área de Empaque en la Figura 19.



**Figura 19: Ejemplos cintas en el área Empaque.**

## 5.2. Análisis de criticidad

Luego de conocer las áreas de producción de la planta y cada uno de los equipos que componen el alcance se llevó a cabo el análisis de criticidad. Para ello se procedió a recopilar datos de falla de la planta de proceso entregados diariamente por el Departamento de Gestión de Procesos, quienes registran todo evento que genere algún tiempo muerto en la producción. La planta define tiempo muerto como la no operatividad de equipos u operarios debido a razones no programadas. Esto puede deberse a falta de materia prima, cortes de energía externos, higiene deficiente, entre muchos otros. En lo que respecta a este trabajo, interesan las horas de tiempo muerto debidas a fallas de cintas transportadoras. Estos datos fueron contrastados con los informes de turno que registra el Departamento de Mantenimiento con el fin de asegurar una correcta identificación de equipos, causas de fallas y tiempos de detención.

Es importante mencionar que, si bien cada equipo tiene una serie de posibles fallas funcionales, en este apartado se considera solo la falla total, esto es que el activo deje de operar.

El período de evaluación comprende 18 meses, desde el 1 de Marzo de 2017 hasta el 31 de Agosto de 2018. Este historial de detenciones no programadas debido a fallas de cintas transportadoras se encuentra detallado en el Anexo 2 y llama la atención la ausencia de datos en el área Filete y una cantidad despreciable en área Calibrado, siendo las áreas de Valor Agregado y Empaque las que se llevan el 99,9% del total, como se muestra en la Figura 20.

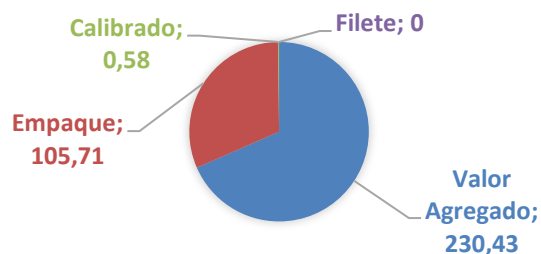


**Figura 20: Horas totales de detención según área productiva desde 1/32017 a 31/8/2018.**

Por lo anterior, se decide ajustar el análisis de criticidad a las áreas de Valor Agregado y Empaque, las cuales contienen 67 cintas transportadoras de las cuales 47 registraron al menos una detención durante los meses considerados.

Con estos datos como base, más la experiencia de trabajadores y encargados, se generó la matriz de criticidad basada en el método de frecuencia por consecuencia presentado en el marco teórico. Debido a las restricciones que subyacen a este trabajo de título se determinó en conjunto con el equipo del Departamento de Mantenimiento, trabajar con 2 equipos críticos, uno de cada área productiva. A continuación, se detalla el procedimiento seguido para seleccionar dichos equipos.

### 5.2.1. Ponderaciones

Las ponderaciones definidas para el análisis son las siguientes:

a) Frecuencia de falla (FF)

La ponderación se realizó en base a los valores obtenidos de la cantidad de fallas producidas por equipo, durante el período de evaluación y se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5: Ponderación frecuencia de fallas (FF)**

| <b>Frecuencia de Fallas (FF)</b> | <b>Valor</b> |
|----------------------------------|--------------|
| Menos de 5                       | 2            |
| Entre 5 y 9                      | 4            |
| Entre 10 y 15                    | 6            |
| Más de 15                        | 8            |

b) Tiempo de reparación (TR)

TR es el promedio del tiempo empleado en reparar las fallas del, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que está disponible para cumplirla nuevamente. La ponderación del TR se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6: Ponderación tiempo de reparación (TR).**

| <b>Tiempo de reparación [h]</b> | <b>Valor</b> |
|---------------------------------|--------------|
| Menor a 5                       | 1            |
| Entre 5 y 10                    | 2            |
| Entre 11 y 20                   | 3            |
| Mayor a 20                      | 4            |

c) Impacto en la producción (IP)

IP define la disminución de la producción como consecuencia de la ocurrencia de la falla. La ponderación del IP fue evaluada con la ayuda del equipo de Producción entendiendo la prioridad que representa para ellos la continuidad operacional y se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7: Ponderación impacto en la producción IP.**

| <b>Impacto en la producción</b>            | <b>Valor</b> |
|--------------------------------------------|--------------|
| Afecta mínimamente la producción           | 1            |
| Existe contención provisoria               | 2            |
| Disminuye significativamente la producción | 3            |
| Paro total de línea productiva             | 4            |

d) Impacto en la seguridad y salud de las personas (SS)

El SS registra la ocurrencia de eventos donde una o varias personas pueden resultar lesionadas entendiendo la seguridad del personal como una de las principales prioridades de la planta, para este indicador se contó con la colaboración del personal de salud ocupacional de la empresa. La ocurrencia de estos eventos puede deberse a la falla misma (implicancia directa) o a eventos derivados de esta (implicancia indirecta). La ponderación de SS se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8: Ponderación de impacto en la seguridad y salud (SS).**

| Impacto en la seguridad y salud          | Valor |
|------------------------------------------|-------|
| Sin impacto                              | 1     |
| Lesiones que requieren primeros auxilios | 2     |
| Incapacidad parcial o heridas severas    | 3     |
| Muerte o capacidad permanente            | 4     |

### 5.2.2. Jerarquía equipos

Una vez establecidos los valores de los criterios de evaluación para cada equipo se calculó el IC según la fórmula de frecuencia por consecuencia presentada en el marco teórico. La tabla que detalla todos los valores y resultados se encuentra en Anexo 3. Los resultados fueron clasificados en la matriz de criticidad tal como se muestra en la Figura 21.

|              |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Frecuencia   | 8 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 | 80 | 88 | 96 |
|              | 6 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 | 60 | 66 | 72 |
|              | 4 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 |
|              | 2 | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 |
|              |   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Consecuencia |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

|     |                  |                                     |
|-----|------------------|-------------------------------------|
| (B) | Baja criticidad  | $6 \leq \text{Criticidad} \leq 20$  |
| (M) | Media criticidad | $22 \leq \text{Criticidad} \leq 42$ |
| (A) | Alta criticidad  | $44 \leq \text{Criticidad} \leq 96$ |

**Figura 21: Matriz de criticidad.**

Como se mencionó anteriormente, se ha decidido trabajar con los equipos más críticos de cada área, los cuales son: Mesón de recortes (AF466) de área Valor agregado y Cinta de transporte de cajas línea fresco entero (AFE13) de área Empaque.

### **5.3. Análisis de modos y efectos de fallas**

Determinados los equipos críticos se realizó el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) basado en las normas SAE JA 1011 y SAE JA 1012 identificando metódicamente el contexto operativo, las funciones primarias y secundarias, las fallas funcionales, los modos de falla, sus efectos y consecuencias. Este análisis se realiza por separado para cada equipo y es fundamental para determinar las estrategias de mantenimiento y reingeniería de componentes.

#### **5.3.1. AMEF para cinta recortes AF466**

##### **a) Contexto operacional**

El contexto operacional responde a las interrogantes que surgen sobre la utilización en una operación normal del sistema en evaluación, el cual en un turno productivo normal opera bajo las siguientes características:

##### **¿Cómo es utilizado el equipo?**

- Tipo de proceso: Intermitente para carga unitaria (por lotes).
- Intensidad de operaciones: Turnos productivos de 8 horas, 2 veces al día, 6 días a la semana.

##### **¿Dónde es utilizado?**

- En área de Valor Agregado al interior de planta, al inicio de línea n°2.
- Temperatura de operación promedio 9°C todo el año.

##### **Estándares de desempeño requerido.**

- Se espera que opere a 10 m/min, transportado entre 960 a 1200 [piezas/hora], de filetes de salmón entre 2,5 y 1,5 kg cada uno.
- Sus componentes en contacto directo con el alimento no deben provocar una modificación inaceptable de la composición de los alimentos.

## Criterios de respaldo

- Redundancia: No existe capacidad redundante ni en *stand by* frente a una falla total.
- Política de repuestos indica que se debe esperar a la falla o cambiar frente al desgaste dependiendo del componente. Para ello se realizan inspecciones visuales semanales según la pauta mostrada en Anexo 4.
- Se mantienen algunos repuestos en bodega para atender fallas imprevistas de la cinta.

### b) Descripción del equipo y subsistemas

En la Figura 22 se ilustra la cinta de recortes utilizada en la industria de salmónidos, este equipo recibe filetes que avanzan por la banda hasta que son arrastrados por los operarios hacia las placas sanitarias (placas rectangulares blancas de la Figura 22). ubicadas en los laterales del equipo. Los trabajadores realizan cortes al filete hasta alcanzar el *trim* requerido, luego devuelven el filete a la cinta superior para continuar a la siguiente etapa del proceso. El producto sobrante de los recortes es descargado a la cinta inferior, la cual transporta los desechos hacia una tolva de succión.

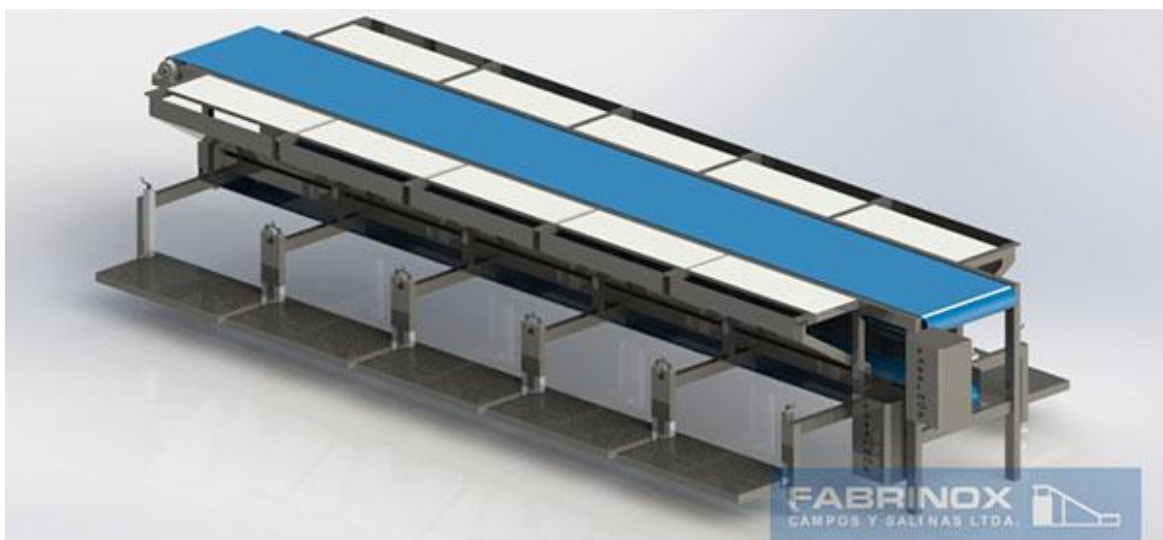


**Figura 22: Cinta de recortes [24].**

En la Tabla 9 se muestran los principales subsistemas y componentes que forman el sistema cinta de recortes.

**Tabla 9: Componentes cinta de recortes AF466.**

| <b>Código</b> | <b>Nivel 1 Sistema</b>     | <b>Código</b> | <b>Nivel 2 Sub-Sistema</b> | <b>Código</b> | <b>Nivel 3 Componente</b>      |
|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|--------------------------------|
| CR            | AF466<br>Cinta de recortes | BA            | Bastidor                   | 01            | Estructura principal soporte   |
|               |                            |               |                            | 02            | Placas sanitarias para recorte |
|               |                            |               |                            | 03            | Pisaderas acero inoxidable     |
|               |                            | CS            | Cinta Superior             | 01            | Banda superior                 |
|               |                            |               |                            | 02            | Eje motriz                     |
|               |                            |               |                            | 03            | Engranaje motriz               |
|               |                            |               |                            | 04            | Moto-reductor                  |
|               |                            |               |                            | 05            | Soporte recorrido de ida       |
|               |                            |               |                            | 06            | Limitador de posición          |
|               |                            |               |                            | 07            | Bloque de contención lateral   |
|               |                            |               |                            | 08            | Engranaje conducido            |
|               |                            |               |                            | 09            | Eje conducido                  |
|               |                            |               |                            | 10            | Cojinetes                      |
|               |                            |               |                            | 11            | Rodillos de retorno            |
|               |                            |               |                            | 12            | Ruedas soporte eje conducido   |
|               |                            | CI            | Cinta inferior             | 01            | Banda inferior                 |
|               |                            |               |                            | 02            | Eje motriz                     |
|               |                            |               |                            | 03            | Engranaje motriz               |
|               |                            |               |                            | 04            | Moto-reductor                  |
|               |                            |               |                            | 05            | Soporte recorrido de ida       |
|               |                            |               |                            | 06            | Limitador de posición          |
|               |                            |               |                            | 07            | Bloque de contención lateral   |
|               |                            |               |                            | 08            | Engranaje conducido            |
|               |                            |               |                            | 09            | Eje conducido                  |
|               |                            |               |                            | 10            | Cojinetes                      |
|               |                            |               |                            | 11            | Rodillos de retorno            |
|               |                            |               |                            | 12            | Ruedas soporte eje conducido   |
|               |                            | VF            | Variador de frecuencia     |               |                                |
|               |                            | PE            | Parada de emergencia       |               |                                |

c) Funciones del sistema

Se describen las funciones principales y secundarias del sistema en su contexto operacional, ya que el objetivo final es preservar estas funciones a estándares de desempeño aceptables [21].

Las funciones identificadas para la cinta de recortes son las numeradas a continuación donde la función numero 1 corresponde a la función principal y el resto a las secundarias:

- 1) Transportar 1200 piezas/hora de filetes de salmón a 10 m/min por una distancia de 6 metros.
- 2) Permitir un transporte que no dañe al material transportado.
- 3) Proveer una estructura firme que permita a personal de producción realizar cortes de *trim* en laterales de la estructura.
- 4) Evacuar desechos generados por recortes de producto.
- 5) Contar con parada de emergencia.

Cabe destacar que solo se consideraron las funciones relacionadas con el equipo, dejando fuera las relacionadas con el desempeño del personal que realiza cortes a los filetes de salmón entendiendo que su desempeño compete al área de producción y no a mantención.

d) AMEF

Habiendo definido lo anterior se procede a realizar el AMEF propiamente tal utilizando la herramienta mostrada en el marco teórico cuyo desarrollo para la cinta AF466 se encuentra en el Anexo 5. Para este equipo, un NPR menor a 80 se considera riesgo normal y NPR mayor o igual a 80 se considera de alto riesgo para el funcionamiento del sistema en cuyo caso se requiere de cambios en el diseño.

### 5.3.2. AMEF para cinta aérea fresco entero AFE13

#### a) Contexto operacional

El contexto operacional del activo AFE13, cinta transporte de cajas entero fresco, se describe de la siguiente manera:

#### **¿Cómo es utilizado el equipo?**

- Tipo de proceso: Intermitente para carga unitaria (por lotes).
- Intensidad de operaciones: Turnos productivos de 8 horas, 2 veces al día, 6 días a la semana.

#### **¿Dónde es utilizado?**

- En sala de Empaque al interior de planta de proceso de salmónidos con temperatura promedio de 9°C todo el año.
- Ubicado al final de línea de Calibrado.

#### **Estándares de desempeño requerido**

- Se espera que transporte 150 cajas/hora de poliestireno expandido de 37 kg y medidas 42x26x89 cm. Estas contienen salmónes enteros frescos (que no han pasado por túneles de congelación).
- El transporte debe ser lo suficientemente suave para evitar golpes al producto.

#### **Criterios de respaldo**

- Redundancia: Frente a falla total, se procede al transporte de cajas vía transpaletas.
- Política de repuestos: indica que se debe esperar a la falla o cambiar frente al desgaste dependiendo del componente.
- Política de repuestos: indica que se debe esperar a la falla o cambiar frente al desgaste dependiendo del componente. Para ello se realizan inspecciones visuales semanales según pauta mostrada en Anexo 4.

b) Descripción de equipo y subsistemas.

Este equipo es el encargado de transportar por una distancia de 13 metros, 150 cajas/hora de poliestireno expandido desde los mesones de embolsado del área calibrado hasta el equipo de enzunchado que se encuentra en área empaque. Está constituido por 4 secciones de cintas transportadoras, cada una con su respectiva banda y moto reductor, sin embargo, en base a los resultados del historial de detenciones realizado, se encontró que la totalidad de las fallas de este equipo se presentan en la primera sección, por lo que de aquí en adelante se enfocará el trabajo a dicho tramo enunciándolo como “Cinta elevación AFE13”. Por temas de espacio no posible ver el tramo completo, por eso en la Figura 23 se muestra una representación de su geometría para una mejor comprensión.

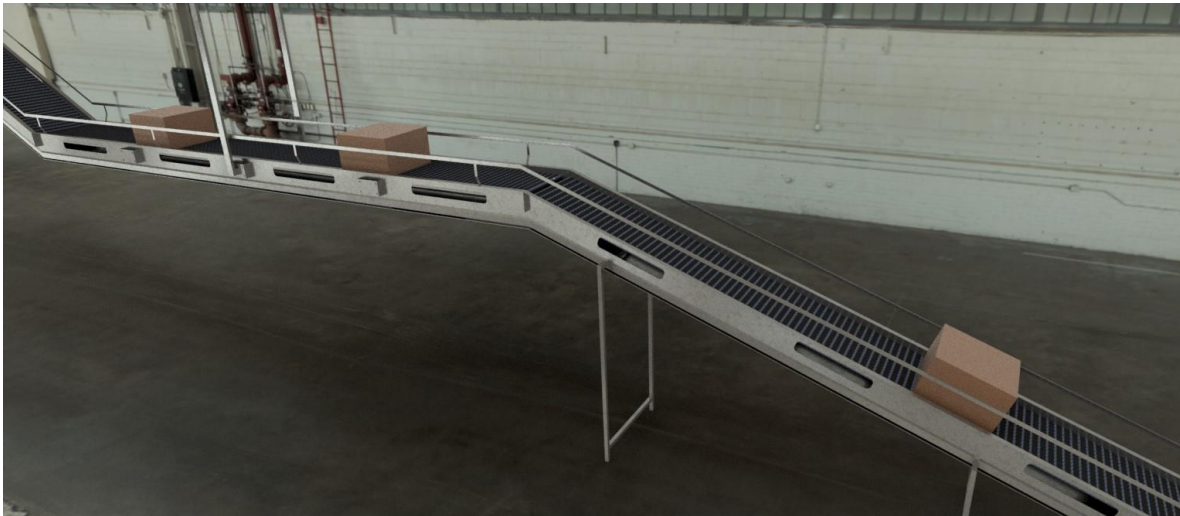


**Figura 23: Representación cinta elevación AFE13, sin la pared divisoria existente en la planta.**

La Figura 24 muestra la sección visible de la cinta, la cual corresponde a una sección horizontal con cambios de pendiente.



**Figura 24: Cinta elevación AFE13.**

Los principales subsistemas y componentes de la cinta elevación AFE13 se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10: Componentes cinta elevación AFE13.**

| Código | Nivel 1<br>Sistema                                               | Código | Nivel 2<br>Sub Sistema | Código | Nivel 3<br>Componente        |
|--------|------------------------------------------------------------------|--------|------------------------|--------|------------------------------|
| CA     | Cinta elevación. Primer tramo de Cinta aérea fresco entero AFE13 | BA     | Bastidor               | 01     | Estructura principal soporte |
|        |                                                                  |        |                        | 02     | Guías de apoyo para cajas    |
|        |                                                                  | CE     | Cinta Elevación        | 01     | Banda modular                |
|        |                                                                  |        |                        | 02     | Eje motriz                   |
|        |                                                                  |        |                        | 03     | Engranaje motriz             |
|        |                                                                  |        |                        | 04     | Moto-reductor                |
|        |                                                                  |        |                        | 05     | Soporte recorrido de ida     |
|        |                                                                  |        |                        | 06     | Eje conducido                |
|        |                                                                  |        |                        | 07     | Ruedas conducidas            |
|        |                                                                  |        |                        | 08     | Rodillos de retorno          |
|        |                                                                  |        |                        | 09     | Cojinetes                    |
|        |                                                                  |        |                        | 10     | Bloque de contención lateral |
|        |                                                                  | VR     | Variador de frecuencia |        |                              |
|        |                                                                  | PE     | Parada de emergencia   | 01     | Botonera                     |

c) Análisis funcional

Las funciones identificadas para el primer tramo de la cinta aérea fresco entero son las numeradas a continuación donde la función numero 1 corresponde a la función principal y el resto a las secundarias:

- 1) Transportar 150 cajas/hora a 10 m/min por una distancia de 13 metros en altura.
- 2) Proveer una estructura de transporte que garantice la integridad del material transportado.
- 3) Contar con protecciones para evitar caída de cajas desde altura.
- 4) Contar con parada de emergencia.

d) AMEF

El desarrollo del AMEF para la Cinta elevación AFE13 se encuentra en Anexo 6. Para este equipo, un NPR menor a 100 se considera riesgo normal y NPR mayor o igual a 100 se considera de alto riesgo para el funcionamiento del sistema en cuyo caso se requiere de cambios en el diseño.

#### 5.4. Definición de estrategias de mantenimiento

Luego del AMEF realizado a los equipos AF466 y AFE13, se tiene el siguiente resumen presentado en la Tabla 11 que recopila los resultados para cada sistema.

**Tabla 11: Resultados AMEF.**

| Sistema | Modos de falla | Modos de falla de alto riesgo |
|---------|----------------|-------------------------------|
| AF466   | 22             | 3                             |
| AFE13   | 12             | 4                             |

Las estrategias de mantenimiento fueron seleccionadas a partir del diagrama lógico de decisión de la metodología RCM presentado en el Anexo 7 y buscan incluir tareas enfocadas en minimizar la ocurrencia de modos de falla de alto riesgo o en disminuir las consecuencias que estas podrían ocasionar. Las tareas definidas para la cinta de recortes AF466 se muestran en las Tablas 12 y 13.

**Tabla 12: Tareas cinta AF466.**

| <b>Equipo: Cinta de recortes AF466</b> |                                                                                                                                                                           |                   |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Tareas basadas en condición</b>     |                                                                                                                                                                           |                   |
| <b>Cod. Tarea</b>                      | <b>Tarea</b>                                                                                                                                                              | <b>Frecuencia</b> |
| CR-CS-T111                             | Inspeccionar visualmente estado de la banda superior. Realizar cambio de sección si se encuentra con cortes mayores a 40 cm de o con agujeros de más de 10 cm de espesor. | Diaria            |
| CR-CS-T113                             | Inspeccionar visualmente estado de <i>sprockets</i> . Realizar cambio si se encuentran con desgaste excesivo, reapretar en caso de encontrarse sueltos.                   | Semanal           |
| CR-CS-T114                             | Inspeccionar estado eje.                                                                                                                                                  | Anual             |
| CR-CS-T115                             | Corroborar que montaje este correcto                                                                                                                                      | Diaria            |
| CR-CS-T116                             | Corroborar que montaje este correcto                                                                                                                                      | Diaria            |
| <b>Tareas basadas en condición</b>     |                                                                                                                                                                           |                   |
| CR-CS-T212                             | Lubricación de componentes                                                                                                                                                | Mensual           |
| CR-BA-311                              | Inspección visual                                                                                                                                                         | Quincenal         |
| CR-BA-312                              | Inspección visual                                                                                                                                                         | Quincenal         |
| CR-VF-511                              | Prueba de funcionamiento                                                                                                                                                  | Diaria            |
| CR-CI-411                              | Inspeccionar visualmente estado de la banda inferior. Realizar cambio de sección si presenta acumulación de desechos en bandeja producto de roturas en la banda.          | Diaria            |

**Tabla 13: Continuación tareas cinta AF466**

| <b>Equipo: Cinta de recortes AF466</b> |                                                                                                                                                                                  |                   |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Tareas Basadas en condición</b>     |                                                                                                                                                                                  |                   |
| <b>Cod. Tarea</b>                      | <b>Tarea</b>                                                                                                                                                                     | <b>Frecuencia</b> |
| CR-CI-413                              | Inspeccionar visualmente estado de <i>sprockets</i> . Realizar cambio si el desgaste no permite engrane entre <i>sprocket</i> y banda, reapretar en caso de encontrarse sueltos. | Semanal           |
| CR-CI-414                              | Inspeccionar estado eje.                                                                                                                                                         | Anual             |
| CR-CI-415                              | Corroborar que montaje este correcto                                                                                                                                             | Diaria            |
| CR-CI-416                              | Corroborar que montaje este correcto                                                                                                                                             | Diaria            |
| <b>Combinación de tareas</b>           |                                                                                                                                                                                  |                   |
| CR-CS-T112                             | Análisis de temperatura                                                                                                                                                          | Quincenal         |
|                                        | Análisis de aceite                                                                                                                                                               | Quincenal         |
|                                        | Medición de consumo                                                                                                                                                              | Mensual           |
|                                        | Cambio de moto reductor                                                                                                                                                          | A la falla        |
| CR-CI-412                              | Análisis de temperatura                                                                                                                                                          | Quincenal         |
|                                        | Análisis de aceite                                                                                                                                                               | Quincenal         |
|                                        | Medición de consumo                                                                                                                                                              | Mensual           |
|                                        | Cambio de moto reductor                                                                                                                                                          | A la falla        |
| <b>Rediseño</b>                        |                                                                                                                                                                                  |                   |
| CR-CS-T117                             | Recalcular potencia requerida motor                                                                                                                                              | -                 |
| CR-CS-T211                             | Cambio tipo de banda.                                                                                                                                                            | -                 |

Continuando con la cinta de elevación AFE13, las tareas definidas para este equipo se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14: Tareas cinta AFE13.**

| <b>Equipo: Cinta de elevación AFE13</b> |                                                                                                                                                 |                   |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Tareas basadas en condición</b>      |                                                                                                                                                 |                   |
| <b>Cod. Tarea</b>                       | <b>Tarea</b>                                                                                                                                    | <b>Frecuencia</b> |
| CE-TR1-T111                             | Inspeccionar visualmente estado de la banda. Realizar cambio de sección si se encuentran módulos rotos o bordes desgastados.                    | Semanal           |
| CE-TR1-T113                             | Inspeccionar visualmente estado de sprockets. Realizar cambio si se encuentran con desgaste excesivo, reapretar en caso de encontrarse sueltos. | Semanal           |
| CE-TR1-311                              | Inspección visual                                                                                                                               | Quincenal         |
| CE-BA-312                               | Inspección visual                                                                                                                               | Quincenal         |
| CE-VF-411                               | Prueba de funcionamiento                                                                                                                        | Diaria            |
| <b>Combinación de tareas</b>            |                                                                                                                                                 |                   |
| CE-TR1-T112                             | Análisis de temperatura                                                                                                                         | Quincenal         |
|                                         | Análisis de aceite                                                                                                                              | Quincenal         |
|                                         | Medición de consumo                                                                                                                             | Mensual           |
|                                         | Cambio de moto reductor                                                                                                                         | A la falla        |
| <b>Rediseño</b>                         |                                                                                                                                                 |                   |
| CE-TR1-T211                             | Proponer sistema de sujeción adecuado                                                                                                           | -                 |

Con respecto al rediseño de componentes, este tema se aborda en el punto siguiente. Se recomienda que las actividades de mantenimiento propuestas sean realizadas en las frecuencias determinadas y por el personal apropiado, para así evitar la ocurrencia de los modos de falla de alto riesgo o disminuir las consecuencias que pudieran provocar a personas, medio ambiente o producción. Con esto se asegurará el cumplimiento de las funciones principales y secundarias de los equipos, aumentando la disponibilidad de las cintas transportadoras.

## **5.5. Reingeniería de componentes**

En esta sección se describe el rediseño de componentes propuesto para los equipos AF466 y AFE13 con el fin de mejorar su desempeño al atenuar o eliminar la aparición de fallas funcionales de alto riesgo asociado. Se abordan las propuestas para cada equipo por separado dada la diferente naturaleza de cada uno.

### **5.5.1. Cambios al diseño de cinta recortes AF466**

#### **i) Banda transportadora**

En base a los resultados obtenidos en el AMEF, se determinó que el tipo de banda utilizada no es la más adecuada considerando el contexto operativo del equipo ya que el material del que está fabricada la banda (poliuretano termoplástico o TPU) no resiste los cortes de cuchillo inherentes al trabajo realizado por los operarios. Estas pequeñas cortaduras de chuchillo son la principal causa raíz de los continuos cortes de banda responsables de paradas no programadas registrados en el historial de detenciones del Anexo 2.

Si bien la aplicación requerida para la banda es solo de transporte, los cortes al salmón que se deben realizar en los laterales del equipo muchas veces derivan en cortes involuntarios a la banda cuando el operador arrastra los filetes desde ésta hacia las placas de recorte. Dichos cortes, en principio pequeños orificios, van creciendo cada vez más hasta convertirse en agujeros de varios centímetros de ancho donde fácilmente puede caer un filete de salmón, y en última instancia, estos agujeros crecen al punto de provocar el corte total de la banda, como se muestra en la Figura 25.

Para eliminar este problema se propone cambiar el tipo de banda utilizando para su elección las directrices entregadas por el Manual de ingeniería de bandas modulares de la marca Intralox [3]. Se decidió trabajar con esta marca dada la cercanía de sus proveedores con la planta de proceso, lo cual facilita la compra de repuestos y el servicio al cliente, además el

personal del Departamento de Mantenimiento se encuentra familiarizado con sus productos al contar con varias cintas transportadoras de la misma marca operando en planta.

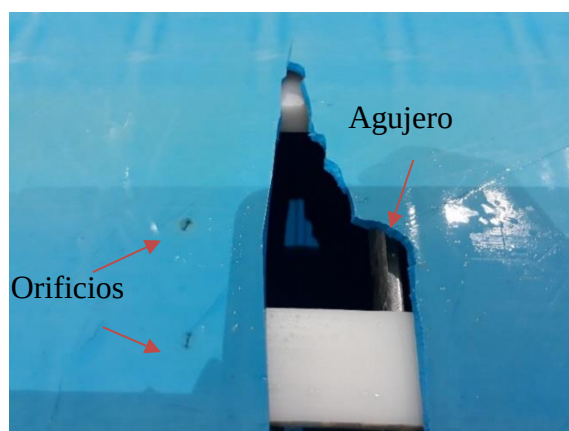


**Figura 25: Cortes de cuchillo en diferentes estados.**

Teniendo en consideración los requerimientos funcionales descritos en el apartado 5.3.1, se realiza la elección y cálculo de banda cuyo detalle se encuentra en el Anexo 8. La elección de banda a partir del catálogo de *Intralox* arrojó como resultado utilizar una banda modular de polietileno modelo *Flat Top* Serie 1800 [25], cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo 9.

ii) Motor reductor cinta superior

El sobrecalentamiento y posterior detención del moto-reductor de la cinta superior del equipo es una falla frecuente con alto número de prioridad de riesgo (NPR). Por ello se calculó la potencia requerida para la nueva banda en el Anexo 7, obteniendo que un motor de 0,55 [kW] cumpliría con la potencia requerida.

Por otro lado, para la condición actual se midió el consumo del moto-reductor y se comparó con su potencia de diseño encontrando que el moto-reductor instalado en el equipo de 0,37 [kW] está sub-dimensionado, por lo que también se recomienda utilizar un moto-reductor de 0,55 [kW] en el caso de que se mantenga la banda actual de TPU.

### 5.5.2. Cambios al diseño de cinta aérea fresco entero AFE13

El problema con este equipo, respaldado por el historial de detenciones del Anexo 2 y el AMEF del Anexo 6, tiene relación con la curva cóncava vertical ubicada al final de su tramo portante, mostrada en la Figura 26. Esta curva es de tipo cóncava ya que la cinta no tiene restricción para levantarse desde los bastidores [26].



**Figura 26: Curva vertical de cinta AF313 con equipo detenido.**

En una curva vertical cóncava el centro de curvatura yace por encima de la banda, tal como se ilustra en la Figura 27. En este caso, la fuerza de gravedad de la banda y la carga tratan de mantener a la primera sobre las guías de desgaste, pero la tensión trata de levantarla separándola de sus guías. Por supuesto que es preferible que la cinta no se despegue de las guías bajo ninguna condición, incluyendo el arranque de la cinta sin carga.

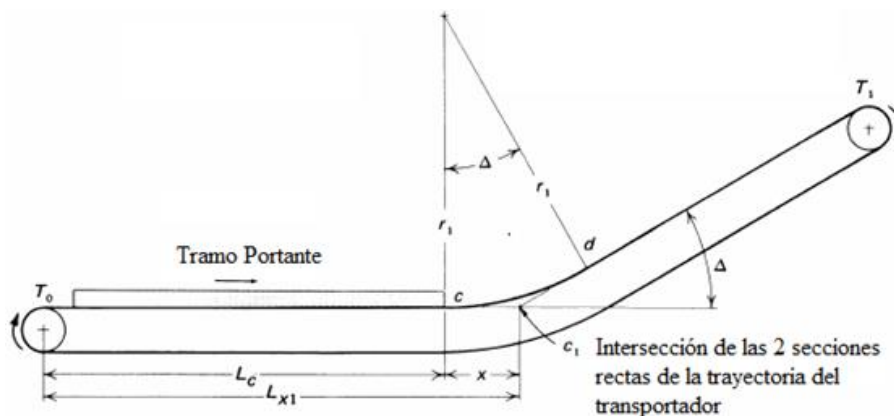


**Figura 27: Perfil de una cinta transportadora con curva cóncava vertical [26].**

Para el diseño de las curvas verticales cóncavas es buena práctica diseñarlas con un radio que permita a la cinta tomar un camino natural sobre las guías de desgaste bajo cualquier condición. En la Figura 27, se observa que la concavidad comienza en el punto c, el cual se determina al quedar definido el radio mínimo. Se puede tomar c1 como primera aproximación para calcular R1; así, mediante la Ecuación 4 [26] se determina el radio mínimo necesario para prevenir que la cinta se levante de las guías de desgaste cuando esté operando:

$$R1 = \frac{1,11 * Tc}{Wb} \quad (4)$$

Donde:

R1= Radio mínimo para prevenir el levantamiento de la cinta desde los bastidores [m]

Tc= Tensión en el punto c (ó c1) [kg]

Wb= Peso de la cinta [kg/m]

1,11= Constante basada en el máximo ángulo de elevación del transportador, de 25° según CEMA [26].

La curva vertical cóncava del equipo AFE13 es de sólo 0,02 [m] y la banda no descansa sobre sus guías de desgaste en ningún momento, ya sea que se encuentre con o sin carga unitaria, tal como se muestra en las Figuras 28 y 29.



**Figura 28: Cinta AFE13 durante operación, sin carga.**

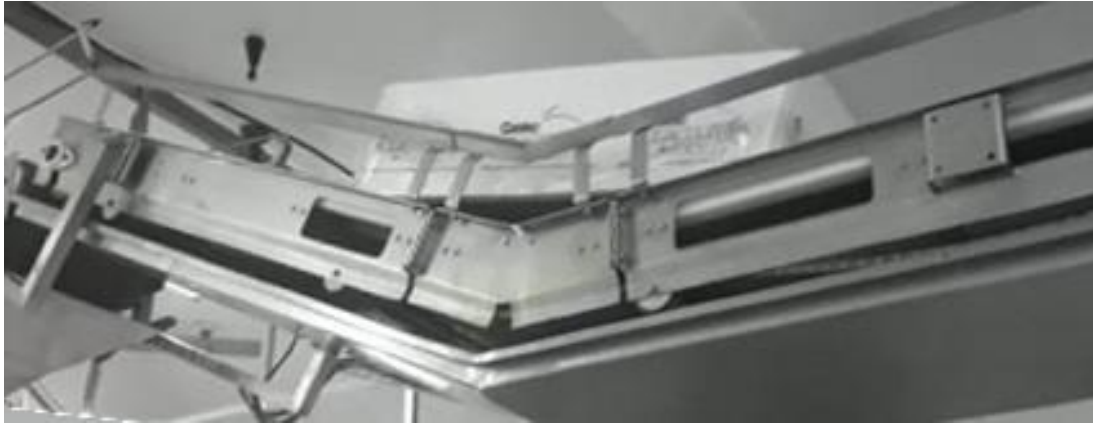


**Figura 29: Cinta AFE13 durante operación, con carga.**

Con el fin de cuantificar el error, se calculó teóricamente el radio de curvatura mínimo requerido para curva cóncava vertical de la cinta transportadora AFE13 usando la Ecuación 4. Para el cálculo de  $T_c$  se siguieron los mismos términos y ecuaciones entregadas en el Anexo 8, siendo  $T_c$  el equivalente a la tracción ajustada de la banda (ABP) en el punto c para un ancho de banda de 0,46 [m]. La Figura 30 muestra las secciones de la cinta de elevación y es importante mencionar que para el cálculo de la tensión de banda en el punto c1 solo se considera el tramo horizontal, ya que el tramo inclinado anterior no aporta tensión aguas arriba. La Tabla 15 muestra los valores utilizados en el cálculo de  $R_1$  en la Ecuación 5.

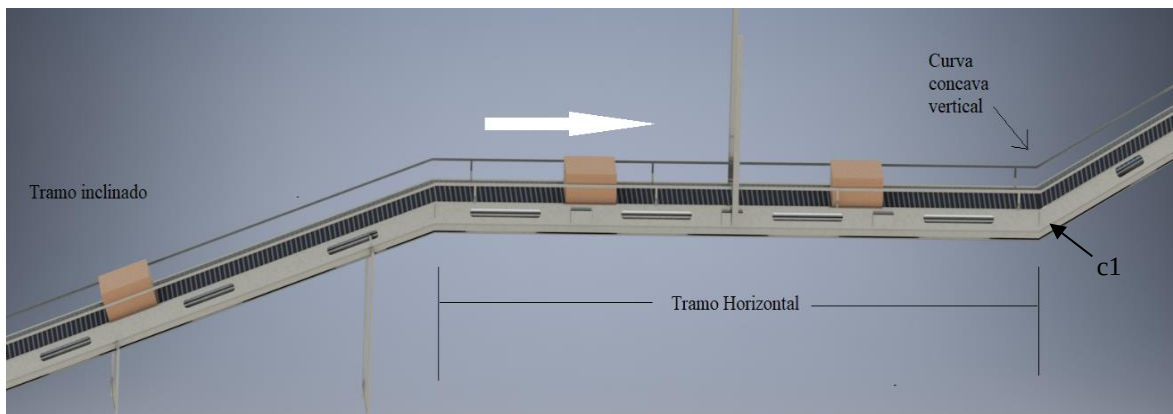


**Figura 30: Secciones cinta elevación AFE13.**

**Tabla 15: Valores para cálculo de R1.**

| Banda Intralox Flat Friction top Serie 1400 |        |                      |
|---------------------------------------------|--------|----------------------|
| Tabla valores tramo horizontal              |        |                      |
| M                                           | 102,78 | [kg/m <sup>2</sup> ] |
| W                                           | 12,79  | [kg/m <sup>2</sup> ] |
| F <sub>w</sub>                              | 0,11   | [-]                  |
| L                                           | 8      | [m]                  |
| H                                           | 0      | [m]                  |
| F <sub>p</sub>                              | 0,221  | [-]                  |
| %acum.                                      | 0,2    | [%]                  |
| M <sub>p</sub>                              | 4,5429 | [kg/m <sup>2</sup> ] |
| S <sub>f</sub>                              | 1,4    | [-]                  |
| W <sub>b</sub>                              | 102,32 | [kg/m]               |
| <b>Tc1</b>                                  | 68,678 | [kg]                 |

$$R1 = \frac{1.11 \cdot 68,678}{102,32} = 0,75 \text{ [m]} \quad (5)$$

Se tiene entonces, que el radio de curvatura mínimo recomendado para evitar el levante es de 0,75 [m] mientras que el real es de sólo 0,02 [m], evidenciando que en el momento del diseño de este equipo, o bien no se calculó, o no se tuvo en consideración este criterio.

Como referencia se sabe que cuando fue fabricada la estructura original de la cinta se instalaron topes laterales como el mostrado en la Figura 31 para retener a la banda sobre sus guías de desgaste, sin embargo, tal como se evidenció en los capítulos anteriores, estos elementos no son suficientes para evitar el levante.



**Figura 31: Topes instalados en AFE13.**

Al tratarse el problema de un error de diseño, la corrección obvia sería modificar la estructura, pero también sería la más costosa. Se propone implementar un método de sujeción para banda que evite tener que modificar la totalidad del equipo y que permita un correcto transporte de producto.

Existen en el mercado una variedad de tipos de sujeción de banda para aplicaciones de cambio de pendiente, por lo que se evaluó cada uno eligiendo el que mejor se acomoda a la aplicación requerida.

i) Guías de soporte laterales:

El primer tipo es el más común y puede encontrarse dentro de la planta en cuestión ya que existe una cinta transportadora inclinada con guías de soporte laterales fabricadas del mismo material que las guías de desgaste (Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular o UHMW), este caso se muestra en la Figura 32.



**Figura 32: Equipo con guías de sujeción laterales en sección inclinada.**

El problema con este tipo de solución es que, producto de la constante fricción, a largo plazo causa desgaste en los bordes de la banda, tal como muestra la Figura 33.



**Figura 33: Desgaste en laterales de banda.**

ii) Ruedas de sujeción:

La segunda opción encontrada, bastante simple de instalar, es utilizar ruedas de sujeción también llamadas *Hold Down Wheels*. Estos dispositivos se muestran en la Figura 34.

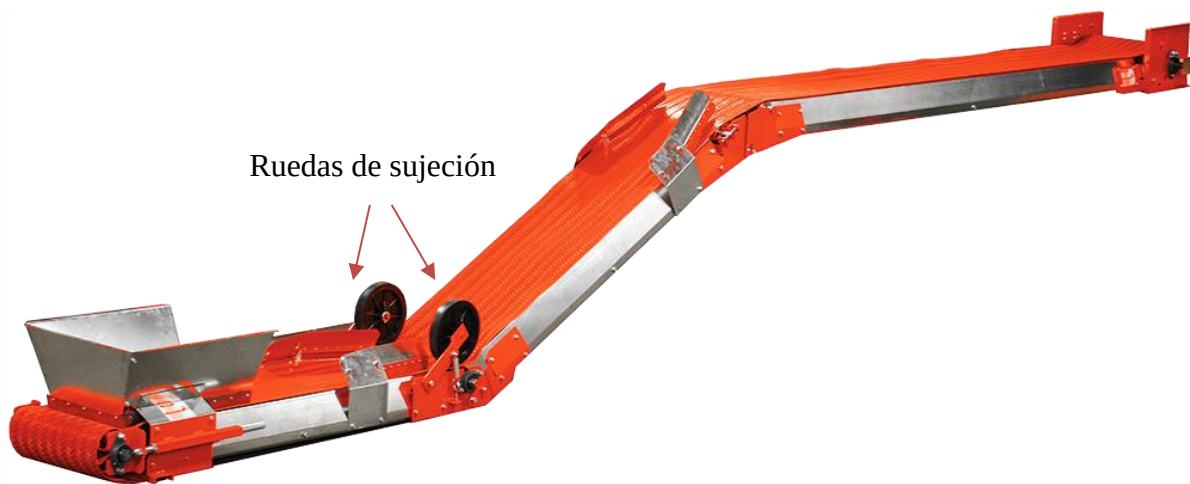


**Figura 34: Ruedas de sujeción [27].**

Este estilo de sujeción requiere un mínimo contacto para mantener a la banda en su posición dada su geometría circular, lo que reduce significativamente el desgaste en los laterales de la banda. Por otro lado, las ruedas, al ir instaladas sobre la banda disminuyen la superficie portante de la misma y para el caso evaluado el margen de espacio libre es extremadamente reducido, de 2 [cm] por lado solamente, tal como se muestra en la Figura 35.

Debido a ello resulta inviable instalar ruedas de sujeción sin que estas entorpezcan o paraliquen el transporte de cajas. La misma restricción se aplica para cualquier tipo de dispositivo que se instale por sobre la banda.

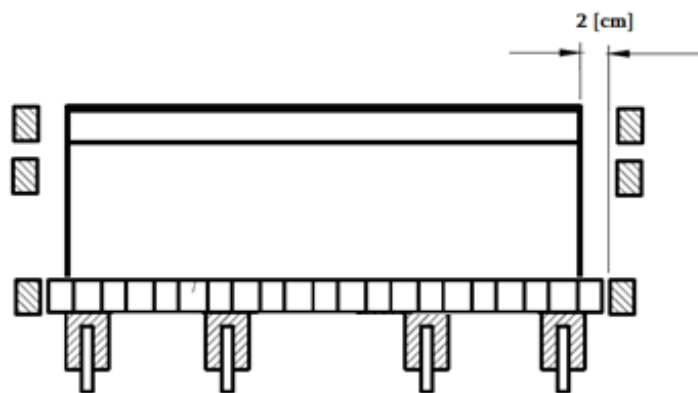


**Figura 35: Espacio libre entre caja y estructura.**

iii) Rodillos de sujeción:

Otra opción considerada fueron los rodillos de sujeción, también llamados *Hold down rollers* mostrados en la Figura 36. Estos soportes se fabrican en acetal y los rodillos en polipropileno, materiales que pueden utilizarse sin problema en la cinta AFE13 ya que su régimen de limpieza y sanitizado incluye lavados con cloro solo una vez, por lo que no es necesario que los componentes de la cinta posean alta resistencia a químicos como fue el caso de la cinta transportadora AF466.

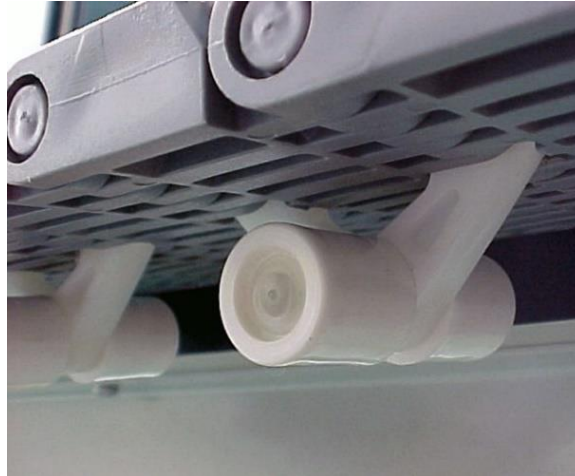


**Figura 36: Rodillos de sujeción [28]**

Los rodillos de sujeción se fijan en el lado inferior de la banda y son retenidos por las varillas de articulación que unen los módulos de la banda. Los rodillos se desplazan en carriles de acero que mantienen la posición de la banda a medida que esta inicia el ascenso por el transportador. Esta disposición se muestra esquemáticamente en la Figura 37.

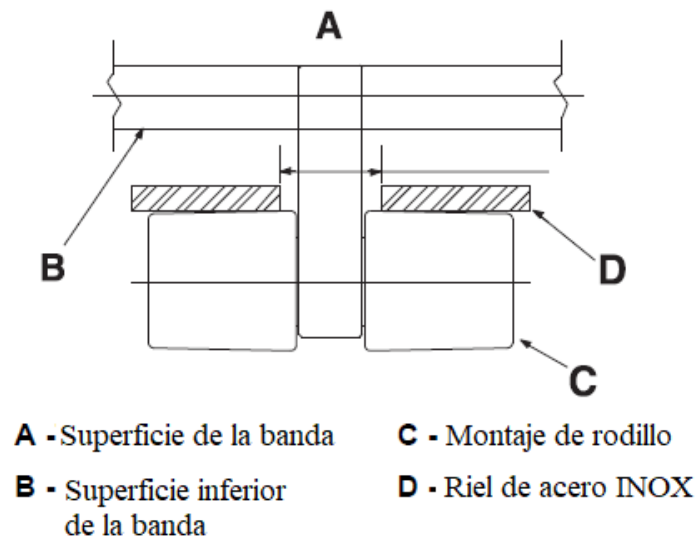


**Figura 37: Montaje rodillos de sujeción [29]**

Algunos puntos para tener en cuenta son los siguientes:

- Utilizar rodillos de sujeción no produce daños a la carga transportada a la vez que no resta espacio en la superficie portante.
- Se debe tener cuidado de que el rodillo no entre en contacto con el eje ni con los *sprockets*.
- El tipo de banda debe tener espacio libre entre sus módulos suficiente para instalar los rodillos
- Su principal uso es para retener a la banda en su base en casos donde el recorrido cambia de horizontal a inclinado.

iv) Pestañas de sujeción:

También llamadas *hold down tabs*, son una variante de los rodillos de sujeción como se muestra en la Figura 38. La diferencia es que en vez de rodillos su terminación es una simple pestaña recta.

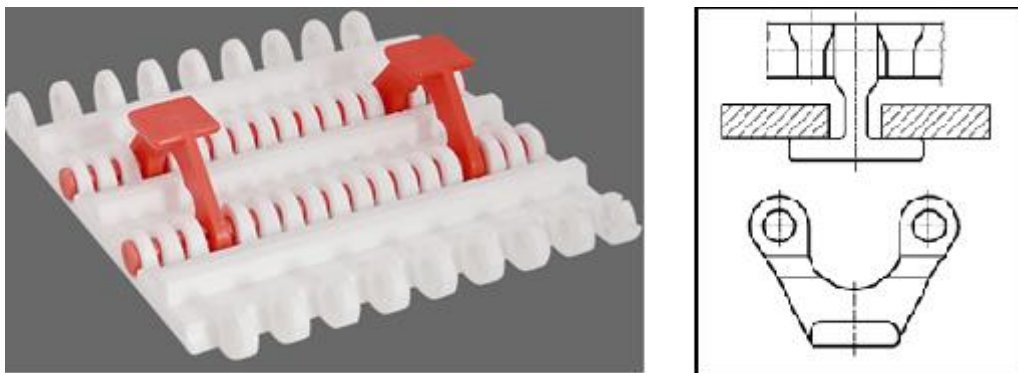


**Figura 38: Izq: Pestañas de sujeción [30]. Der: Vista pestañas de sujeción [31].**

Su montaje es el mismo que para los rodillos de sujeción por lo que también requieren de la instalación de carriles de acero, con la diferencia de que al tener un área de enganche menor permiten mayor flexibilidad con respecto a las dimensiones de *sprockets* y ejes.

La Figura 39 resume las alternativas evaluadas comparando las ventajas y desventajas de cada una.



**Figura 39: Resumen comparación de alternativas.**

De lo anterior se decide optar por los rodillos de sujeción, ya que proveen un transporte seguro de la carga unitaria sin sacrificar secciones de banda por desgaste prematuro.

Por lo tanto, fueron diseñados rodillos de sujeción especialmente para la aplicación requerida en la cinta transportadora AFE13, respetando la configuración original de las guías de desgaste tal como se muestra en la Figura 40, donde los rieles de soporte de los rodillos (en color negro) se ubican entre las guías de desgaste de la banda (en color blanco).

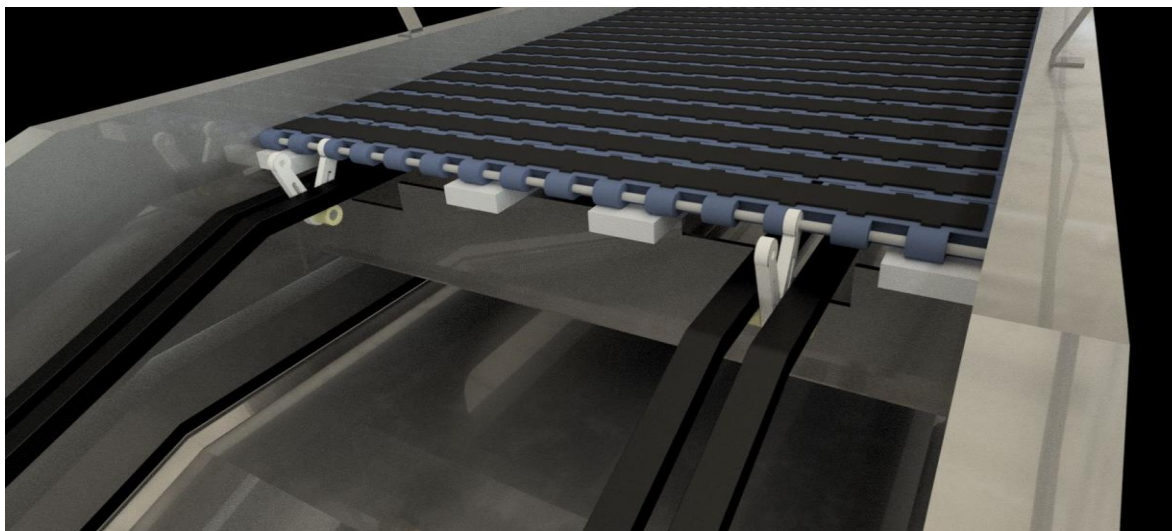


**Figura 40: Disposición rodillos de sujeción y rieles.**

La Figura 41 muestra esquemáticamente la vista lateral del ensamble en la sección donde se produce la curva vertical cóncava.

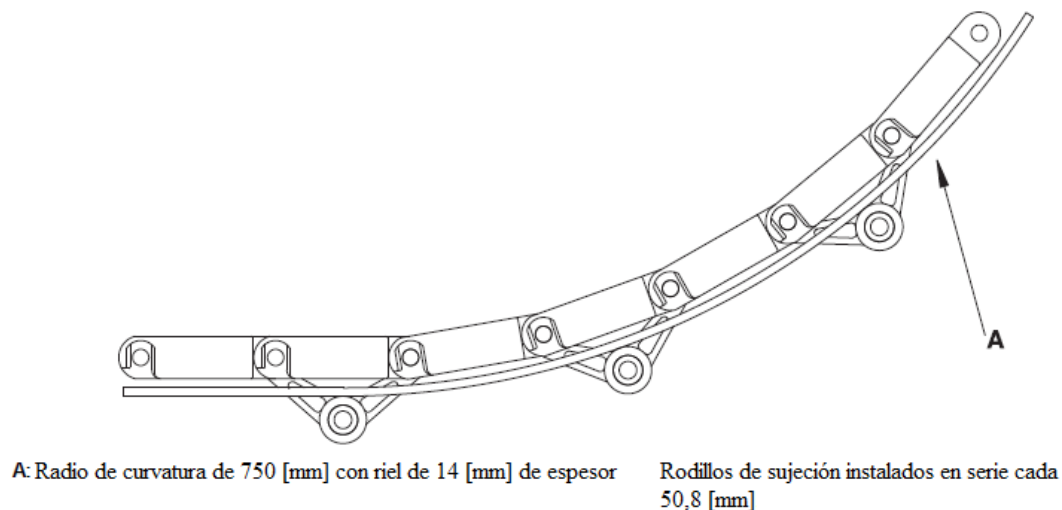


**Figura 41: Vista lateral de rodillos de sujeción.**

La Figura 42 muestra un acercamiento al rodillo de sujeción diseñado. Un plano detallado con sus medidas respectivas se encuentra en Anexo 10

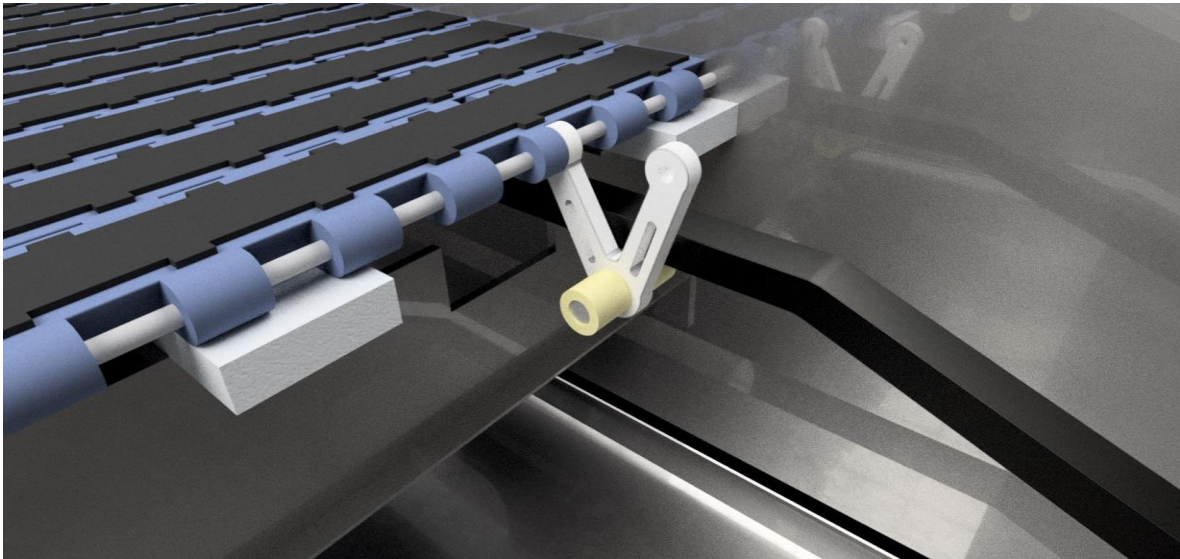


**Figura 42: Rodillo de sujeción.**

## 6. Resultados

### 6.1. Conocimiento de la planta

En esta etapa, para comprender el alcance del trabajo se elaboraron fichas con la ubicación de cada cinta transportadora según su número de activo fijo, las cuales fueron presentadas en el punto 5.1. De forma paralela, se realizaron fichas con la totalidad de los equipos de cada área de proceso de la planta, las que se convirtieron en una herramienta de localización de estos por parte del equipo electromecánico y disminuyeron los tiempos perdidos en ubicar dichos equipos, lo cuales podían ser de hasta 2 horas por turno.

### 6.2. Criticidad

Para realizar el análisis de criticidad y poder determinar los equipos críticos elegidos, se construyó un historial de detenciones que incluyó a las cintas transportadoras consideradas en el alcance con un período de evaluación de 18 meses. Este historial mostró los siguientes resultados:

- La Figura 43 muestra la distribución de horas de detención en función del período de evaluación

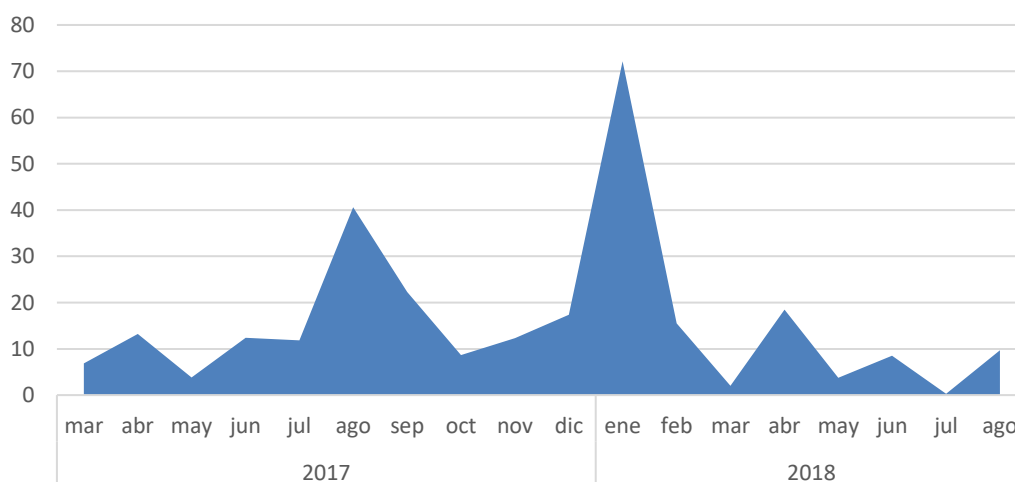


**Figura 43: Horas detención en función del período de evaluación.**

El *peak* se encuentra dentro de la temporada alta del salmón que es entre los meses de Octubre a Febrero 2018, lo cual es esperable. Se observa un comportamiento regular durante el resto de los meses, salvo en agosto donde se presentaron varias fallas motrices juntas.

- Las fallas motrices están asociadas con altos tiempos de espera de repuestos en circunstancias donde hay un motor quemado y este debe remplazarse.
- Las fallas se reparten equitativamente entre los turnos de día y noche tal como se muestra en la Figura 44, contrario a lo que se esperaba (mayor cantidad de fallas durante el turno noche).

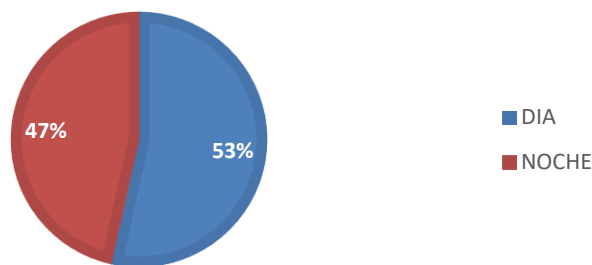


**Figura 44: Porcentaje detenciones por turno productivo.**

- De las 4 áreas productivas evaluadas, Empaque y Valor Agregado se llevan el 99,9% de las detenciones debido a fallas, esto permitió ajustar el estudio a un universo más acotado.
- En general la distribución de los equipos que presentaron detenciones asociadas a fallas en las principales áreas productivas para el periodo en evaluación es la mostrada en la Figura 45 y Figura 46.

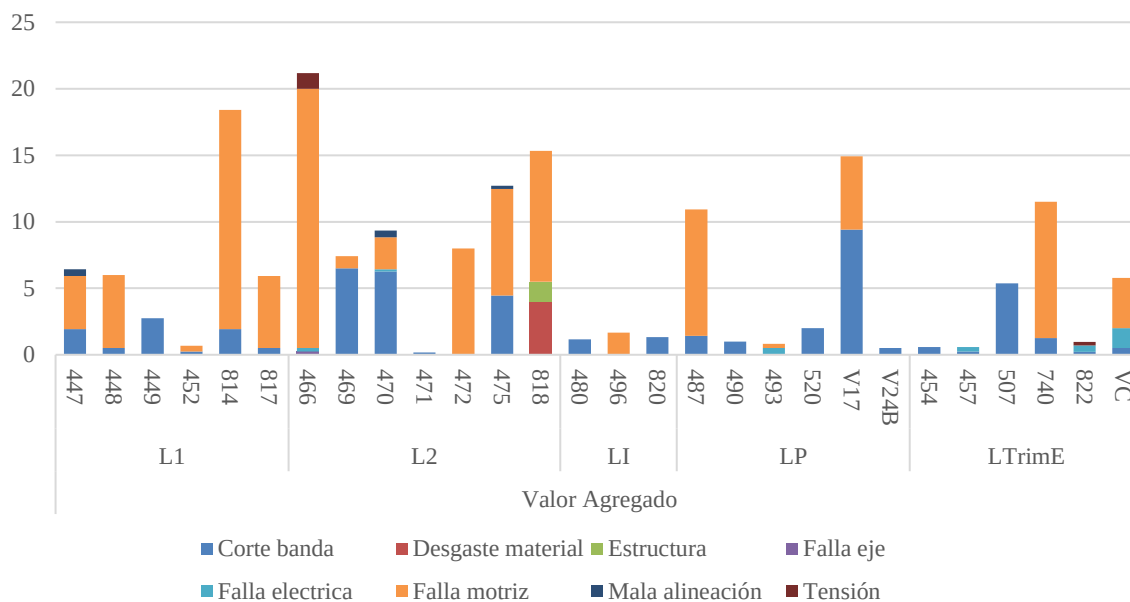


**Figura 45: Distribución de tipos de fallas por equipo en área Valor Agregado.**

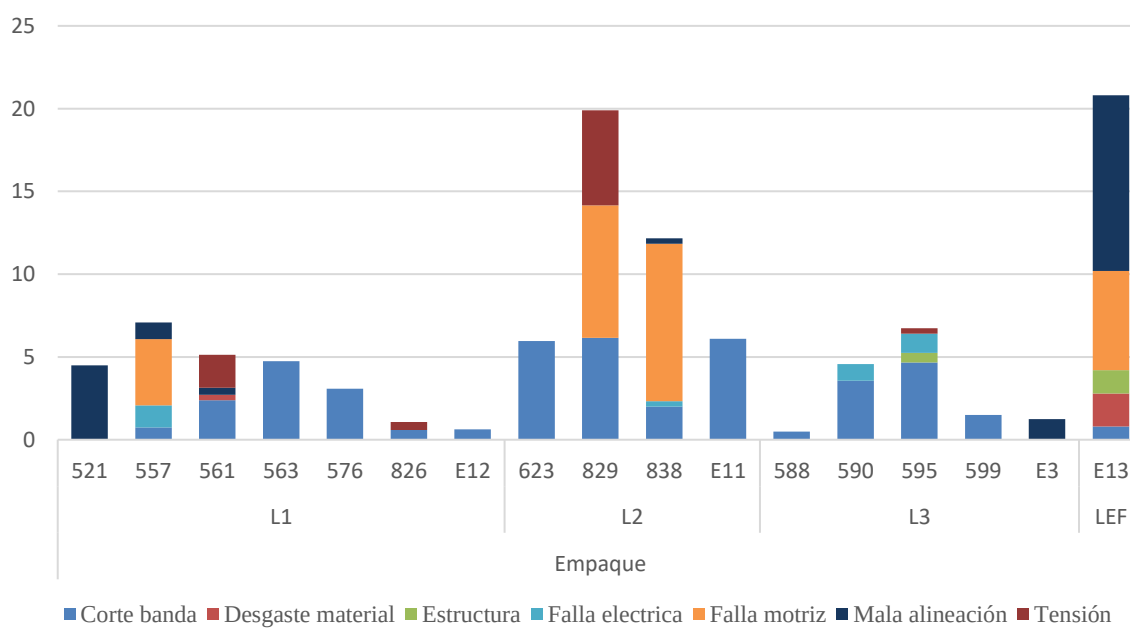


**Figura 46: Distribución de tipos de falla por equipo en área Empaque.**

- Para el área de Valor Agregado la totalidad de equipos con bandas monolíticas presentaron alguna detención durante el período en evaluación, no ocurriendo lo mismo con las de tipo modular. Esto resulta crítico considerando que este tipo de bandas son las más costosas dadas sus características de higiene e inocuidad.

Por último, esta etapa además de permitir analizar la situación de forma global, entrego a los equipos críticos elegidos AF466 de Valor Agregado y AFE13 de Empaque.

### **6.3. AMEF**

Al implementar la metodología de análisis de modos y efectos de falla (AMEF) en los equipos críticos seleccionados, se generó un catálogo de fallas para cada equipo lo cual permitió estandarizar los reportes de averías en los sistemas, garantizando que todas las fallas se describan en el mismo formato y con los elementos necesarios para realizar análisis estadísticos en el futuro que permitan optimizar la frecuencia de las tareas de mantenimiento.

Por otro lado, la identificación de los modos de falla con su respectivo número de prioridad de riesgo (NPR) junto con el diagrama lógico de decisión mostrado en el Anexo 7 permitió generar estrategias de mantenimiento pertinentes para cada sistema, logrando identificar aquellas fallas que pudieran ser tratadas mediante reingeniería de componentes.

### **6.4. Reingeniería de componentes**

El estudio de las alternativas de solución propuestas en cada caso permitió obtener los siguientes resultados:

- Para la cinta de recortes AF466 cuya falla principal está relacionada con el corte de banda debido a que el material de esta no es el adecuado para la operación que se realiza en el equipo, se propone cambiar el tipo de banda actual de TPU por una de Polipropileno marca *Intralox* serie 1800 Flat Top, cuya ficha técnica se encuentra en

el Anexo 9. El cálculo realizado para corroborar que esta banda sea adecuada para la aplicación se encuentra en el Anexo 8.

- Otra falla identificada en la cinta AF466 está relacionada con un motor subdimensionado, por lo que se propone cambiar el motor actual de 0,37 [kW] por uno de 0,55 [kW] ya sea en el caso en que se mantenga la actual banda o con la nueva propuesta.
- En el caso de la cinta aérea AFE13, su falla principal está relacionada con el fenómeno de levante que separa la banda de sus guías. Luego de analizar distintas opciones y comparar sus pros y contras, se propone implementar rodillos de sujeción diseñados especialmente para la aplicación. Estos rodillos van separados cada cuatro filas a lo largo de la banda. Su forma y dimensiones principales se muestran en el Anexo 10.

## 7. Conclusiones

El presente Trabajo de Título cumple de forma satisfactoria el objetivo principal, que consistió en realizar un análisis técnico a las cintas transportadoras utilizadas en la industria de salmónidos, mediante la implementación de metodologías de criticidad y AMEF en la planta Congelados y Conservas Fitz Roy S.A. ubicada en Calbuco.

Las actividades de mantenimiento, derivadas de este trabajo, se incorporarán al Plan de Mantenimiento 2019 de las cintas transportadoras evaluadas. La implementación de las mejoras propuestas para las cintas críticas quedan sujetas a la decisión de Subgerencia de Mantenimiento.

Las plantas de procesamiento de la industria salmonera de nuestro país necesitan contar con un equipo de técnicos y especialistas que sea capaz de evaluar las propuestas de las distintas empresas de ingeniería a cargo de proyectos de modificación o compra de equipos. Esto evitaría casos donde el equipo no es el más adecuado para la aplicación requerida, como se vio en la cinta AF466, o permitiría prever cuando un diseño presenta puntos débiles como en el caso de AFE13.

Se observó poca información bibliográfica de libre acceso disponible sobre el salmón como material transportado, en parte debido a que el mercado actual de bandas transportadoras no distingue entre transporte de carnes rojas y salmón, en condiciones donde existen diferencias no solo entre los productos mismos sino también entre los químicos utilizados y las condiciones ambientales de sus respectivas plantas de proceso. Debido a esta falta de información algunos factores utilizados en el cálculo de banda se debieron estimar, por lo que se propone para futuros trabajos caracterizar el salmón como material transportado para mejorar el desempeño de los equipos de transporte.

De forma particular, además de las mejoras propuestas a los equipos críticos se recomienda reevaluar el uso de las bandas de tipo monolítico para ciertas aplicaciones, dado su deficiente desempeño como cintas de recorte y su injustificado uso en cintas de desecho

donde no se requieren los altos estándares de limpieza e inocuidad que este tipo de banda ofrece.

Con respecto a la elevación de banda observada en la cinta AFE13, este fenómeno puede evitarse desde la fase de diseño de los equipos manteniendo al mínimo el largo de la sección horizontal y respetando el radio de curvatura mínimo requerido. Si bien hay ocasiones donde la disposición en planta existente no permite crear un recorrido ideal, en el caso estudiado no existía esta limitante y el error viene dado simplemente por un mal diseño del transportador. Por lo anterior, se recomienda considerar los criterios mencionados para la evaluación de futuros proyectos.

Se recomienda continuar generando catálogos de fallas para las cintas transportadoras de mediana criticidad, con el fin de estandarizar el reporte de la mayoría de las fallas y disponer de información confiable sobre las principales cintas transportadoras de la planta que permita en el futuro realizar análisis estadísticos para optimizar la frecuencia de las tareas de mantenimiento.

Finalmente, se espera que este trabajo sirva de pauta para futuros estudios en las distintas plantas de proceso de salmónidos, ya que esencialmente todas siguen el mismo proceso productivo, requieren los mismos equipos y presentan problemas similares.

## Bibliografía

- [1] SALMONCHILE. Exportaciones [en línea]  
<<http://www.salmonchile.cl/es/exportaciones.php>> [consulta: 24 junio 2018].
- [2] BRITISH Standards Institution (Reino Unido) Light conveyor belts. ISO 21183-1: 2006. p 12.
- [3] INTRALOX. Section three: Design Guidelines. En su: Conveyor Belting Engineering Manual. EE.UU., 2018, p 421.
- [4] RUSSET. Thermdrive Belting [en línea]  
<<http://www.russet.co.nz/products/conveyors/belting/thermdrive-belting>> [consulta: 12 Noviembre 2018].
- [5] HABASIT. Engineering Guide Plastic Modular Belt. En su: Engineering Guide Plastic Modular Belt. Switzerland, 2018, p 49.
- [6] INTRALOX. Shafts. En su: Conveyor Belting Engineering Manual. EE.UU., 2018, p 18.
- [7] INTRALOX. Special take-up arrangements. En su: Conveyor Belting Engineering Manual. EE.UU., 2018, p 429.
- [8] MINISTERIO de Economía, Fomento y Turismo. Sección ii: Control de procesos. En su: Manual de Inocuidad y Certificación. Chile, 2018 p 173.
- [9] FOOD and Drug Administration. (EE.UU.) Code of Federal Regulations. Washington, 2018.
- [10] GLOBALG.A.P. Milestones. (Alemania). Global Gap Certification. Alemania, 2018.
- [11] GLOBAL Aquaculture Alliance. (EE.UU.) Best Aquaculture Practices, Portsmouth, 2018.
- [12] FOOD Chain ID. (Reino Unido) BRC Global Standard for Food Safety. UK., 2018.
- [13] ALIANZA de Etiquetado para la Acreditación Social y Ambiental Internacional, ISEAL. (Países Bajos) Certificación ASC., Utrecht, 2018.

- [14] HALAL Food Authority. (Reino Unido) Halal Food Certificate. London, 2018.
- [15] GOOGLE MAPS. Mapa ubicación planta Congelados y Conservas Fitz Roy S.A. [en línea] <<https://goo.gl/maps/eU2SPYdwx8T2>> [consulta: 13 Noviembre 2018].
- [16] AUSTRALIS SEAFOODS. Proceso Productivo [en línea] < <http://www.australis-seafoods.com/nuestros-productos/proceso-productivo/>> [consulta: 22 Junio 2018].
- [17] CRESPO Márquez, A. Criticality Analysis for Asset Priority Setting. En su: The Maintenance Management Framework. Models and Methods for Complex Systems Maintenance. London, Springer-Verlag, 2007, p 107.
- [18] MOUBRAY, J. Reliability-Centred Maintenance, 2a ed. Reino Unido, Aladon Ltd., 1997, p 446.
- [19] GASCA, Maira C, Camargo, Luis L, & Medina, Byron. (2017). Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. Información tecnológica, 28(4), 111-124.
- [20] AGUILAR, J., Torres, R., & Magaña, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Tecnología, Ciencia, Educación, 15-26, vol.25, Núm 1.
- [21] SOCIETY of Automotive Engineers. (EE.UU.) SAE JA1011: 2009 Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Pennsylvania, 2009. p 12.
- [22] SOCIETY of Automotive Engineers. (EE.UU.) SAE JA1012:2002 A guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM) standard. Pennsylvania, 2002. p 62.
- [23] BESTRATÉN Belloví, M., Orriols Ramos, R. M., & Mara París, C. (2004). NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. Notas técnicas de prevención, 4-5.
- [24] FABRINOX. Cinta mesón de recortes [en línea] <<http://www.fabrinox.cl/producto/equipo-para-recorte/>> [consulta: 31 Octubre 2018].
- [25] INTRALOX. Serie 1800 Flat top. En su: Conveyor Belting Engineering Manual. EE.UU.M 2018, p 249.

- [26] CEMA Conveyor Equipment Manufacturers Association. Capítulo 9: Curvas verticales. En su: CEMA Belt conveyors for Bulk Materials. 7TH Edition. EE.UU., 2009, p 245.
- [27] VALMETAL. Belt Conveyor [en línea] <<https://valmetal.valmetal.com/produits/belt-conveyor/>> [consulta: 31 Octubre 2018].
- [28] EUROBELT. Accesorios [en línea] <<https://www.eurobelt.com/en/accesorios/e40-hold-down-rollers/>> [consulta: 15 Noviembre 2018].
- [29] INTRALOX. Hold down rollers. En su: Conveyor Belting Engineering Manual. EE.UU., 2018, p 435.
- [30] TRINDO SUKSES MANDIR. Plastic Modular Belt OPB Hold Down Tabs [en línea] < <https://trindo.id/en/produk/plastic-modular-belt-opb-hold-down-tabs-en/>> [consulta: 20 Noviembre 2018].
- [31] HABASIT. (2018). Elevating conveyors. En su: Engineering Guide Plastic Modular Belts. Switzerland, 2018, p 44.
- [32] INTRALOX. Chemical Resistance Guide. En su: Conveyor Belting Engineering Manual. EE. UU., 2018, p 459.
- [33] INTRALOX. Formulas and tables. En su: Conveyor Belting Engineering Manual. EE.UU., 2018, p 453.
- [34] INTRALOX. Serie 1800 Flat top. En su: Conveyor Belting Engineering Manual. EE.UU., 2018, p 251.
- [35] INTRALOX. Shaft Data. En su: Conveyor Belting Engineering Manual. EE. UU., 2018, p 455.
- [36] INTRALOX. Strength Factor. En su: Conveyor Belting Engineering Manual. EE.UU., 2018, p 251.

## Anexos

### Anexo A: Detalle de cintas transportadoras.

|                        |                                 |               |           |            |                   |                | MR: Moto-reductor<br>MT: Moto-tambor |           |        |
|------------------------|---------------------------------|---------------|-----------|------------|-------------------|----------------|--------------------------------------|-----------|--------|
| AF                     | Equipo                          | Marca         | Tipo      | Tipo Banda | Modelo banda      | Sistema Motriz | Ancho [m]                            | Largo [m] | Carga  |
| Valor Agregado Línea 1 |                                 |               |           |            |                   |                |                                      |           |        |
| 814                    | Cinta recorte                   | J. Behnke Sur | Recta     | Monolítica | <i>Thermdrive</i> | MR             | 0,8                                  | 5,8       | Salmón |
|                        | Cinta desechos                  |               | Recta     | Monolítica | <i>Thermdrive</i> | MR             | 0,3                                  | 4,8       | Salmón |
| 817                    | Cinta salida despinadora        | Unifood       | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MR             | 1,3                                  | 2         | Salmón |
| 447                    | Cinta despinado manual          | Fabrinox      | Recta     | Monolítica | <i>Thermdrive</i> | MR             | 0,8                                  | 8         | Salmón |
|                        | Cinta desechos                  |               | Recta     | Monolítica | <i>Thermdrive</i> | MR             | 0,3                                  | 7         | Salmón |
| 448                    | Cinta elevación                 | Marel         | Elevación | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,3                                  | 3,2       | Salmón |
| 449                    | Cinta <i>Quality</i>            | Marel         | Recta     | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MT             | 1,5                                  | 3         | Salmón |
|                        | Cinta desechos                  |               | Recta     | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MT             | 0,3                                  | 2         | Salmón |
| 452                    | Cinta <i>grader</i> calibradora | Marel         | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,8                                  | 5         | Salmón |
| Valor Agregado Línea 2 |                                 |               |           |            |                   |                |                                      |           |        |
| 466                    | Cinta recorte                   | J. Behnke Sur | Recta     | Monolítica | <i>Thermdrive</i> | MR             | 0,8                                  | 6         | Salmón |
|                        | Cinta desechos                  |               | Recta     | Monolítica | <i>Thermdrive</i> | MR             | 0,3                                  | 5         | Salmón |
| 818                    | Cinta acomodadora               | Unifood       | Recta     | Monolítica | <i>Thermdrive</i> | MR             | 1,4                                  | 1         | Salmón |
| 469                    | Cinta salida despinadora        | Unifood       | Recta     | Monolítica | <i>Thermdrive</i> | MR             | 1,4                                  | 2         | Salmón |
| 470                    | Cinta despinado manual          | Fabrinox      | Recta     | Monolítica | <i>Thermdrive</i> | MR             | 0,8                                  | 8         | Salmón |
|                        | Cinta desechos                  |               | Recta     | Monolítica | <i>Thermdrive</i> | MR             | 0,3                                  | 7         | Salmón |
| 471                    | Cinta elevación                 | Marel         | Elevación | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,3                                  | 3,2       | Salmón |
| 472                    | Cinta clasificado manual        | Marel         | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 1,5                                  | 3         | Salmón |
|                        | Cinta desechos                  |               | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,3                                  | 2         | Salmón |
| 475                    | Cinta <i>grader</i> calibradora | Marel         | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,8                                  | 5         | Salmón |
| V21                    | TR-21 Cinta salida filete       | Fabrinox      | Recta     | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MR             | 0,3                                  | 9,2       | Salmón |
| 479                    | TR-22 Cinta salida filete       | Fabrinox      | Elevación | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MR             | 0,3                                  | 2,3       | Salmón |
| V23                    | TR-23 Cinta salida filete       | Fabrinox      | Elevación | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MR             | 0,3                                  | 5,9       | Salmón |

|                             |                                   |          |           |            |                    |                | MR: Moto-reductor<br>MT: Moto-tambor |           |        |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|-----------|------------|--------------------|----------------|--------------------------------------|-----------|--------|
| AF                          | Equipo                            | Marca    | Tipo      | Tipo Banda | Modelo banda       | Sistema Motriz | Ancho [m]                            | Largo [m] | Carga  |
| Valor Agregado Línea trim E |                                   |          |           |            |                    |                |                                      |           |        |
| 454                         | Cinta hacia despieladora          | Fabrinox | Recta     | Modular    | <i>Flush Grid</i>  | MR             | 0,3                                  | 7         | Salmón |
| VC                          | Cinta curva                       | Fabrinox | Curva     | Modular    | <i>Flush Grid</i>  | MR             | 0,3                                  | 5         | Salmón |
| 457                         | Cinta clasificación trim          | Fabrinox | Recta     | Monolítica | <i>Thermodrive</i> | MR             | 0,5                                  | 3         | Salmón |
|                             | Cinta desecho                     |          | Recta     | Monolítica | <i>Thermodrive</i> | MR             | 0,3                                  | 2         | Salmón |
| 740                         | Cinta TR-2                        | Fabrinox | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>    | MR             | 0,3                                  | 1         | Salmón |
| 481                         | TR-3 Cinta salida filete          | Fabrinox | Elevación | Modular    | <i>Flush Grid</i>  | MR             | 0,3                                  | 10,5      | Salmón |
| 482                         | Cinta TR-4                        | Fabrinox | Curva     | Modular    | <i>Flush Grid</i>  | MR             | 0,8                                  | 10,4      | Salmón |
| 507                         | Cinta entrada túnel fresco        | Fabrinox | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>    | MR             | 0,4                                  | 2         | Salmón |
| 822                         | Cinta salida túnel fresco         | Fabrinox | Recta     | Modular    | <i>Flush Grid</i>  | MR             | 0,7                                  | 8,7       | Salmón |
| Línea Porciones             |                                   |          |           |            |                    |                |                                      |           |        |
| 477                         | TR-16 Cinta salida filete         | Fabrinox | Elevación | Modular    | <i>Flat Top</i>    | MR             | 0,3                                  | 12        | Salmón |
| V17                         | TR-17 Cinta salida filete         | Fabrinox | Elevación | Modular    | <i>Flush Grid</i>  | MR             | 0,3                                  | 5,2       | Salmón |
| 487                         | Cinta aceleradora grader          | Marel    | Elevación | Modular    | <i>Flat Top</i>    | MT             | 0,3                                  | 1         | Salmón |
| 490                         | Cinta calibrado grader            | Marel    | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>    | MR             | 0,3                                  | 5         | Salmón |
| 493                         | TR-19 Cinta salida R245           | Fabrinox | Recta     | Modular    | <i>Flush Grid</i>  | MR             | 0,4                                  | 0,6       | Salmón |
| V24 B                       | Cinta entrada túnel               | Fabrinox | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>    | MR             | 0,4                                  | 2         | Salmón |
| 520                         | TR-2 Cinta salida túnel congelado | Fabrinox | Recta     | Modular    | <i>Flush Grid</i>  | MR             | 0,8                                  | 7         | Salmón |
| Valor Agregado Línea IVP    |                                   |          |           |            |                    |                |                                      |           |        |
| 480                         | TR-5 Cinta salida filete          | Fabrinox | Elevación | Modular    | <i>Flat Top</i>    | MR             | 0,3                                  | 11,5      | Salmón |
| V6                          | Cinta TR-6                        | Fabrinox | Elevación | Modular    | <i>Flush Grid</i>  | MR             | 0,3                                  | 8         | Salmón |
| 820                         | Cinta corte de bordes             | Nacional | Recta     | Monolítica | <i>Thermodrive</i> | MR             | 0,8                                  | 4         | Salmón |
|                             | Cinta desechos                    |          | Recta     | Monolítica | <i>Thermodrive</i> | MR             | 0,3                                  | 3         | Salmón |
| 496                         | Cinta TR-7                        | Fabrinox | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>    | MR             | 0,3                                  | 1,4       | Salmón |
| 499                         | Cinta TR-8                        | Fabrinox | Elevación | Modular    | <i>Flat Top</i>    | MR             | 0,3                                  | 5,2       | Salmón |
| 502                         | Cinta hacia túnel                 | Fabrinox | Recta     | Modular    | <i>Flush Grid</i>  | MR             | 0,5                                  | 4,5       | Salmón |

|                 |                                    |          |           |            |                   |                | MR: Moto-reductor<br>MT: Moto-tambor |           |        |
|-----------------|------------------------------------|----------|-----------|------------|-------------------|----------------|--------------------------------------|-----------|--------|
| AF              | Equipo                             | Marca    | Tipo      | Tipo Banda | Modelo banda      | Sistema Motriz | Ancho [m]                            | Largo [m] | Carga  |
| Empaque Línea 1 |                                    |          |           |            |                   |                |                                      |           |        |
| 521             | Cinta bajada túnel                 | Fabrinox | Bajada    | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MR             | 0,6                                  | 10        | Salmón |
| 556             | TR-4 Cinta bajada túnel congelado  | Fabrinox | Bajada    | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MR             | 0,4                                  | 11        | Cajas  |
| 557             | Glaseador                          | Nacional | Elevación | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MR             | 0,8                                  | 6         | Cajas  |
| 826             | TR-5A Cinta embolsado              | Fabrinox | Curva     | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MR             | 0,4                                  | 9         | Cajas  |
| 561             | Cinta aceleradora                  | Marel    | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,4                                  | 1,2       | Cajas  |
| 563             | <i>Grader 2</i>                    | Marel    | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,5                                  | 8         | Cajas  |
| 839             | TR-6 cinta salida grader           | Fabrinox | Curva     | Modular    | Friction Top      | MR             | 0,25                                 | 6         | Cajas  |
| 572             | TR-7 Cinta transportadora de cajas | Fabrinox | Elevación | Modular    | Friction Top      | MR             | 0,25                                 | 17        | Cajas  |
|                 |                                    |          | Curva     | Modular    | Friction Top      | MR             | 0,25                                 | 2,4       | Cajas  |
|                 |                                    |          | Bajada    | Modular    | Friction Top      | MR             | 0,25                                 | 3,2       | Cajas  |
| 573             | Cinta transportadora               | Fabrinox | Recta     | Modular    | Friction Top      | MR             | 0,4                                  | 0,6       | Cajas  |
| 574             | Cinta transportadora               | Fabrinox | Recta     | Modular    | Roller            | MR             | 0,5                                  | 1,2       | Cajas  |
| 576             | Cinta transportadora               | Marel    | Curva     | Modular    | Roller            | MR             | 0,4                                  | 4,5       | Cajas  |
| 577             | Puesto control c/cinta             | Marel    | Recta     | Modular    | Roller            | MR             | 0,4                                  | 1,5       | Cajas  |
| 579             | Cinta transportadora               | J.Behnke | Recta     | Modular    | Roller            | MR             | 0,4                                  | 1,2       | Cajas  |
| E12             | TR-12 Cinta frigorífico            | Fabrinox | Curva     | Modular    | Friction Top      | MR             | 0,3                                  | 10,5      | Cajas  |
| Empaque Línea 2 |                                    |          |           |            |                   |                |                                      |           |        |
| 838             | Glaseador                          | Nacional | Elevación | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MR             | 1                                    | 8         | Salmón |
| 620             | Cinta aceleradora                  | Marel    | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,6                                  | 1,2       | Salmón |
| 623             | <i>Grader 3</i>                    | Marel    | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,5                                  | 8         | Cajas  |
| 829             | Cinta TR-10                        | Fabrinox | Elevación | Modular    | Friction Top      | MR             | 0,2                                  | 15        | Cajas  |
| 631             | Cinta transportadora               | Fabrinox | Recta     | Modular    | Friction Top      | MR             | 0,4                                  | 0,6       | Cajas  |
| 575             | Cinta transportadora               | Fabrinox | Recta     | Modular    | Roller            | MR             | 0,5                                  | 1,2       | Cajas  |
| E11             | TR-11 Cinta frigorífico            | Fabrinox | Curva     | Modular    | Friction Top      | MR             | 0,25                                 | 5         | Cajas  |
| Empaque Línea 3 |                                    |          |           |            |                   |                |                                      |           |        |
| E3              | TR-3 Cinta salida túnel            | Fabrinox | Curva     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MR             | 0,6                                  | 10,5      | Salmón |
| 588             | Cinta aceleradora                  | Marel    | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,4                                  | 2         | Salmón |

|                             |                                  |          |           |            |              |                | MR: Moto-reductor<br>MT: Moto-tambor |           |        |
|-----------------------------|----------------------------------|----------|-----------|------------|--------------|----------------|--------------------------------------|-----------|--------|
| AF                          | Equipo                           | Marca    | Tipo      | Tipo Banda | Modelo banda | Sistema Motriz | Ancho [m]                            | Largo [m] | Carga  |
| Empaque Línea 3             |                                  |          |           |            |              |                |                                      |           |        |
| 590                         | Grader 1                         | Marel    | Recta     | Modular    | Flat Top     | MT             | 0,5                                  | 5         | Cajas  |
| E8                          | Cinta TR-8                       | Fabrinox | Subida    | Modular    | Flat Top     | MR             | 0,25                                 | 6         | Cajas  |
|                             |                                  |          | Curva     | Modular    | Flush Grid   | MR             | 0,25                                 | 4,5       | Cajas  |
| 595                         | Cinta TR-9                       | Fabrinox | Bajada    | Modular    | Friction Top | MR             | 0,25                                 | 3         | Cajas  |
| 834                         | Cinta transportadora             | Marel    | Recta     | Modular    | Roller       | MT             | 0,5                                  | 1,5       | Cajas  |
| 599                         | Cinta transportadora             | Marel    | Recta     | Modular    | Roller       | MT             | 0,6                                  | 1,2       | Cajas  |
| 836                         | Cinta transportadora             | Marel    | Recta     | Modular    | Roller       | MT             | 0,6                                  | 1,2       | Cajas  |
| Empaque Línea Entero Fresco |                                  |          |           |            |              |                |                                      |           |        |
| E13                         | Cinta TR-13                      | Fabrinox | Elevación | Modular    | Friction Top | MR             | 0,5                                  | 13        | Cajas  |
|                             |                                  |          | Curva     | Modular    | Friction Top | MR             | 0,5                                  | 2         | Cajas  |
|                             |                                  |          | Recta     | Modular    | Flush Grid   | MR             | 0,5                                  | 4,2       | Cajas  |
|                             |                                  |          | Bajada    | Modular    | Friction Top | MR             | 0,5                                  | 3,6       | Cajas  |
| Calibrado Línea 1           |                                  |          |           |            |              |                |                                      |           |        |
| 363                         | Cinta clasificado altura         | Nacional | Recta     | Modular    | Flat Top     | MT             | 1,2                                  | 1,5       | Salmón |
| 801                         | Cinta aceleración                | Marel    | Recta     | Modular    | Flush Grid   | MT             | 0,5                                  | 1,1       | Salmón |
| 803                         | Cinta calibradora                | Marel    | Recta     | Modular    | Flat Top     | MT             | 0,7                                  | 12,3      | Salmón |
| 378                         | Cinta Transportadora             | Fabrinox | Curva     | Modular    | Flush Grid   | MR             | 0,6                                  | 2,82      | Salmón |
| 382                         | Cinta polines de goma            | Fabrinox | Recta     | Modular    | Friction Top | MT             | 0,6                                  | 1,2       | Cajas  |
| 383                         | Cinta polines de plástico        | Fabrinox | Recta     | Modular    | Friction Top | MT             | 0,6                                  | 1,2       | Cajas  |
| 385                         | Control Pesado                   | Marel    | Recta     | Modular    | Roller       | MT             | 0,6                                  | 1,2       | Cajas  |
| Calibrado Línea 1           |                                  |          |           |            |              |                |                                      |           |        |
| 388                         | Cinta Hopper hielo               | Fabrinox | Recta     | Modular    | Flush Grid   | MR             | 0,55                                 | 4,5       | Cajas  |
| 389                         | Cinta cuello cisne               | Fabrinox | Elevación | Modular    | Flat Top     | MR             | 0,55                                 | 3,5       | Hielo  |
| 390                         | Cinta dosificador hielo          | Nacional | Recta     | Modular    | Friction Top | MR             | 0,7                                  | 1,3       | Cajas  |
| 391                         | Cinta salida <i>hopper</i> hielo | Fabrinox | Recta     | Modular    | Friction Top | MR             | 0,5                                  | 6,7       | Cajas  |
| Calibrado Línea 2           |                                  |          |           |            |              |                |                                      |           |        |
| 361                         | Cinta transportadora             | Marel    | Recta     | Modular    | Flat Top     | MT             | 0,75                                 | 6         | Salmón |
| 394                         | Cinta alimentación               | Marel    | Recta     | Modular    | Flat Top     | MT             | 0,67                                 | 3,75      | Salmón |
| 395                         | Cinta <i>Quality</i> calibradora | Marel    | Curva     | Modular    | Flat Top     | MT             | 1,35                                 | 3,85      | Salmón |
| 396                         | Cinta aceleradora                | Marel    | Recta     | Modular    | Flush Grid   | MT             | 0,4                                  | 1,4       | Salmón |

|                   |                     |        |           |            |                   |                | MR: Moto-reductor<br>MT: Moto-tambor |           |         |
|-------------------|---------------------|--------|-----------|------------|-------------------|----------------|--------------------------------------|-----------|---------|
| AF                | Equipo              | Marca  | Tipo      | Tipo Banda | Modelo banda      | Sistema Motriz | Ancho [m]                            | Largo [m] | Carga   |
| Calibrado Línea 2 |                     |        |           |            |                   |                |                                      |           |         |
| 398               | Cinta calibradora   | Marel  | Recta     | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,7                                  | 15,5      | Salmón  |
| Filete Línea 1    |                     |        |           |            |                   |                |                                      |           |         |
| 416               | Cinta cabezas       | Marel  | Elevación | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,3                                  | 2         | Salmón  |
| 417               | Mesón Corta Cabezas | Marel  | Recto     | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MT             | 1,5                                  | 2,5       | Salmón  |
| 421               | Cinta esquelones    | Baader | Elevación | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MR             | 0,3                                  | 2         | Desecho |
| Filete Línea 2    |                     |        |           |            |                   |                |                                      |           |         |
| 428               | Cinta cuello cisne  | Marel  | Elevación | Modular    | <i>Flat Top</i>   | MT             | 0,3                                  | 2         | Salmón  |
| 735               | Mesón Corta Cabezas | Marel  | Recto     | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MT             | 1,5                                  | 2,5       | Salmón  |
| 436               | Cinta esquelones    | Baader | Elevación | Modular    | <i>Flush Grid</i> | MR             | 0,3                                  | 3         | Desecho |

## Anexo B: Historial detenciones período Marzo 2017-Agosto 2018

| Fecha      | Turno | Equipo                          | AF  | Tipo de falla     | Tiempo [h] |
|------------|-------|---------------------------------|-----|-------------------|------------|
| 09/03/2017 | Noche | Grader 1 Filete Fresco          | 590 | Corte banda       | 0,15       |
| 10/03/2017 | Día   | Grader 1 Filete Fresco          | 590 | Falla eléctrica   | 0,5        |
| 10/03/2017 | Noche | Cinta grader calibradora        | 475 | Corte banda       | 0,83       |
| 16/03/2017 | Noche | Cinta grader calibradora        | 475 | Corte banda       | 0,5        |
| 20/03/2017 | Día   | Grader 2 Congelado              | 563 | Corte banda       | 1          |
| 22/03/2017 | Noche | Glaseador                       | 557 | Falla eléctrica   | 0,33       |
| 23/03/2017 | Noche | Cinta grader calibradora        | 475 | Corte banda       | 0,5        |
| 24/03/2017 | Noche | Grader 2 Congelado              | 563 | Corte banda       | 0,5        |
| 25/03/2017 | Noche | Cinta Quality Marel             | 449 | Corte banda       | 0,5        |
| 27/03/2017 | Noche | Cinta grader calibradora        | 475 | Corte banda       | 0,8        |
| 27/03/2017 | Noche | Cinta clasificado manual        | 820 | Corte banda       | 1          |
| 28/03/2017 | Día   | Cinta grader calibradora        | 475 | Mala alineación   | 0,25       |
| 05/04/2017 | Día   | Cinta grader porciones          | 490 | Corte banda       | 1          |
| 05/04/2017 | Noche | Cinta clasificación trim E      | 457 | Falla eléctrica   | 0,33       |
| 07/04/2017 | Noche | Glaseador                       | 838 | Corte banda       | 1          |
| 10/04/2017 | Día   | Cinta aceleradora               | 561 | Corte banda       | 0,33       |
| 10/04/2017 | Noche | Cinta recorte c/ cinta desecho  | 466 | Falla eléctrica   | 0,25       |
| 11/04/2017 | Día   | Cinta aceleradora               | 561 | Desgaste material | 0,33       |
| 12/04/2017 | Noche | Grader 2 Congelado              | 563 | Corte banda       | 1,75       |
| 12/04/2017 | Noche | Cinta recorte c/ cinta desecho  | 466 | Falla motriz      | 0,5        |
| 13/04/2017 | Noche | Cinta Quality marel             | 449 | Corte banda       | 0,5        |
| 22/04/2017 | Noche | Cinta aceleradora               | 561 | Mala alineación   | 0,42       |
| 22/04/2017 | Noche | Cinta salida embolsado          | 826 | Tensión           | 0,5        |
| 22/04/2017 | Noche | Cinta Quality Marel             | 449 | Corte banda       | 0,5        |
| 24/04/2017 | Día   | Cinta aceleradora               | 561 | Tensión           | 2          |
| 24/04/2017 | Noche | Grader 3 Hon fresco             | 623 | Corte banda       | 1          |
| 25/04/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas   | 576 | Corte banda       | 0,5        |
| 25/04/2017 | Día   | TR-24A Cinta entrada túnel      | 507 | Corte banda       | 0,5        |
| 25/04/2017 | Día   | Cinta transportadora            | 493 | Falla eléctrica   | 0,5        |
| 26/04/2017 | Día   | Cinta aceleradora               | 561 | Corte banda       | 0,38       |
| 27/04/2017 | Noche | Cinta clasificado manual        | 820 | Corte banda       | 0,33       |
| 27/04/2017 | Noche | Cinta Quality Marel             | 449 | Corte banda       | 0,33       |
| 27/04/2017 | Día   | Cinta aceleradora               | 561 | Corte banda       | 0,25       |
| 02/05/2017 | Noche | Glaseador                       | 838 | Mala alineación   | 0,33       |
| 09/05/2017 | Noche | Grader 1 Filete Fresco          | 590 | Corte banda       | 0,5        |
| 10/05/2017 | Día   | Cinta alimentación despieladora | V17 | Corte banda       | 0,67       |
| 11/05/2017 | Día   | Grader 1 Filete Fresco          | 590 | Corte banda       | 0,17       |
| 11/05/2017 | Noche | Cinta transportadora            | 493 | Falla motriz      | 0,33       |
| 20/05/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas   | 595 | Falla eléctrica   | 1,16       |

| Fecha      | Turno | Equipo                               | AF   | Tipo de falla   | Tiempo [h] |
|------------|-------|--------------------------------------|------|-----------------|------------|
| 27/05/2017 | Noche | Grader 1 Filete Fresco               | 590  | Corte banda     | 0,67       |
| 02/06/2017 | Día   | Grader 3 Hon fresco                  | 623  | Corte banda     | 0,42       |
| 06/06/2017 | Día   | Cinta salida embolsado               | 826  | Corte banda     | 0,58       |
| 07/06/2017 | Día   | TR-3 Cinta salida túnel fresco       | E3   | Mala alineación | 0,67       |
| 07/06/2017 | Día   | TR-3 Cinta salida túnel fresco       | E3   | Mala alineación | 0,58       |
| 07/06/2017 | Noche | Cinta grader calibradora             | 475  | Corte banda     | 0,25       |
| 10/06/2017 | Noche | Grader 1 Filete Fresco               | 590  | Corte banda     | 0,75       |
| 15/06/2017 | Noche | TR-11 Cinta traspaso a frigorífico   | E11  | Corte banda     | 0,5        |
| 19/06/2017 | Día   | Cinta salida despinadora             | 469  | Corte banda     | 1,5        |
| 19/06/2017 | Día   | Cinta salida despinadora             | 469  | Corte banda     | 5          |
| 19/06/2017 | Noche | Cinta recorte c/cinta desecho        | 814  | Corte banda     | 0,5        |
| 29/06/2017 | Noche | Grader 3 Hon fresco                  | 623  | Corte banda     | 1,17       |
| 30/06/2017 | Noche | Grader 3 Hon fresco                  | 623  | Corte banda     | 0,5        |
| 03/07/2017 | Noche | Grader 3 Hon fresco                  | 623  | Corte banda     | 0,67       |
| 18/07/2017 | Día   | Cinta <i>quality</i> marel           | 449  | Corte banda     | 0,33       |
| 18/07/2017 | Día   | Cinta acomodadora de peces           | 818  | Falla motriz    | 9,5        |
| 18/07/2017 | Noche | Cinta acomodadora de peces           | 818  | Falla motriz    | 9,5        |
| 20/07/2017 | Día   | Cinta acomodadora de peces           | 818  | Falla motriz    | 9,5        |
| 21/07/2017 | Día   | Cinta acomodadora de peces           | 818  | Falla motriz    | 9,5        |
| 24/07/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas        | 829  | Corte banda     | 0,75       |
| 24/07/2017 | Noche | Glaseador                            | 838  | Falla eléctrica | 0,33       |
| 31/07/2017 | Noche | Cinta clasificación <i>trim</i> E    | 457  | Corte banda     | 0,25       |
| 01/08/2017 | Noche | Grader 1 Filete Fresco               | 590  | Corte banda     | 0,75       |
| 02/08/2017 | DÍA   | TR-13 Cinta transporte cajas         | E13  | Falla motriz    | 6          |
| 03/08/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas        | 595  | Corte banda     | 1          |
| 03/08/2017 | Día   | Cinta despinado manual               | 470  | Corte banda     | 4,5        |
| 03/08/2017 | Noche | Cinta despinado manual               | 447  | Corte banda     | 0,17       |
| 03/08/2017 | Noche | Cinta despinado manual               | 470  | Corte banda     | 0,17       |
| 03/08/2017 | Noche | Cinta grader calibradora             | 452  | Falla motriz    | 0,42       |
| 07/08/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas        | 829  | Tensión         | 0,5        |
| 09/08/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas        | 829  | Corte banda     | 0,4        |
| 11/08/2017 | Noche | Cinta elevación <i>quality</i> Marel | 448  | Falla motriz    | 5,5        |
| 15/08/2017 | Noche | Cinta entrada túnel congelado        | V24B | Corte banda     | 0,5        |
| 16/08/2017 | Noche | Cinta aceleradora                    | 588  | Corte banda     | 0,25       |
| 17/08/2017 | Noche | Cinta despinado manual               | 470  | Corte banda     | 0,83       |
| 21/08/2017 | Día   | Cinta salida túnel congelado         | 521  | Mala alineación | 2,25       |
| 21/08/2017 | Día   | Cinta salida túnel congelado         | 521  | Mala alineación | 2,25       |
| 22/08/2017 | Noche | Cinta aceleradora                    | 561  | Corte banda     | 0,92       |
| 24/08/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas        | 829  | Corte banda     | 0,5        |
| 24/08/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas        | 595  | Corte banda     | 0,75       |

| Fecha      | Turno | Equipo                          | AF  | Tipo de falla   | Tiempo [h] |
|------------|-------|---------------------------------|-----|-----------------|------------|
| 28/08/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas   | 595 | Corte banda     | 2          |
| 28/08/2017 | Día   | Glaseador                       | 838 | Falla motriz    | 9,5        |
| 31/08/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas   | 829 | Corte banda     | 0,42       |
| 31/08/2017 | Día   | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Estructura      | 1          |
| 01/09/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas   | 595 | Tensión         | 0,33       |
| 01/09/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas   | 595 | Estructura      | 0,25       |
| 01/09/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas   | 595 | Estructura      | 0,33       |
| 01/09/2017 | Día   | Cinta aceleradora               | 487 | Falla motriz    | 9,5        |
| 04/09/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas   | 595 | Corte banda     | 0,58       |
| 04/09/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas   | 595 | Corte banda     | 0,33       |
| 05/09/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas   | 829 | Corte banda     | 0,33       |
| 06/09/2017 | Día   | Grader 3 Hon fresco             | 623 | Corte banda     | 0,25       |
| 06/09/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas   | 576 | Corte banda     | 0,5        |
| 08/09/2017 | Día   | Grader 1 Filete Fresco          | 590 | Corte banda     | 0,33       |
| 08/09/2017 | Noche | Grader 3 Hon fresco             | 623 | Corte banda     | 0,25       |
| 08/09/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas   | 829 | Tensión         | 0,25       |
| 08/09/2017 | Día   | Cinta <i>quality</i> marel      | 449 | Corte banda     | 0,33       |
| 09/09/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas   | 829 | Corte banda     | 0,5        |
| 11/09/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas   | 576 | Corte banda     | 1          |
| 11/09/2017 | Noche | Cinta despinado manual          | 447 | Mala alineación | 0,5        |
| 12/09/2017 | Noche | Grader 2 Congelado              | 563 | Corte banda     | 0,25       |
| 12/09/2017 | Noche | Grader 1 Filete Fresco          | 590 | Corte banda     | 0,25       |
| 12/09/2017 | Noche | Cinta cinta despinado manual    | 447 | Corte banda     | 0,5        |
| 14/09/2017 | Noche | Cinta aceleradora               | 588 | Corte banda     | 0,25       |
| 15/09/2017 | Noche | Cinta despinado manual          | 447 | Corte banda     | 0,25       |
| 15/09/2017 | Noche | TR-24A Cinta entrada túnel      | 507 | Corte banda     | 0,25       |
| 15/09/2017 | Día   | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Mala alineación | 5          |
| 02/10/2017 | Día   | Cinta aceleradora               | 487 | Corte banda     | 0,25       |
| 02/10/2017 | Día   | Cinta aceleradora               | 487 | Corte banda     | 1,17       |
| 03/10/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas   | 576 | Corte banda     | 0,33       |
| 05/10/2017 | Noche | Cinta recorte c/cinta desecho   | 814 | Corte banda     | 0,42       |
| 13/10/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas   | 829 | Corte banda     | 0,5        |
| 17/10/2017 | Día   | Cinta despinado manual          | 447 | Corte banda     | 0,25       |
| 17/10/2017 | Día   | Cinta despinado manual          | 470 | Corte banda     | 0,75       |
| 23/10/2017 | Noche | Glaseador                       | 557 | Corte banda     | 0,75       |
| 23/10/2017 | Noche | Cinta curva hacia despieladora  | VC  | Falla motriz    | 3,58       |
| 25/10/2017 | Noche | Cinta <i>grader</i> calibradora | 475 | Corte banda     | 0,33       |
| 25/10/2017 | Noche | Cinta <i>grader</i> calibradora | 475 | Corte banda     | 0,33       |
| 02/11/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas   | 829 | Falla motriz    | 8          |
| 15/11/2017 | Noche | Cinta despinado manual          | 470 | Falla motriz    | 2,42       |

| Fecha      | Turno | Equipo                                    | AF  | Tipo de falla   | Tiempo [h] |
|------------|-------|-------------------------------------------|-----|-----------------|------------|
| 22/11/2017 | Noche | Cinta curva hacia despieladora            | VC  | Corte banda     | 0,25       |
| 22/11/2017 | Noche | Cinta elevación <i>quality</i> marel      | 448 | Corte banda     | 0,5        |
| 23/11/2017 | Noche | Cinta desecho de cinta recorte            | 466 | Tensión         | 1,17       |
| 01/12/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas             | 576 | Corte banda     | 0,33       |
| 01/12/2017 | Noche | Cinta transportadora de cajas             | 576 | Corte banda     | 0,42       |
| 02/12/2017 | Noche | Cinta <i>grader</i> calibradora           | 475 | Corte banda     | 0,67       |
| 04/12/2017 | Noche | TR-24A Cinta entrada túnel                | 507 | Corte banda     | 0,42       |
| 07/12/2017 | Noche | Cinta elevación <i>quality</i> Marel      | 471 | Corte banda     | 0,17       |
| 09/12/2017 | Noche | TR-24A Cinta entrada túnel                | 507 | Corte banda     | 0,5        |
| 13/12/2017 | Noche | Glaseador                                 | 557 | Falla motriz    | 4          |
| 13/12/2017 | Noche | TR-17 Cinta alimentación                  | V17 | Corte banda     | 0,75       |
| 15/12/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas             | 829 | Tensión         | 5          |
| 23/12/2017 | Noche | Cinta despinado manual                    | 447 | Corte banda     | 0,5        |
| 26/12/2017 | Día   | Cinta curva hacia despieladora            | VC  | Falla motriz    | 0,21       |
| 26/12/2017 | Día   | Cinta salida túnel fresco                 | 822 | Corte banda     | 0,21       |
| 27/12/2017 | Día   | Cinta transportadora de cajas             | 829 | Corte banda     | 1          |
| 27/12/2017 | Día   | TR-11 Cinta a frigorífico                 | E11 | Corte banda     | 0,5        |
| 28/12/2017 | Día   | Glaseador                                 | 557 | Mala alineación | 0,5        |
| 29/12/2017 | Día   | Glaseador                                 | 557 | Mala alineación | 0,5        |
| 30/12/2017 | Día   | TR-7 Cinta transportadora                 | 496 | Falla motriz    | 1,67       |
| 03/01/2018 | Día   | Cinta desecho de cinta recorte            | 814 | Falla motriz    | 9,5        |
| 03/01/2018 | Noche | Cinta cinta clasificación <i>trim</i> E,F | 447 | Falla motriz    | 4          |
| 04/01/2018 | Día   | Cinta desecho de cinta recorte            | 466 | Falla motriz    | 9,5        |
| 05/01/2018 | Día   | TR-24A Cinta entrada túnel                | 507 | Corte banda     | 3,7        |
| 05/01/2018 | Noche | TR-2 Cinta salida túnel congelado         | 520 | Corte banda     | 2          |
| 08/01/2018 | Noche | Cinta transportadora de cajas             | 829 | Corte banda     | 0,5        |
| 10/01/2018 | Noche | Cinta <i>grader</i> calibradora           | 475 | Falla motriz    | 8          |
| 10/01/2018 | Noche | Cinta transportadora de cajas             | 829 | Corte banda     | 0,5        |
| 12/01/2018 | Día   | Cinta acomodadora de peces                | 818 | Estructura      | 1,5        |
| 12/01/2018 | Noche | Cinta <i>quality</i> Marel                | 449 | Corte banda     | 0,25       |
| 12/01/2018 | Noche | Cinta desecho cinta recorteros            | 814 | Falla motriz    | 7          |
| 15/01/2018 | Día   | Cinta <i>quality</i> marel                | 472 | Falla motriz    | 8          |
| 16/01/2018 | Día   | Cinta desecho recorteros                  | 466 | Falla motriz    | 9,5        |
| 19/01/2018 | Día   | TR-2 Cinta transportadora                 | 740 | Falla motriz    | 0,25       |
| 17/01/2018 | Día   | Cinta desechos de cinta recorte           | 466 | Falla motriz    | 9,5        |
| 17/01/2018 | Noche | Cinta transportadora de cajas             | 829 | Corte banda     | 0,75       |
| 17/01/2018 | Noche | <i>Grader</i> 3 Hon fresco                | 623 | Corte banda     | 0,5        |
| 18/01/2018 | Día   | Cinta desechos de cinta recorte           | 466 | Falla motriz    | 9,5        |
| 19/01/2018 | Día   | Cinta desechos de cinta recorte           | 466 | Falla motriz    | 9,5        |
| 19/01/2018 | Día   | Cinta alimentación despieladora           | V17 | Falla motriz    | 5,5        |

| Fecha      | Turno | Equipo                          | AF  | Tipo de falla     | Tiempo [h] |
|------------|-------|---------------------------------|-----|-------------------|------------|
| 22/01/2018 | Día   | Cinta salida túnel fresco       | 822 | Falla eléctrica   | 0,5        |
| 25/01/2018 | Día   | Cinta despinado manual          | 470 | Mala alineación   | 0,5        |
| 31/01/2018 | Noche | Grader 3 Hon fresco             | 623 | Corte banda       | 0,2        |
| 01/02/2018 | Día   | TR-12 Cinta a frigorífico       | E12 | Corte banda       | 0,2        |
| 06/02/2018 | Día   | Cinta acomodadora de peces      | 818 | Falla motriz      | 0,33       |
| 07/02/2018 | Noche | Cinta acomodadora de peces      | 818 | Desgaste material | 4          |
| 12/02/2018 | Noche | Cinta despinado manual          | 470 | Falla eléctrica   | 0,17       |
| 15/02/2018 | Noche | Cinta <i>grader</i> calibradora | 452 | Corte banda       | 0,25       |
| 19/02/2018 | Noche | TR-1 Cinta hacia despieladora   | 454 | Corte banda       | 0,58       |
| 20/02/2018 | Noche | TR-2 Cinta transportadora       | 740 | Falla motriz      | 6          |
| 21/02/2018 | Noche | TR-2 Cinta transportadora       | 740 | Falla motriz      | 4          |
| 23/03/2018 | Día   | Glaseador                       | 557 | Falla eléctrica   | 1          |
| 26/03/2018 | Día   | Cinta salida túnel fresco       | 822 | Tensión           | 0,25       |
| 26/03/2018 | Día   | Grader 1 Filete Fresco          | 590 | Falla eléctrica   | 0,5        |
| 27/03/2018 | Día   | Grader 2 Congelado              | 563 | Corte banda       | 0,25       |
| 07/04/2018 | Noche | Cinta recortes c/cinta desecho  | 466 | Falla eje         | 0,25       |
| 09/04/2018 | Noche | Cinta alimentación despieladora | V17 | Corte banda       | 8          |
| 11/04/2018 | Noche | TR-2 Cinta transportadora       | 740 | Corte banda       | 1          |
| 14/04/2018 | Noche | TR-11 Cinta a frigorífico       | E11 | Corte banda       | 1          |
| 16/04/2018 | Noche | Glaseador                       | 838 | Corte banda       | 1          |
| 17/04/2018 | Día   | TR-11 Cinta a frigorífico       | E11 | Corte banda       | 1,5        |
| 18/04/2018 | Día   | Cinta transportadora cajas      | 599 | Corte banda       | 1,5        |
| 19/04/2018 | Noche | TR-11 Cinta a frigorífico       | E11 | Corte banda       | 0,4        |
| 19/04/2018 | Noche | TR-11 Cinta a frigorífico       | E11 | Corte banda       | 0,4        |
| 19/04/2018 | Noche | TR-11 Cinta a frigorífico       | E11 | Corte banda       | 0,4        |
| 19/04/2018 | Noche | TR-11 Cinta a frigorífico       | E11 | Corte banda       | 0,4        |
| 20/04/2018 | Noche | Grader 2 Congelado              | 563 | Corte banda       | 0,75       |
| 21/04/2018 | Día   | TR-11 Cinta a frigorífico       | E11 | Corte banda       | 1          |
| 30/04/2018 | Noche | Cinta salida despinadora        | 817 | Corte banda       | 0,5        |
| 28/04/2018 | Noche | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Estructura        | 0,4        |
| 18/05/2018 | Noche | TR-2 Cinta transportadora       | 740 | Corte banda       | 0,25       |
| 19/05/2018 | Noche | Cinta curva hacia despieladora  | VC  | Falla eléctrica   | 1,5        |
| 22/05/2018 | Día   | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Desgaste material | 2          |
| 06/06/2018 | Día   | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Mala alineación   | 1          |
| 06/06/2018 | Día   | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Mala alineación   | 1          |
| 07/06/2018 | Día   | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Mala alineación   | 1          |
| 07/06/2018 | Día   | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Mala alineación   | 0,8        |
| 08/06/2018 | Noche | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Corte banda       | 0,8        |
| 08/06/2018 | Noche | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Mala alineación   | 0,5        |
| 08/06/2018 | Noche | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Mala alineación   | 0,5        |

| Fecha      | Turno | Equipo                          | AF  | Tipo de falla   | Tiempo [h] |
|------------|-------|---------------------------------|-----|-----------------|------------|
| 14/06/2018 | Día   | Cinta recorte                   | 814 | Corte banda     | 1          |
| 19/06/2018 | Noche | Cinta salida despinadora        | 817 | Falla motriz    | 0,25       |
| 19/06/2018 | Día   | Cinta despinado manual          | 447 | Corte banda     | 0,25       |
| 19/06/2018 | Día   | TR-13 Cinta transporte cajas    | E13 | Mala alineación | 0,8        |
| 20/06/2018 | Día   | Cinta aceleradora               | 801 | Corte banda     | 0,33       |
| 22/06/2018 | Noche | Cinta curva hacia despieladora  | VC  | Corte banda     | 0,25       |
| 24/07/2018 | Noche | Cinta <i>grader</i> calibradora | 475 | Corte banda     | 0,25       |
| 01/08/2018 | Noche | <i>Grader</i> 3 Hon fresco      | 623 | Corte banda     | 1          |
| 06/08/2018 | Noche | Cinta salida despinadora        | 817 | Falla motriz    | 5,17       |
| 22/08/2018 | Noche | Cinta aceleradora               | 396 | Corte banda     | 0,25       |
| 29/08/2018 | Día   | Cinta salida despinadora        | 469 | Falla motriz    | 0,42       |
| 29/08/2018 | Noche | TR-12 Cinta a frigorífico       | E12 | Corte banda     | 0,42       |
| 29/08/2018 | Noche | Cinta salida filete             | 480 | Corte banda     | 1,17       |
| 30/08/2018 | Día   | Cinta salida despinadora        | 469 | Falla motriz    | 0,5        |
| 30/08/2018 | Noche | Cinta aceleradora               | 561 | Corte banda     | 0,5        |
| 30/08/2018 | Noche | <i>Grader</i> 2 Congelado       | 563 | Corte banda     | 0,25       |

### Anexo C: Resultado análisis de criticidad.

|                | N° | Criterios de comparación |    |    |    |    |    |
|----------------|----|--------------------------|----|----|----|----|----|
|                |    | AF                       | FF | TR | IP | SS | IC |
| Empaque        | 1  | E13                      | 6  | 4  | 4  | 4  | 72 |
|                | 2  | 829                      | 6  | 3  | 3  | 2  | 48 |
|                | 3  | 623                      | 6  | 2  | 3  | 2  | 42 |
|                | 4  | 838                      | 4  | 3  | 3  | 2  | 32 |
|                | 5  | 590                      | 6  | 1  | 2  | 2  | 30 |
|                | 6  | E11                      | 4  | 2  | 3  | 2  | 28 |
|                | 7  | 557                      | 4  | 2  | 3  | 1  | 24 |
|                | 8  | 595                      | 4  | 2  | 2  | 2  | 24 |
|                | 9  | 563                      | 4  | 1  | 3  | 2  | 24 |
|                | 10 | 576                      | 4  | 1  | 2  | 2  | 20 |
|                | 11 | E3                       | 2  | 1  | 4  | 4  | 18 |
|                | 12 | 561                      | 4  | 2  | 1  | 1  | 16 |
|                | 13 | 520                      | 2  | 1  | 4  | 3  | 16 |
|                | 14 | 521                      | 2  | 1  | 3  | 3  | 14 |
|                | 15 | E12                      | 2  | 1  | 3  | 2  | 12 |
|                | 16 | 826                      | 2  | 1  | 2  | 2  | 10 |
|                | 17 | 599                      | 2  | 1  | 2  | 1  | 8  |
|                | 18 | 588                      | 2  | 1  | 1  | 1  | 6  |
| Valor Agregado | 19 | 466                      | 4  | 4  | 4  | 3  | 44 |
|                | 20 | 814                      | 4  | 3  | 4  | 3  | 40 |
|                | 21 | 475                      | 6  | 3  | 1  | 2  | 36 |
|                | 22 | V17                      | 4  | 3  | 3  | 2  | 32 |
|                | 23 | 507                      | 4  | 2  | 3  | 3  | 32 |
|                | 24 | 447                      | 4  | 2  | 3  | 1  | 24 |
|                | 25 | 470                      | 4  | 2  | 3  | 1  | 24 |
|                | 26 | 740                      | 4  | 3  | 1  | 1  | 20 |
|                | 27 | VC                       | 4  | 2  | 2  | 1  | 20 |
|                | 28 | 817                      | 2  | 2  | 3  | 3  | 16 |
|                | 29 | 818                      | 2  | 3  | 2  | 3  | 16 |
|                | 30 | 449                      | 4  | 1  | 2  | 1  | 16 |
|                | 31 | 822                      | 2  | 1  | 4  | 3  | 16 |
|                | 32 | V24B                     | 2  | 1  | 4  | 3  | 16 |
|                | 33 | 469                      | 2  | 2  | 2  | 3  | 14 |
|                | 34 | 820                      | 2  | 1  | 3  | 3  | 14 |

|                |    | Criterios de comparación |    |    |    |    |    |
|----------------|----|--------------------------|----|----|----|----|----|
| Valor Agregado | Nº | AF                       | FF | TR | IP | SS | IC |
|                | 35 | 452                      | 2  | 1  | 3  | 2  | 12 |
|                | 36 | 487                      | 2  | 3  | 1  | 2  | 12 |
|                | 37 | 457                      | 2  | 1  | 3  | 2  | 12 |
|                | 38 | 448                      | 2  | 2  | 2  | 1  | 10 |
|                | 39 | 472                      | 2  | 2  | 2  | 1  | 10 |
|                | 40 | 454                      | 2  | 1  | 2  | 2  | 10 |
|                | 41 | 480                      | 2  | 1  | 2  | 2  | 10 |
|                | 42 | 493                      | 2  | 1  | 2  | 1  | 8  |
|                | 43 | 471                      | 2  | 1  | 2  | 1  | 8  |
|                | 44 | 490                      | 2  | 1  | 2  | 1  | 8  |
|                | 45 | 496                      | 2  | 1  | 1  | 1  | 6  |

**Anexo D: Pauta mantención preventiva cintas Congelados y Conservas Fitz Roy S.A.**

|                                                                                   |                                           |                      |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|------------|
|  | REGISTRO                                  | Código               | R-MT-04    |
|                                                                                   | PAUTA DE MANTENIMIENTO                    |                      | V0.4       |
|                                                                                   |                                           | Fecha Última Versión | 11-12-2017 |
|                                                                                   | Z:\Sistema Gestion Calidad\Prerrequisitos | Fecha Creación       | 2017       |
|                                                                                   |                                           | Página               | 1/1        |
|                                                                                   |                                           | FOLIO                |            |

|                  |             |
|------------------|-------------|
| EQUIPO           |             |
| DETALLE EQUIPO   |             |
| ORDEN DE TRABAJO |             |
| NOMBRE TECNICO   |             |
| FECHA            |             |
| HORA DE INICIO   | HORA INICIO |

[illegible]

**NOMBRE Y FIRMA TECNICO**

NOMBRE Y FIRMA SUPERVISOR  
MANTENCION

## Anexo E: AMEF cinta de recortes AF466

### Sistema: Cinta de recortes AF466

| Función                                                                                    | Falla funcional            | Modo de falla                                            | Parte afectada | Efectos de falla                                                                              | Consecuencia de falla              | G | O  | D | NPR | Código tareas |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---|----|---|-----|---------------|
| Transportar 1200 piezas/hora de filetes de salmón a 10 m/min por una distancia de 6 metros | Equipo detenido            | Corte banda superior                                     | CS-01          | No transporta filetes                                                                         | Operativa                          | 8 | 10 | 1 | 80  | CR-CS-T111    |
|                                                                                            |                            | Moto reductor cinta superior quemado                     | CS-04          |                                                                                               |                                    | 8 | 7  | 1 | 56  | CR-CS-T112    |
|                                                                                            |                            | Sprockets no engranan                                    | CS-03<br>CS-08 |                                                                                               |                                    | 8 | 3  | 3 | 72  | CR-CS-T113    |
|                                                                                            |                            | Rotura eje                                               | CS-02<br>CS-09 |                                                                                               |                                    | 8 | 1  | 1 | 8   | CR-CS-T114    |
|                                                                                            |                            | Limitadores de posición sueltos                          | CS-06          |                                                                                               |                                    | 8 | 3  | 3 | 72  | CR-CS-T115    |
|                                                                                            |                            | Banda suelta por mal montaje                             | CS-01          |                                                                                               |                                    | 8 | 3  | 3 | 72  | CR-CS-T116    |
|                                                                                            |                            | Motor detenido por alto consumo                          | CS-04          |                                                                                               |                                    | 8 | 8  | 1 | 64  | CR-CS-T117    |
|                                                                                            | Velocidad menor a 10 m/min | Frecuencia mal configurada en variador de frecuencia     | VF             | Acumulación de material                                                                       |                                    | 6 | 2  | 4 | 48  | -             |
|                                                                                            | Velocidad mayor a 10 m/min | Frecuencia mal configurada en variador de frecuencia     | VF             | No se alcanza a realizar <i>trim</i>                                                          | Operativa. Acumulación de material | 4 | 2  | 5 | 40  | -             |
| Permitir un transporte que no dañe al material transportado                                | Trabamiento banda          | Segmentos de banda rotos                                 | CS-01          | Filetes caen por roturas producto de trabamiento. Eventual corte de banda en el mediano plazo | Operativa y pérdidas de calidad    | 6 | 10 | 3 | 180 | CR-CS-T211    |
|                                                                                            |                            | Mala lubricación                                         | CS-04<br>CS-10 | Transporte brusco                                                                             | Operativa y disminución de calidad | 6 | 2  | 5 | 60  | CR-CS-T212    |
|                                                                                            | Contaminación producto     | Desprendimiento de pequeños fragmentos de material banda | CS-01          | Producto no cumple con reglamento sanitario                                                   | Operativa                          | 8 | 2  | 4 | 64  | CR-CS-T111    |

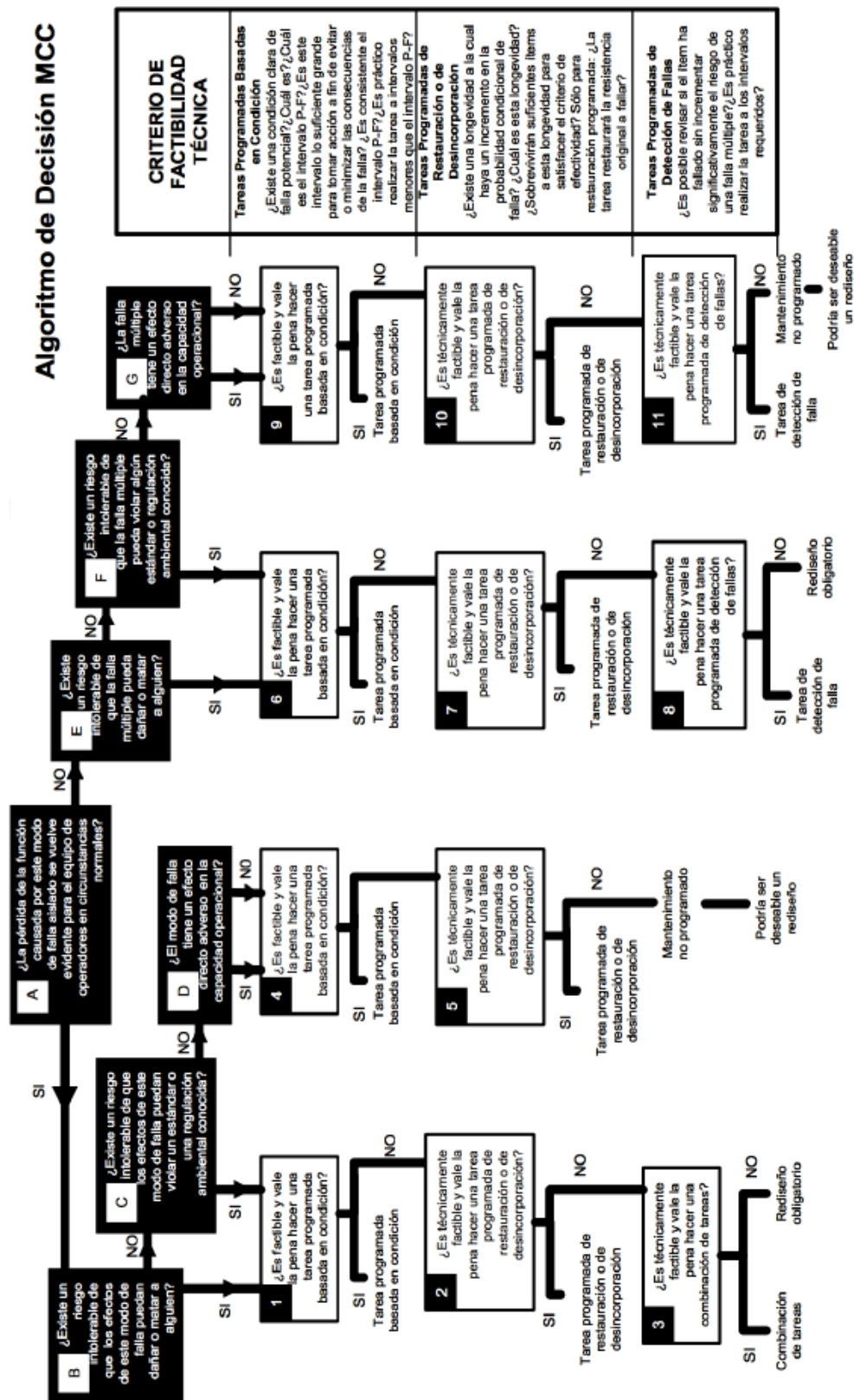
**Sistema: Cinta de recortes AF466**

| Función                                                          | Falla funcional                 | Modo de falla                                        | Parte afectada | Efectos de falla                            | Consecuencia de falla                                 | G | O | D | NPR | Código tareas |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---|---|---|-----|---------------|
| Proveer una estructura firme para realizar cortes de <i>trim</i> | Estructura débil                | Partes de estructura dobladas o rotas                | BA             | Riesgo de caídas de producto o del personal | No operativa. Impacto en la seguridad del personal    | 7 | 3 | 3 | 63  | CR-BA-311     |
|                                                                  |                                 | Desgaste estructura por óxido                        | BA             | Contaminación cruzada                       | Operativa y perdida de certificación                  | 7 | 4 | 1 | 28  | CR-BA-312     |
| Contar con parada de emergencia                                  | Parada de emergencia no acciona | Botonera en mal estado                               | PE             | Accidente laboral                           | No operativa. Impacto en la seguridad de las personas | 7 | 4 | 3 | 84  | CR-VF-511     |
| Evacuar desechos generados por recortes de producto              | Equipo detenido                 | Corte banda inferior                                 | CI-01          | No transporta desechos                      | Operativa.                                            | 6 | 3 | 1 | 18  | CR-CI-411     |
|                                                                  |                                 | Moto reductor cinta inferior quemado                 | CI-04          |                                             |                                                       | 6 | 6 | 1 | 36  | CR-CI-412     |
|                                                                  |                                 | <i>Sprockets</i> no engranan                         | CI-03<br>CI-08 |                                             |                                                       | 6 | 4 | 1 | 24  | CR-CI-413     |
|                                                                  |                                 | Rotura eje                                           | CI-02<br>CI-09 |                                             |                                                       | 6 | 2 | 1 | 12  | CR-CI-414     |
|                                                                  |                                 | Limitadores de posición sueltos                      | CI-06          |                                             |                                                       | 6 | 2 | 1 | 12  | CR-CI-415     |
|                                                                  |                                 | Banda suelta por mal montaje                         | CI-01          |                                             |                                                       | 6 | 2 | 1 | 12  | CR-CI-416     |
|                                                                  | Velocidad menor a 10 m/min      | Frecuencia mal configurada en variador de frecuencia | VF             | Acumulación de material                     |                                                       | 4 | 2 | 3 | 24  | -             |

## Anexo F: AMEF cinta elevación AFE13

| Sistema: Cinta elevación AFE13                                                             |                                     |                                                      |                |                                        |                                                          |   |   |   |     |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|---|---|---|-----|---------------|
| Función                                                                                    | Falla funcional                     | Modo de falla                                        | Parte afectada | Efectos de falla                       | Consecuencia de falla                                    | G | O | D | NPR | Código tareas |
| Transportar 150 cajas/hora a 10 m/min por una distancia de 13 metros en altura             | Equipo detenido                     | Corte banda                                          | TR1-01         | No transporta cajas                    | Operativa. Cuello de botella en la línea                 | 8 | 4 | 1 | 32  | CE-TR1-T111   |
|                                                                                            |                                     | Moto reductor quemado                                | TR1-04         |                                        |                                                          | 8 | 3 | 1 | 24  | CE-TR1-T112   |
|                                                                                            |                                     | Sprockets no engranan                                | TR1-03         |                                        |                                                          | 8 | 5 | 3 | 120 | CE-TR1-T113   |
|                                                                                            |                                     | Trabamiento banda superior                           | TR1-01         |                                        |                                                          | 8 | 4 | 1 | 32  | CE-TR1-T114   |
|                                                                                            |                                     | Motor detenido por alto consumo                      | TR1-04         |                                        |                                                          | 8 | 4 | 1 | 32  | -             |
|                                                                                            | Velocidad menor a 10 m/min          | Sobrecarga de producto                               | TR1-04         | Acumulación de cajas                   | Operativa. Cuello de botella en la línea                 | 8 | 6 | 2 | 96  | -             |
|                                                                                            |                                     | Frecuencia mal configurada en variador de frecuencia | VR             |                                        |                                                          | 8 | 2 | 2 | 32  | -             |
|                                                                                            | Velocidad mayor a 10 m/min          | Frecuencia mal configurada en variador de frecuencia | VR             | Perdida de tracción                    | Operativa. Cinta no se puede las cajas                   | 6 | 2 | 2 | 24  | -             |
| Proveer una estructura de transporte que garantice la integridad del material transportado | Desgaste de cajas por roce excesivo | Banda desalineada                                    | TR1-10         | Traspaso brusco, perdida de tracción   | Operativa. Pérdida de calidad y producción               | 8 | 8 | 3 | 192 | CE-TR1-T211   |
|                                                                                            |                                     | Guías de soporte inefficientes                       | TR1-10         |                                        |                                                          | 8 | 9 | 3 | 216 | CE-TR1-T211   |
|                                                                                            |                                     | Banda suelta por desgaste en bordes                  | TR1-01         |                                        |                                                          | 8 | 8 | 3 | 192 | CE-TR1-T111   |
| Contar con protecciones para evitar caída de cajas desde altura                            | Estructura de guías en mal estado   | Partes de estructura dobladas o rotas                | BA             | Riesgo de caídas de producto           | No operativa. Impacto en la seguridad de las personas    | 9 | 3 | 3 | 81  | CE-TR1-T311   |
|                                                                                            |                                     | Desgaste estructura por óxido                        | BA             | Riesgo de rompimiento y caída de cajas | Operativa. Perdida de certificación, perdidas económicas | 9 | 3 | 2 | 54  | CE-BA-T312    |
| Contar con parada de emergencia                                                            | Parada de emergencia no acciona     | Botonera en mal estado                               | PE-01          | Accidente laboral                      | No operativa. Impacto en la seguridad                    | 9 | 2 | 2 | 36  | CE-VF-T411    |

### Anexo G: Diagrama lógico de decisión RCM [22].



## **Anexo H: Memoria cálculo de banda transportadora para AF466**

Para la aplicación estudiada se requiere un sistema de banda recta cuyo material debe cumplir los siguientes requisitos:

- i) Resistencia química: El material de la banda debe soportar los regímenes de limpieza diarios del equipo que incluyen detergente clorado al 1%.
- ii) Temperatura de trabajo: El material debe poder trabajar en ambientes con temperaturas cercanas a los 10 °C y con temperatura del material transportado entre 0 y 4°C.
- iii) Cumplimiento de normativas sobre los polímeros que se pueden utilizar de forma segura en la fabricación de artículos que entren en contacto directo con alimentos:

Estas son las normativas de la FDA (agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos) y la normativa general de la Unión Europea 1935/2004/CE.

Dado lo anterior, se propone trabajar con bandas *Intralox* de tipo modular, ya que estas cumplen con las normativas FDA y europea de modo que, en condiciones normales y previsibles de uso, sus componentes no pasarán a los alimentos en cantidades suficientes para poner en peligro la salud humana o provocar un cambio inaceptable en la composición del alimento o un deterioro de sus propiedades organolépticas.

Dentro del universo de materiales de bandas modulares *Intralox*, el que mejor se acomoda a los requisitos de resistencia química y de temperatura es el Polietileno, tal como se indica en la Guía de resistencia química del manual de bandas modulares [32], también es recomendado para aplicaciones donde la temperatura es menor a 10°C.

Con respecto al tipo de superficie de banda esta debe ser lo más lisa posible para evitar la acumulación de restos orgánicos de material y facilitar su limpieza. Por la misma razón se propone un paso (medida módulos) grande con el fin de reducir la cantidad de bisagras de la banda.

Tomando todo lo anterior, se propone utilizar el modelo de banda *Flat Top* Serie 1800, en su versión de polietileno. Es necesario determinar si esta banda es adecuada para la aplicación requerida, y para ello se debe conocer su carga en funcionamiento en comparación con su resistencia en dicho funcionamiento. Los siguientes pasos son los cálculos necesarios para esta comparación teórica:

**Paso 1:** Carga de tensión de la banda o la tracción de la banda, BP [kg/m]

$$BP = [(M + 2W) * Fw + Mp] * L + (M * H) \quad (H1)$$

donde:

M = Carga de producto [ $kg/m^2$ ]

W = Peso de la banda [ $kg/m^2$ ]

L = Longitud del transportador [m]

H = Cambio de altura del transportador [m]

Fw = Coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la banda

$$Mp = M * (Fp * \%acumulación\ en\ la\ banda) \quad (H2)$$

Donde:

Mp = Carga debida a la acumulación del producto

Fp = Coeficiente de fricción en funcionamiento entre el producto y la banda. Al no encontrarse este valor para el salmón, se utilizó un estimado con productos similares.

En la Tabla H1 se muestran los valores de cada parámetro y el valor de BP obtenido.

**Tabla H1: Cálculo tracción de banda.**

|           |               |                      |
|-----------|---------------|----------------------|
| M         | 37,5          | [kg/m <sup>2</sup> ] |
| W         | 10,9          | [kg/m <sup>2</sup> ] |
| Fw        | 0,32          | [-]                  |
| L         | 6             | [m]                  |
| H         | 0             | [m]                  |
| Fp        | 0,26          | [-]                  |
| % acum.   | 0,67          | [%]                  |
| <b>Mp</b> | <b>6,53</b>   | [kg/m <sup>2</sup> ] |
| <b>BP</b> | <b>153,05</b> | [kg/m]               |

**Paso 2:** Ajuste de BP a las condiciones específicas de servicio.

Ya que la banda puede experimentar diversas condiciones, el BP debe ser ajustado aplicando un FACTOR DE SERVICIO, SF apropiado. Este factor, se determina siguiendo la pauta de la Figura H1.

| FACTOR DE SERVICIO (SF)                                               |             |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|-----|
| Arranques sin carga, con carga aplicada gradualmente.                 |             | 1,0 |
| Arranques frecuentes bajo carga<br>(más de una vez por hora)          | AGREGAR 0,2 |     |
| A velocidades mayores de<br>100 FPM (pies por minuto) (30 metros/min) | AGREGAR 0,2 |     |
| Transportadores ascendentes                                           | AGREGAR 0,4 |     |
| Transportadores por empuje                                            | AGREGAR 0,2 |     |
|                                                                       | TOTAL       |     |

**Figura H1: Factor de servicio [33].**

Para la aplicación deseada, considerando los peores casos se podrían llegar a presentar arranques frecuentes bajo carga y velocidades mayores a 30 [m/min], por lo que el factor de servicio considerado es SF =1,4.

La tracción ajustada de la banda, ABP [kg/m], se determina mediante la fórmula H3.

$$ABP = BP * SF \quad (H3)$$

$$ABP = 214,2714 \text{ [kg/m]}$$

**Paso 3:** Calculo de la resistencia permitida de la banda, ABS [kg/m]

La resistencia permitida de la banda, ABS, puede, debido a las condiciones específicas de funcionamiento, ser menor que la resistencia nominal de la banda, la cual se encuentra tabulada según el modelo de banda [25]. Por lo tanto, ABS debe ser calculado mediante la fórmula H4.

$$ABS = BS * T * S \quad (H4)$$

Donde:

BS = Resistencia de la banda, tabulado según modelo de banda.

T = Factor de temperatura, tabulado según tipo de material.

S = Factor de resistencia, tabulado según modelo de banda. Se encuentra en la intersección de la Relación velocidad / longitud y la línea del engranaje apropiada de la Figura H2. Este factor ajusta el índice de la banda para compensar el desgaste causado por la combinación de alta velocidad, transportadores cortos y engranajes pequeños. Cabe destacar que se seleccionó un engranaje de 6 dientes, por simplicidad.

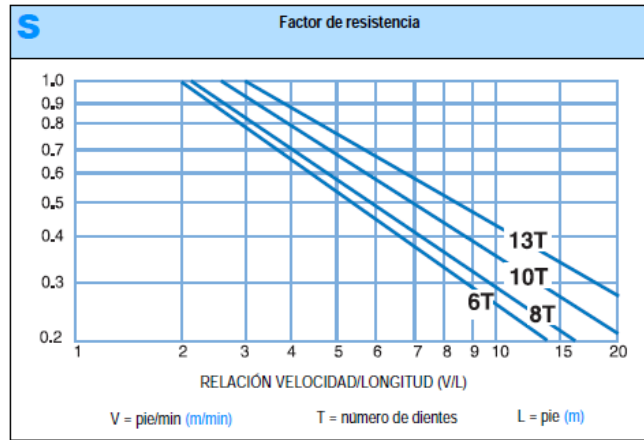


**Figura H2: Factor de resistencia para Serie 1800 [34]**

En la Tabla H2 se muestran los valores de cada parámetro y el valor de BS obtenido.

**Tabla H2: Calculo resistencia permitida de banda.**

|            |              |               |
|------------|--------------|---------------|
| BS         | 1042         | [kg/m]        |
| T          | 0,8          | [-]           |
| S          | 1            | [-]           |
| <b>ABS</b> | <b>833,6</b> | <b>[kg/m]</b> |

**Paso 4:** Comparar ABP con ABS.

Si ABS excede a ABP, la banda es suficientemente fuerte para la aplicación. Si ABS es inferior a ABP y se pueden cambiar algunos parámetros de la aplicación (por ejemplo, la distribución de la carga de producto o la velocidad de la banda), la ABP recalculada puede ser aceptable. En este caso se cumple que ABS es mayor que ABP.

**Paso 5:** Separación máxima entre los engranajes del eje motriz.

El porcentaje de Resistencia permitida de la banda utilizada, ABSU, se determina mediante la fórmula H5.

$$ABSU = \frac{ABP}{ABS} * 100\% \quad (H5)$$

$$ABSU = 25,7 \%$$

Usando la ABSU, se obtiene la separación máxima entre los engranajes, cuyos valores se encuentran tabulados según modelo de banda en el manual de ingeniería de Intralox. Para esta aplicación se obtuvo una separación de engranajes de 102 [mm] dando un total de 7 engranajes por lado.

**Paso 6:** Confirmar la resistencia del eje motriz.

Los ejes motrices deben ser lo suficientemente rígidos para resistir la flexión o deflexión excesivas, originadas por la tracción de la banda y suficientemente fuertes para transmitir el par de torsión requerido. Por lo tanto, se determina la deflexión del eje motriz y el par de torsión para asegurar la selección apropiada del eje. Se ha seleccionado un tamaño de eje de 40 [mm] en base a los datos de engranajes disponibles para el modelo y material de banda elegido.

El eje se flexiona bajo las cargas combinadas de la tracción ajustada de la banda y su propio peso. La carga total del eje,  $w$ , se obtiene de la fórmula H6.

$$w = (ABP + Q) * B \quad (H6)$$

Donde:

$Q$  = Peso del eje [kg/m], según Figura H3.

$B$  = Ancho de la banda [m]

| EJE<br>DATOS                                                                     | (Q) PESO DEL EJE, lb/pie (kg/m) |                        |                        | I<br>MOMENTO DE<br>INERCI<br>pulg. <sup>4</sup> (mm <sup>4</sup> ) |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                                                                  | ALUMINIO                        | ACERO AL<br>CARBONO    | ACERO<br>INOXIDABLE    |                                                                    |
| TAMAÑO                                                                           |                                 |                        |                        |                                                                    |
| 40 mm CUADRADOS                                                                  | (4,335)                         | (12,55) <sup>b</sup>   | (12,55) <sup>b</sup>   | (213.300)                                                          |
| E<br>MÓDULO DE<br>ELASTICIDAD<br>libras/pulg. <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> ) | 10.000.000<br>(7000)            | 30.000.000<br>(21.100) | 28.000.000<br>(19.700) |                                                                    |

**Figura H3: Datos del eje [35].**

En ejes soportados por dos cojinetes como es este caso, la deflexión  $De$ , se calcula con la fórmula H7.

$$De = \frac{5}{384} * \frac{w * Ls^3}{E * I} \quad (H7)$$

Donde:

$Ls$  = Largo del eje entre cojinetes [mm]

$E$  = Modulo de elasticidad [kg/mm<sup>2</sup>], de Figura H3.

$I$  = Momento de inercia, de Figura H3.

Si la deflexión calculada es menor que el máximo recomendado de 2,5 [mm] para transportadores estándar (unidireccionales), se procede a calcular el par de torsión requerido. De lo contrario, se prueba con un eje más grande, un material más fuerte o una separación más corta entre cojinetes y se calcula de nuevo la deflexión. Los valores obtenidos para este caso se encuentran en la Tabla H3.

**Tabla H3: Calculo de carga total y deflexión del eje.**

|          |               |                       |
|----------|---------------|-----------------------|
| Q        | 12,55         | [kg/m]                |
| B        | 0,8           | [m]                   |
| $Ls$     | 900           | [mm]                  |
| E        | 19700         | [kg/mm <sup>2</sup> ] |
| I        | 213300        | [mm <sup>4</sup> ]    |
| <b>W</b> | <b>181,46</b> | [kg]                  |
| <b>D</b> | <b>0,41</b>   | [mm]                  |

El par de torsión,  $To$ , a transmitirse se determina con la fórmula H8.

$$To = ABP * B * \frac{PD}{2} \quad (H8)$$

$$To = 10884,9 [kg * mm]$$

Donde:

**PD** =127 [mm]. Diámetro de paso del engranaje y se obtiene en el manual *Intralox* [36] según el número de dientes seleccionado, que en este caso son 6.

Se compara  $T_o$  con el valor de par de torsión máximo recomendado en el eje motriz, para las dimensiones de bujes de los ejes mostrados en la Figura H4. Usando un diámetro de buje que permita que este pueda ser torneada sobre el eje seleccionado, se determina su par de torsión máximo recomendado. Este valor debe exceder  $T_o$ , de lo contrario, se prueba con un material más fuerte o un eje más grande. Para esta aplicación se cumple la condición.

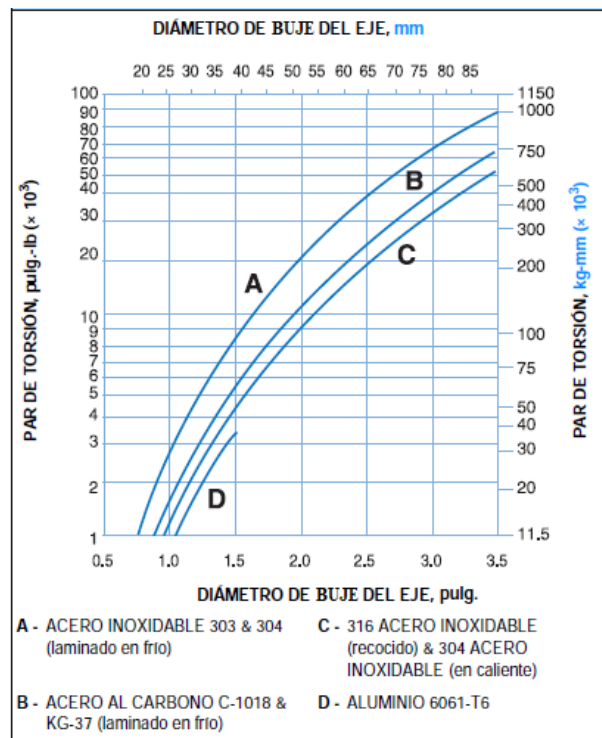


**Figura H4: Par de torsión máximo recomendado [35].**

**Paso 7:** Determinar la potencia necesaria para accionar la banda.

La potencia motriz, en vatios o watt, se obtiene con la Ecuación H8.

$$Potencia\ banda = \frac{ABP \cdot B \cdot V}{6,12} \quad (H8)$$

Donde:

ABP = Fuerza de tracción ajustada [kg/m]

B = Ancho de banda [m]

V = Velocidad de la banda [m/min]

Obteniéndose un valor de potencia de accionamiento igual a 280,1 [W]

Para obtener la potencia requerida por el motor se añade a la potencia calculada, las pérdidas de potencia previstas en el tren motriz entre el eje motriz y el motor, usando la Ecuación H9. Estas pérdidas se estimaron en 30% para considerar el peor escenario.

$$Potencia\ motriz = \frac{Potencia\ banda}{100 - Pérdidas} * 100 \quad (H9)$$

$$Potencia\ motriz = \frac{280,1}{100 - 30} * 100 = 400,13 [W]$$

Finalmente, en base a los resultados obtenidos, se recomienda utilizar una banda modular de polietileno modelo *Flat Top* Serie 1800 y un motor reductor de 0,55 [kW].

## Anexo I: Ficha técnica banda *Flat Top* Serie 1800 Intralox [25].

**Intralox**
**SERIES 1800**

### Flat Top

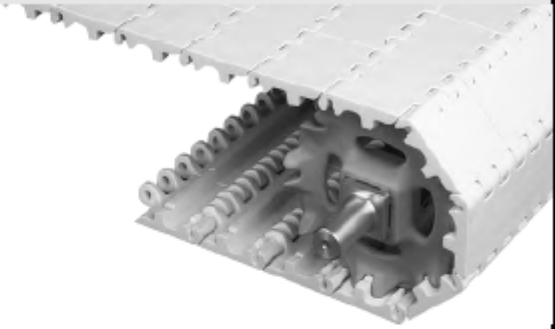
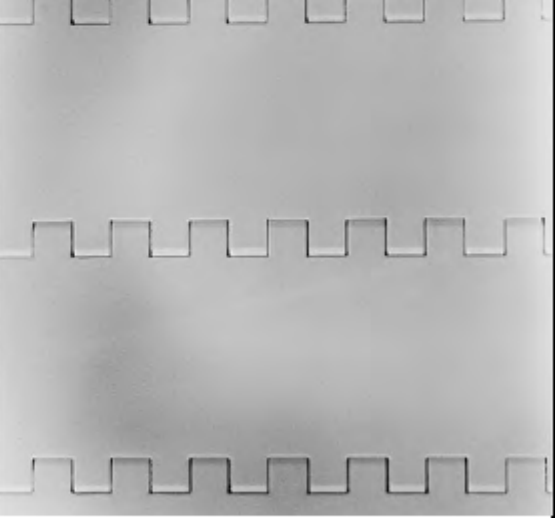
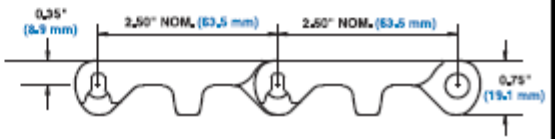
|                            | in            | mm   |
|----------------------------|---------------|------|
| Pitch                      | 2.50          | 63.5 |
| Minimum Width              | 5             | 127  |
| Width Increments           | 1.00          | 25.4 |
| Opening Size (approximate) | -             | -    |
| Open Area                  | 0%            |      |
| Hinge Style                | Open          |      |
| Drive Method               | Center-driven |      |

### Product Notes

- Contact Intralox for precise belt measurements and stock status before designing equipment or ordering a belt.
- Smooth, closed upper surface with fully flush edges.
- Uses headless rods.
- Impact resistant belt designed for abusive applications.
- Easy retrofit from Series 800 without extensive conveyor frame changes for most meat industry applications since the A,B,C,E dimensions are within 1/4 in (6 mm) of Series 800.
- Cam-link designed hinges - expose more hinge and rod area as belt goes around the sprocket. This exclusive Intralox feature allows unsurpassed cleaning access to this area.
- Like Series 800 and Series 1600, the drive bar on the underside of S1800 Flat Top channels water and debris to the outside of the belt for easier, faster cleanup. The drive bar's effectiveness has been proven both in-house and in field tests.

### Additional Information

- See "Belt Selection Process" (page 7)
- See "Standard Belt Materials" (page 22)
- See "Special Application Belt Materials" (page 22)
- See "Friction factors" (page 26)

| Belt Data                            |                                                 |       |      |                                   |           |        |       |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------|-------|------|-----------------------------------|-----------|--------|-------|
| Belt Material                        | Standard Rod Material<br>Ø 0.312 in<br>(7.9 mm) | BS    |      | Temperature Range<br>(continuous) |           | W      |       |
|                                      |                                                 | lb/ft | kg/m | °F                                | °C        | lb/ft² | kg/m² |
| Polypropylene                        | Polypropylene                                   | 1200  | 1786 | 34 to 220                         | 1 to 104  | 2.06   | 10.08 |
| Polyethylene                         | Polyethylene                                    | 700   | 1042 | -50 to 150                        | -46 to 66 | 2.23   | 10.90 |
| Acetal                               | Polyethylene                                    | 1200  | 1786 | -50 to 150                        | -46 to 66 | 3.36   | 16.40 |
| Acetal                               | Polypropylene                                   | 1500  | 2232 | 34 to 200                         | 1 to 93   | 3.36   | 16.40 |
| X-Ray Detectable Acetal <sup>a</sup> | Polyethylene                                    | 1000  | 1490 | -50 to 150                        | -46 to 66 | 3.77   | 18.41 |

a. Designed specifically to be detected by x-ray machines.

Anexo J: Plano rodillo de sujeción para AFE13.

