

UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

PROYECTO APLICADO DE MEJORAMIENTO

**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN Y
MODERNIZACIÓN DE PLANTA DE PASTAS Y PULPAS**

AUTOR:
MARÍA IGNACIA BARRAZA LEYTON

PROFESOR TUTOR:
CARLOS TOLEDO ABARCA

CURICÓ - CHILE
SEPTIEMBRE DE 2018

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Two circular stamps and signatures. The left stamp is from the 'DIRECCIÓN SISTEMA DE BIBLIOTECAS UNIVERSIDAD DE TALCA' with a signature over it. The right stamp is from the 'SISTEMA DE BIBLIOTECAS CAMPUS CURICO' with a signature over it.

Curicó, 2019

DEDICATORIA.

Dedico la presente memoria a mi padre e hija.

“Análisis técnico y económico de red domiciliaria de agua potable y alcantarillado en viviendas en serie optimizando recursos, en la Provincia de Curicó”

RESUMEN EJECUTIVO

Agrozzi es una empresa dedicada al rubro agroindustrial y se ubica en camino longitudinal sur km. 174, Teno. Esta empresa posee cuatro plantas, una de ellas es la de pastas y pulpas, que es el lugar específico donde se realiza el presente proyecto.

Actualmente la planta de pastas y pulpas cuenta con equipamiento que posee diferentes tecnologías y antigüedad en sus procesos, encontrándose equipos que operan desde 1989 hasta otros de 2016. Por lo anterior, se generan regularmente detenciones en la línea de proceso, ocasionadas por la paralización de equipos, lo que produce una serie de costos asociados. Por las razones antes mencionadas, es que surge la oportunidad de ver la posibilidad de analizar en detalle el equipamiento, determinando posibilidades de automatizar y/o modernizar los equipos que actualmente se encuentran operando.

Para evaluar la posibilidad de automatización o modernización de la planta de pastas y pulpas, se estudia la situación actual del equipamiento, se realizan una serie de estudios como estudios de tiempos y desecho, se analiza la mano de obra utilizada, las tecnologías existentes que puedan reemplazar las funciones que se efectúan manualmente o que puedan reemplazar los equipos que deban ser cambiados. Lo central de este trabajo es la aplicación de la teoría de reemplazo de equipos según los costos generales de su operación. También se elabora un análisis de automatización según una serie de factores que se detallan en el presente trabajo y un análisis del momento óptimo de reemplazo, para los equipos de los procesos que ya se encuentran automatizados.

Finalmente, con el análisis confeccionado, se determinan los procesos que se deben automatizar, así como los equipos que deben ser reemplazados, para cada uno de los cuales se elabora un proyecto con la propuesta de diseño técnico del cambio, y se realiza la evaluación económica respectiva para ver la factibilidad de incorporar estos proyectos a la planta de pastas y pulpas.

María Ignacia Barraza Leyton (mbarraza09@alumnos.utalca.cl)
Estudiante de Ingeniería Civil Industrial-Universidad de Talca
Septiembre 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	6
1. Introducción.....	7
1.1. Lugar de aplicación.....	7
1.1.1. Visión	8
1.1.2. Valores corporativos.....	8
1.1.3. Estructura organizacional	8
1.1.4. Descripción de productos	9
1.1.5. Proveedores de materias primas	11
1.2. Problemática u oportunidad	11
1.3. Objetivos.....	12
1.3.1. Objetivo general	13
1.3.2. Objetivos específicos.....	13
1.4. Resultados tangibles esperados.....	13
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN	15
2. Marco teórico y metodología de solución	16
2.1. Marco teórico.....	16
2.1.1. Estadística descriptiva	16
2.1.2. Estudio de tiempos	16
2.1.3. Teoría de reemplazo de activos	19
2.1.4. Diseño de instalaciones	23
2.2. Metodología de solución.....	24
2.2.1. Diagnóstico situación actual.....	24
2.2.2. Análisis de las posibles vías de solución.....	24

2.2.3.	Evaluación económica de las soluciones.....	25
2.2.4.	Reconfiguración y estandarización de procesos	25
CAPÍTULO 3: FORMALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RELEVANTE.....		26
3.	Formalización y descripción del sistema.....	27
3.1.	Instalaciones de la planta	27
3.2.	Descripción de los procesos actuales.....	29
3.2.1.	Elaboración de pastas	29
3.2.2.	Elaboración de pulpas.....	31
3.3.	Características de los equipos del proceso.....	32
3.3.1.	Equipos para la elaboración de pastas	33
3.3.2.	Equipos para la elaboración de pulpas	34
3.3.3.	Equipos utilizados conjuntamente	35
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE AUTOMATIZACIÓN O MODERNIZACIÓN.....		38
4.	Análisis de automatización o modernización	39
4.1.	Metodología utilizada para el análisis	39
4.2.	Análisis de automatización o modernización subproceso Despaletizado.....	43
4.2.1.	Mano de obra utilizada en el proceso	43
4.2.2.	Tecnología alternativa con menor uso de MO.....	44
4.2.3.	Capacidad de proceso requerida	45
4.2.4.	Implicancia del equipo analizado	48
4.3.	Análisis de automatización o modernización proceso de Evaporación	51
4.3.1.	Mano de obra utilizada en el proceso	52
4.3.2.	Análisis del equipo actual.....	52
4.3.3.	Análisis del momento óptimo de reemplazo	54
4.4.	Análisis de automatización o modernización proceso de envasado	56

4.4.1.	Mano de obra utilizada en el proceso	56
4.4.2.	Análisis del equipo actual.....	57
4.4.3.	Análisis del momento óptimo de reemplazo	59
4.5.	Análisis de automatización o modernización proceso de descarga tomate	61
4.5.1.	Mano de obra utilizada en el proceso	62
4.5.2.	Análisis del equipo actual.....	63
4.5.3.	Análisis del momento óptimo de reemplazo	65
4.5.4.	Análisis de tecnologías existentes	66
4.6.	Análisis de automatización o modernización proceso de descarga fruta.....	67
4.6.1.	Mano de obra utilizada en el proceso	67
4.6.2.	Tecnología alternativa con menor uso de MO.....	68
4.6.3.	Capacidad de proceso requerida	71
4.6.4.	Implicancia del equipo analizado	73
4.7.	Análisis de automatización o modernización proceso de selección de fruta.....	75
4.7.1.	Mano de obra utilizada en el proceso	76
4.7.2.	Análisis del equipo actual.....	76
4.7.3.	Análisis del momento óptimo de reemplazo	78
4.8.	Análisis de automatización o modernización proceso de cocción.....	79
4.8.1.	Mano de obra utilizada en el proceso	80
4.8.2.	Análisis del equipo actual.....	81
4.8.3.	Análisis del momento óptimo de reemplazo	83
4.8.4.	Análisis de tecnologías existentes	84
4.9.	Análisis de automatización o modernización proceso de tamizado.....	86
4.9.1.	Mano de obra utilizada en el proceso	86
4.9.2.	Análisis del equipo actual.....	87

4.9.3. Análisis del momento óptimo de reemplazo	88
4.10. Análisis de automatización o modernización proceso de esterilización	90
4.10.1. Mano de obra utilizada en el proceso	91
4.10.2. Análisis del equipo actual	91
4.10.3. Análisis del momento óptimo de reemplazo.....	92
CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN O MODERNIZACIÓN	94
5. Propuesta de automatización o modernización	95
5.1. Propuesta de automatización subproceso Despaletizado.....	95
5.1.1. Evaluación económica del equipo	95
5.1.2. Diseño de <i>layout</i> del equipo	96
5.2. Propuesta de automatización proceso de descarga fruta.....	98
5.2.1. Evaluación económica del equipo	98
5.2.2. Diseño de <i>layout</i> del equipo	99
5.3. Propuesta de modernización proceso de descarga tomate	101
5.3.1. Evaluación económica del equipo	101
5.3.2. Diseño de <i>layout</i> del equipo	101
5.4. Propuesta de modernización proceso de cocción.....	102
5.4.1. Evaluación económica del equipo	102
5.4.2. Diseño de <i>layout</i> del equipo	103
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA PROYECTOS FUTUROS	104
6. Conclusiones y recomendaciones para proyectos futuros	105
6.1. Conclusiones.....	105
6.2. Recomendaciones para proyectos futuros.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción equipos línea de pastas.....	34
Tabla 2: Descripción equipos línea de pulpas.	35
Tabla 3: Descripción equipos utilizados en común.	36
Tabla 4: Factores de análisis para automatizar un proceso.	42
Tabla 5: Características generales <i>Motoman</i> MH180.....	44
Tabla 6: Resultados estudio de <i>peak</i> de tambores temporada 2018.	46
Tabla 7: Descripción y tiempos de actividades de sector despaletizado.	48
Tabla 8: Resultados estudio de tiempos.	49
Tabla 9: Comparativa de resultados estudio de tiempos.	50
Tabla 10: Detenciones de evaporadores.	53
Tabla 11: Resumen momento óptimo evaporadores.	55
Tabla 12: Detenciones de las envasadoras.	57
Tabla 13: Resumen momento óptimo envasadoras.	61
Tabla 14: Detenciones de selectores de color.....	64
Tabla 15: Resumen momento óptimo selectores de color.....	65
Tabla 16: Comparativa de cotización volcador de bins.....	70
Tabla 17: Utilización de tinas descarga de fruta según tipo de producto.....	71
Tabla 18: Resultados estudio de desecho de fruta en sector de descarga.....	74
Tabla 19: Detenciones de líneas de selección de fruta.	76
Tabla 20: Resumen momento óptimo líneas de selección de fruta.	79
Tabla 21: Detenciones de cocedores.	82
Tabla 22: Resumen momento óptimo cocedores.....	84
Tabla 23: Comparativa de cocedores industriales.	85

Tabla 24: Detenciones de tamizadoras.	87
Tabla 25: Resumen momento óptimo de tamizadoras.....	89
Tabla 26: Detenciones de esterilizadores.	91
Tabla 27: Resumen momento óptimo esterilizadores.....	93

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Producción mensual de pastas y pulpas temporada 2018.	46
Gráfico 2: Estudio de <i>peak</i> de tambores temporada 2018.....	47
Gráfico 3: Diagrama de Pareto para las detenciones de los equipos de evaporación.....	53
Gráfico 4: Curva del costo anual equivalente de evaporador T-1500.	55
Gráfico 5: Diagrama de Pareto para las detenciones de envasadoras.....	59
Gráfico 6: Curva del costo anual equivalente de envasadora 3.....	60
Gráfico 7: Diagrama de Pareto para las detenciones del sector de descarga.....	64
Gráfico 8: Curva del costo anual equivalente de Raytec 1.....	65
Gráfico 9: Producción temporada 2018 (según tipo de producto).....	72
Gráfico 10: Diagrama de Pareto para las detenciones de líneas de selección de fruta.....	77
Gráfico 11: Curva del costo anual equivalente de Zenith 1.	79
Gráfico 12: Diagrama de Pareto para las detenciones de cocedores.	82
Gráfico 13: Curva del costo anual equivalente de argentino 6.....	83
Gráfico 14: Diagrama de Pareto para las detenciones de tamizadoras.....	87
Gráfico 15: Curva del costo anual equivalente de tamizadora 11.	89
Gráfico 16: Diagrama de Pareto para las detenciones de esterilizadores.	92
Gráfico 17: Curva del costo anual equivalente de esterilizador TC-13.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Planta agroindustrial.....	7
Ilustración 2: Organigrama de la gerencia de operaciones.....	10
Ilustración 3: Curva de comportamiento del CAE.	23
Ilustración 4: Distribución de planta de pastas y pulpas.	28
Ilustración 5: Diagrama de proceso de elaboración de pastas.	30
Ilustración 6: Diagrama de procesos de elaboración de pulpas.....	32
Ilustración 7: Metodología utilizada para el análisis.....	41
Ilustración 8: Brazo robótico <i>Motoman</i> MH180.	44
Ilustración 9: Sistema de cogida <i>Motoman</i> MH180.....	45
Ilustración 10: Selector de color raytec visión.	66
Ilustración 11: Volcador de bins <i>Navatta Group</i>	68
Ilustración 12: Panel de control.....	69
Ilustración 13: Dispositivo de control portátil.....	69
Ilustración 14: Volcador de bins CFT.	70
Ilustración 15: Cocedor industrial MH 422.....	84
Ilustración 16: Cocedor industrial RH 13.....	85
Ilustración 17: Diseño de <i>layout</i> para el brazo robótico.....	97
Ilustración 18: Diseño de <i>layout</i> para el volcador de bins.....	100

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Muestra necesaria para una evaluación.	18
---	----

Ecuación 2: Desviación estándar utilizada para una muestra de datos.....	18
Ecuación 3: Tiempo normal de un estudio de tiempos.....	19
Ecuación 4: Tiempo estándar de un estudio de tiempos.....	19
Ecuación 5: Valor actual neto.....	20
Ecuación 6: Valor actual de costos.....	21
Ecuación 7: Valor anual equivalente.....	21
Ecuación 8: Costo anual equivalente.....	22
Ecuación 9: Cálculo de dotación de personal con brazo robótico.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Detalle de detenciones sector descarga.....	109
Anexo 2: Continuación detalle de detenciones sector descarga.....	110
Anexo 3: Continuación detalle de detenciones sector descarga.....	111
Anexo 4: Continuación detalle de detenciones sector descarga.....	112
Anexo 5: Continuación detalle de detenciones sector descarga.....	113
Anexo 6: Continuación detalle de detenciones sector descarga.....	114
Anexo 7: Continuación detalle de detenciones sector descarga.....	115
Anexo 8: Detalle momento óptimo de reemplazo evaporador T-1000.....	116
Anexo 9: Detalle momento óptimo de reemplazo evaporador T-100.....	117
Anexo 10: Detalle momento óptimo de reemplazo evaporador T-600.....	118
Anexo 11: Detalle momento óptimo de reemplazo evaporador T-900.....	119
Anexo 12: Detalle momento óptimo de reemplazo evaporador T-1200.....	120
Anexo 13: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 1.....	121
Anexo 14: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 2.....	122

Anexo 15: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 4.	123
Anexo 16: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 5.	124
Anexo 17: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 6.	125
Anexo 18: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 8.	126
Anexo 19: Detalle momento óptimo de reemplazo protec.	127
Anexo 20: Detalle momento óptimo de reemplazo raytec 4.	128
Anexo 21: Detalle momento óptimo de reemplazo zenith 2.	129
Anexo 22: Detalle momento óptimo de reemplazo tamizadora 4.	130
Anexo 23: Detalle momento óptimo de reemplazo tamizadora 6.	131
Anexo 24: Detalle momento óptimo de reemplazo tamizadora 7.	132
Anexo 25: Detalle momento óptimo de reemplazo esterilizador monoblock.	133
Anexo 26: Detalle momento óptimo de reemplazo esterilizador flash cooler 1.	134
Anexo 27: Detalle momento óptimo de reemplazo esterilizador flash cooler 2.	135
Anexo 28: Evaluación económica sub proceso despaletizado.	136
Anexo 29: Evaluación económica volcador de bins.	137
Anexo 30: Evaluación económica selector de color.	138
Anexo 31: Evaluación económica cocedor.	139

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta la empresa donde se desea realizar el proyecto de mejoramiento, la problemática que posee actualmente, los objetivos propuestos para solucionarla y los resultados tangibles esperados.

1. Introducción

En esta sección se describe la empresa en la que se quiere realizar el proyecto de mejoramiento, los productos que se elaboran en ella, su organización estructural y donde específicamente se desea realizar el proyecto. Además se presenta la problemática detectada en la línea de pastas y pulpas, junto con los objetivos planteados para su resolución y los resultados tangibles que se esperan obtener con este proyecto.

1.1. Lugar de aplicación

El presente proyecto de mejoramiento se realiza en la planta Agrozzi, ubicada en camino longitudinal sur km. 174, Teno. Esta planta pertenece a la empresa Carozzi S.A., la cual procesa una amplia variedad de alimentos, desde confites, pastas, salsas de tomates hasta alimento para animales. Agrozzi a su vez se subdivide en planta de jugos y planta de pulpas y pastas, en esta última es donde se efectúa específicamente el proyecto de mejoramiento (Ilustración 1)

Ilustración 1: Planta agroindustrial.



Fuente: Información proporcionada por Agrozzi.

Agrozzi nace el año 1990 con el fin de cubrir el área agroindustrial de empresas Carozzi, específicamente la elaboración de productos derivados del tomate, producción de pulpas de frutas y vegetales, ya que es la zona donde se encuentran la mayor cantidad de áreas plantadas de estos productos, esto permite que hoy sea la planta más moderna y que procesa la mayor cantidad de

frutas y vegetales del hemisferio sur, con una capacidad de proceso de 7.000 toneladas diarias de materia prima.

Para el procesamiento de los productos, Agrozzi cuenta con una alta tecnología, logrando satisfacer los requerimientos específicos de cada cliente, dentro de las cuales se encuentra la tecnología *Cold process*, la cual mediante extracción en frío, permite elaborar pulpas de vegetales y frutas con los estándares más altos de calidad.

1.1.1. Visión

A continuación se presenta la visión que tiene la planta agroindustrial.

“Ser la compañía de consumo masivo más respetada y valorada de Latinoamérica”

1.1.2. Valores corporativos

En esta sección se presentan los valores corporativos por los que se rigen en la planta Agrozzi.

- Valoramos a las personas y las respetamos integralmente.
- Privilegiamos siempre la conducta honesta y nos comprometemos profundamente con la compañía.
- Administramos los recursos con sobriedad y eficiencia.
- Sentimos pasión por el trabajo bien hecho.

1.1.3. Estructura organizacional

Agrozzi cuenta con una estructura jerárquica y funcional, compuesta por cuatro gerencias: gerencia de operaciones, a cargo de toda la planta agroindustrial; gerencia de exportaciones, la cual gestiona el área comercial de Agrozzi; gerencia técnica de división, quien se preocupa del desarrollo de los productos según los requerimientos de los clientes y de la calidad de los mismos; gerencia de producción, enfocada en la planta de pastas de tomates y pulpas de frutas y vegetales, y por último la subgerencia de producción, la cual se encuentra a cargo de los productos de retail, tales como salsas de tomate y compotas de fruta.

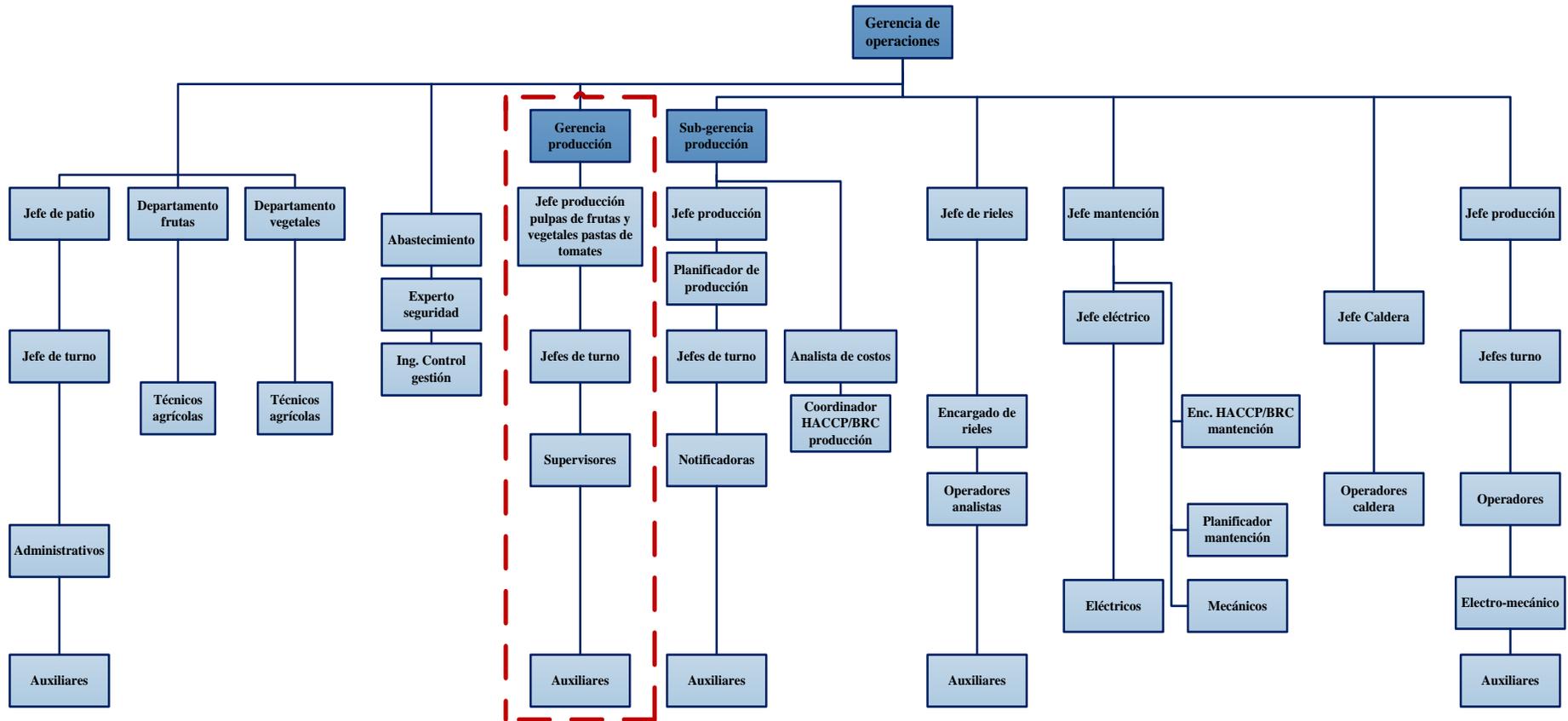
Específicamente el trabajo de aplicación se realiza en la gerencia de producción de pastas de tomates y pulpas de frutas y vegetales, tal como se indica en la Ilustración 2.

1.1.4. Descripción de productos

Agrozzi procesa una variedad de productos derivados del tomate, además de pulpas de frutas y vegetales, los cuales se detallan a continuación:

- **Derivados del tomate:** dentro de los derivados del tomate se encuentra la producción de pastas de tomates, siendo Agrozzi uno de los mayores productores del país. También esta planta cuenta con una línea institucional, la cual se encarga de la elaboración de productos destinados a cadenas de restaurantes y clientes institucionales como *Mc Donalds* y *Burger King*. Además, esta planta agroindustrial cuenta con un área comercial enfocada en el *retail*, la que elabora ketchup y salsas de tomates, destinados al mercado nacional e internacional, entre lo que se encuentra la cadena de supermercado mayorista Albi.
- **Pulpas vegetales:** la producción de pulpas de vegetales comenzó en el año 2006, para cubrir un mercado con un alto potencial de desarrollo, entre las que se encuentran la pulpa de betarraga, espinaca, pimentón, zanahoria, zapallo y zapallo italiano. Esta expansión de mercado y la calidad de los productos que se elaboran, han permitido a esta planta agroindustrial proveer a prestigiosas empresas internacionales dedicadas a la producción de alimentos infantiles.
- **Pulpas de fruta:** en la elaboración de jugos concentrados y pulpas de fruta se procesan arándanos, cerezas, ciruelas, damascos, duraznos, frambuesas, frutillas, kiwis, manzanas y peras. Esta planta se ha destacado como el mayor productor mundial de pulpas de frutas mediterráneas, siendo sus principales destinos América latina, Europa del Este y Norteamérica.

Ilustración 2: Organigrama de la gerencia de operaciones.



Fuente. Elaboración propia en base a información de Agrozzi.

1.1.5. Proveedores de materias primas

Agrozzi exporta a diversos mercados competitivos presente en los cinco continentes, por lo que debe tener un constante abastecimiento de materias primas, es por esta razón que Agrozzi ha diversificado la variedad de alimentos a procesar, para no depender de la cosecha de estos. Actualmente la empresa mantiene contratos con 1.972 agricultores de tomates, frutas y vegetales.

Para el abastecimiento de tomate, Agrozzi contrata a sus agricultores la siembra de tomates en una superficie de 4.000 hectáreas, los cuales se deben procesar en un plazo máximo de 24 horas, para mantenerlos en óptimas condiciones y con ello elaborar productos de calidad.

Para la elaboración de pulpas de vegetales, Agrozzi obtiene su materia prima directamente de los agricultores, los cuales son asesorados por la empresa para obtener vegetales de alta calidad y con ello cumplir con los requerimientos que especifican los clientes.

Para la elaboración de pulpas de fruta, esta planta agroindustrial realiza contratos a largo plazo con los agricultores u obtiene la fruta directamente de los *packing* de exportación.

El equipo agrícola de Agrozzi se encarga de supervisar todas las etapas, desde la siembra hasta la cosecha de la materia prima, especialmente la cosecha de fruta, en la que realiza un control en el manejo exhaustivo de los huertos, supervisando los residuos de pesticidas en las materias primas y productos terminados, para cumplir con las especificaciones técnicas de sus clientes.

1.2. Problemática u oportunidad

Agrozzi es una planta que manipula frutas y vegetales, los cuales tienen que procesarse oportunamente para que no se deterioren y con ello no pierdan la calidad que se necesita para cumplir con los requerimientos de los clientes. Es por esta razón que esta planta opera las 24

horas del día, en tres turnos de trabajo, es decir, es un proceso continuo que requiere que sus operarios y máquinas operen a la máxima capacidad disponible.

Actualmente existen procesos en los que se producen fallas por causas humanas como es en el área de descarga de la línea de pulpas, debido al mal manejo de los pallet por parte de los grueros, además existen constantes detenciones en el área de descarga de la línea de pastas, producidos por problemas en la operación de los equipos que se utilizan en esta zona propiamente tal y a su vez, por fallas de equipos de otros procesos contiguos. También en el área de despaletizado existen operarios que generan tiempos ociosos, debido a la gran cantidad de personas dispuestas para una misma función. Todos los problemas mencionados producen las detenciones de parte de la línea o en casos extremos la detención de la línea completa, lo que produce la pérdida de producto, ya que se debe reprocesar porque se deterioran con una mayor rapidez, generando costos innecesarios a la empresa.

A su vez, los equipos utilizados en el proceso poseen diferentes tipos de tecnologías, existen procesos que son automatizados como en la zona de transporte de producto terminado, sector de envasado, y otros equipos que poseen diferentes antigüedades como lo son los cocedores, de la línea de pasta.

Por las razones antes planteadas y para responder a la solicitud de la empresa de ver la posibilidad de automatización de la mayor parte de la línea de pastas y pulpas, es que se pretende analizar toda la línea de producción y evaluar la posibilidad de modernizar o automatizar los procesos más relevantes dentro de ésta, ya que no se quiere aumentar su capacidad, según lo conversado con los encargados de los procesos, sino más bien ver la posibilidad de mejorar la tecnología de los procesos existentes, para seguir entregando productos de calidad y mantener el posicionamiento de la empresa, con los mayores estándares de calidad y producción del hemisferio sur.

1.3. Objetivos

En esta sección se presentan el objetivo general y los respectivos objetivos específicos para poder resolver la problemática planteada y con ello mantener la visión que Agrozzi tiene como planta agroindustrial.

1.3.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de diseño y evaluación de automatización y modernización de la planta de pastas y pulpas en base a la estructuración de la operación actual, y de esta manera aumentar la eficiencia operacional y de costos actuales de la planta Agrozzi.

1.3.2. Objetivos específicos

A continuación, se detallan los objetivos específicos de este proyecto de mejoramiento, de manera tal, que permitan alcanzar el objetivo general planteado anteriormente.

- Medir los parámetros operacionales actuales de la línea de producción, para tener una idea clara de los problemas actuales de la planta.
- Determinar posibles alternativas tecnológicas de automatización y modernización, con el fin de dar respuesta a las inquietudes planteadas por Agrozzi.
- Proponer alternativas de reconfiguración del equipamiento actual, para aumentar la eficiencia de los procesos actuales.
- Evaluar económica y operacionalmente las alternativas de reconfiguración propuestas, de manera tal de entregar todas las herramientas necesarias para que los encargados del proceso productivo determinen la mejor solución operacional y viable económicamente de la planta agroindustrial.

1.4. Resultados tangibles esperados

En este apartado se presentan los resultados tangibles que se esperan obtener con este proyecto de aplicación.

- **Diagnóstico y formalización del proceso actual:** con este resultado se espera tener una idea clara de la situación actual de la empresa y mediante esto, poder abordar los problemas y deficiencias existentes en el proceso.
- **Evaluación técnica de cada equipo:** gracias a esta evaluación se podrá saber si es necesaria la modernización de los equipos, en cuanto a cambio de ellos por uno más nuevo o cambiarlo por otro, con una misma capacidad de proceso.

- **Propuestas de mejora en el sentido de automatización y modernización:** con esta propuesta se pretende entregar alternativas viables para la empresa pero que se deben definir y elegir según las opciones de viabilidad económica que tenga Agrozzi.
- **Evaluación económica y operacional:** mediante esta evaluación económica y operacional se desea entregar las herramientas necesarias para que los encargados de la línea de producción tomen la decisión de optar por una u otra alternativa presentada, según la tasa de recuperación del capital que tenga la empresa para sus proyectos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN

En el presente capítulo se detalla el marco teórico y la metodología con la que se quiere abordar este proyecto aplicado de mejoramiento.

2. Marco teórico y metodología de solución

En esta sección se explica en detalle el marco teórico, que contiene las herramientas que se pretenden utilizar en el proyecto, al igual que la metodología para cumplir con los resultados tangibles del proyecto.

2.1. Marco teórico

En esta sección se describe en detalle el marco teórico en el que se desea basar el proyecto de aplicación, para cumplir con los distintos objetivos planteados.

2.1.1. Estadística descriptiva

La estadística es una disciplina que permite obtener, recopilar, procesar, resumir y presentar datos de manera resumida, para poder interpretarlos y con ello obtener conclusiones de una gran cantidad de datos existentes, en resumen se utiliza para describir la información y hacer inferencias a partir de un conjunto de datos (Rustom, 2012).

Según el tipo de variable a trabajar, se pueden obtener gráficos de barras, gráficos de torta, tablas de frecuencia, histogramas o medidas de dispersión, como lo son la media aritmética y la desviación estándar, herramientas que se desean utilizar en el diagnóstico a realizar.

2.1.2. Estudio de tiempos

Entre las técnicas de medición del trabajo, el cual tiene como objetivo determinar el tiempo estándar, es decir, la cantidad de trabajo humano necesario para producir un artículo en un tiempo determinado, se encuentra el estudio del tiempo.

Por su parte el estudio de tiempo es la técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada, dependiendo de los estándares que se desean cumplir. Estos estudios se llevan a cabo cuando (García, 2005):

- Se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea.
- Se presentan quejas de los trabajadores sobre el tiempo en el que se incurre en una operación.
- Surgen demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
- Se pretende fijar los tiempos estándar para un sistema de incentivos.
- Se detectan bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas.

Para ejecutar el estudio de tiempo se definen dos etapas de elaboración, las que se especifican a continuación:

- **Preparación:** consiste en la selección de la operación que se quiere estudiar en particular, el trabajador a evaluar y el análisis del método de trabajo.
- **Ejecución:** en esta parte se obtiene y registra la información observada, además se descompone la tarea en elementos de estudio, para luego cronometrar y calcular el tiempo base o valorado.

Para obtener el tiempo requerido se debe tener en cuenta el tipo de operación que se este realizando y se puede determinar mediante los siguientes procedimientos:

- Fórmula estadística
- Ábaco de Liffson.
- Tabla Westinghouse.
- Criterio de la General Electric.

Para el caso del estudio particular de la planta Agrozzi, se utilizan las fórmulas estadísticas, mediante las cuales se determina la muestra necesaria a evaluar (N), a partir de una representativa, con la cual se fija un error (e) y un nivel de confianza. Para obtener esta muestra, se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Muestra necesaria para una evaluación.

$$N = \left(\frac{z * \sigma}{e} \right)^2$$

Fuente: (Garcia, 2005).

Dónde:

z = nivel de confianza.

e = error expresado en forma decimal.

σ = desviación estandar de la muestra.

La desviación estandar de la curva de la distribución de frecuencias de los tiempos de cronometro obtenidos σ es igual a:

Ecuación 2: Desviación estándar utilizada para una muestra de datos.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f(x_i - x)^2}{n}}$$

Fuente: (Garcia, 2005).

Dónde:

x_i = valores obtenidos de los tiempos de reloj.

x = media aritmetica de los tiempos de reloj.

n = número de mediciones efectuadas.

N = frecuencia de cada tiempo de reloj tomado.

Además, se debe calificar el desempeño del operario a evaluar bajo un parametro (C), definido por el supervisor del proceso (Niebel, 2009). Luego se debe calcular el tiempo normal (TN), el que se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 3: Tiempo normal de un estudio de tiempos.

$$TN = TO * \frac{C}{100}$$

Fuente: (Niebel, 2009).

Dónde:

TO = tiempo observado.

C = parametro definido por el supervisor.

A continuación se debe definir el tiempo de suplemento (S), ya que los operarios no mantienen el ritmo de trabajo toda la jornada. Para finalmente obtener el tiempo estándar (TE), el cual se estima mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 4: Tiempo estándar de un estudio de tiempos.

$$TE = TN + TN * S$$

Fuente: (Niebel, 2009).

Dónde:

S = tiempo de suplemento.

2.1.3. Teoría de reemplazo de activos

La teoría de reemplazo de activos tiene como objetivo entregar los elementos necesarios para tomar la decisión de adquirir equipos nuevos, para reemplazar equipos usados o porque estén presentando fallas en su operación (División de planificación, 2005).

En el caso de la adquisición de equipos por primera vez, se calculan indicadores para evaluar si es conveniente automatizar procesos que actualmente se desarrollen en forma manual, es decir, si es pertinente la sustitución de mano de obra por tecnología capacitada para realizar la operación.

Para la aplicación de la teoría de reemplazo se definen distintos tipos de proyecto, tales como:

- **Proyectos de Reposición:** implica la renovación total o parcial de un equipo ya existente, sin cambios de la capacidad y calidad de los servicios de dicho equipo.
- **Proyectos de Equipamiento:** consiste en la adquisición y/o instalación de nuevos equipos para algún servicio o proceso existente, estos equipos no reemplazan a ningún otro, ya que se adquieren para procesos que se realizan por primera vez.
- **Proyectos de Ampliación:** consiste en el aumento de la capacidad del servicio por medio de la adquisición de equipamiento adicional o por medio del cambio tecnológico.

A continuación, se presentan los indicadores financieros utilizados en los distintos proyectos antes mencionados:

- **Valor Actual Neto (VAN):** de acuerdo a este indicador, cualquier proyecto es conveniente si su VAN es positivo y la alternativa más conveniente entre reemplazar o no reemplazar será aquella que tenga mayor VAN. Este indicador permite sumar costos y beneficios que se producen en distintos períodos de tiempo, los cuales no pueden ser sumados directamente debido a que el valor del dinero varía en el tiempo. El VAN puede determinarse con la siguiente expresión:

Ecuación 5: Valor actual neto.

$$VAN = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{B_i - C_i}{(1 + r)^i}$$

Fuente: (División de planificación, 2005).

Dónde:

r = tasa de descuento.

n = horizonte de evaluación del proyecto (número de períodos de tiempo a considerar en el análisis).

B_i = beneficios del periodo “i”.

C_i = costos del período “i”.

- **Valor Actual de Costos (VAC):** este indicador sirve para seleccionar la alternativa de mínimo costo, es decir, la que consume menos recursos y se utiliza cuando se comparan alternativas de proyectos que tienen iguales beneficios y que por ende se diferenciarán solamente por los costos. El VAC se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación 6: Valor actual de costos.

$$VAC = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

Fuente: (División de planificación, 2005).

- **Valor Anual Equivalente (VAE) y Costo Anual Equivalente (CAE):** cuando se evalúan alternativas de equipos de distinta vida útil, se utilizan estos dos indicadores, pero el CAE se utiliza, específicamente, cuando las alternativas producen los mismos beneficios. Estos indicadores calculan un flujo de costos y beneficios anual constante para todos los períodos de la vida útil, de manera tal que al actualizar dicho flujo al año cero se obtenga como resultado el VAN y el VAC respectivamente. El VAE se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

Ecuación 7: Valor anual equivalente.

$$VAE = VAN * \left[\frac{(1+r)^n * r}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Fuente: (División de planificación, 2005).

El término entre paréntesis cuadrado se denomina Factor de Recuperación del Capital.

Esta fórmula “reparte” el VAN en montos iguales, a lo largo de la vida útil del proyecto.

El CAE se calcula de forma similar, pero en este caso lo que se anualiza es el VAC.

Ecuación 8: Costo anual equivalente.

$$CAE = VAC * \left[\frac{(1 + r)^n * r}{(1 + r)^n - 1} \right]$$

Fuente: (División de planificación, 2005).

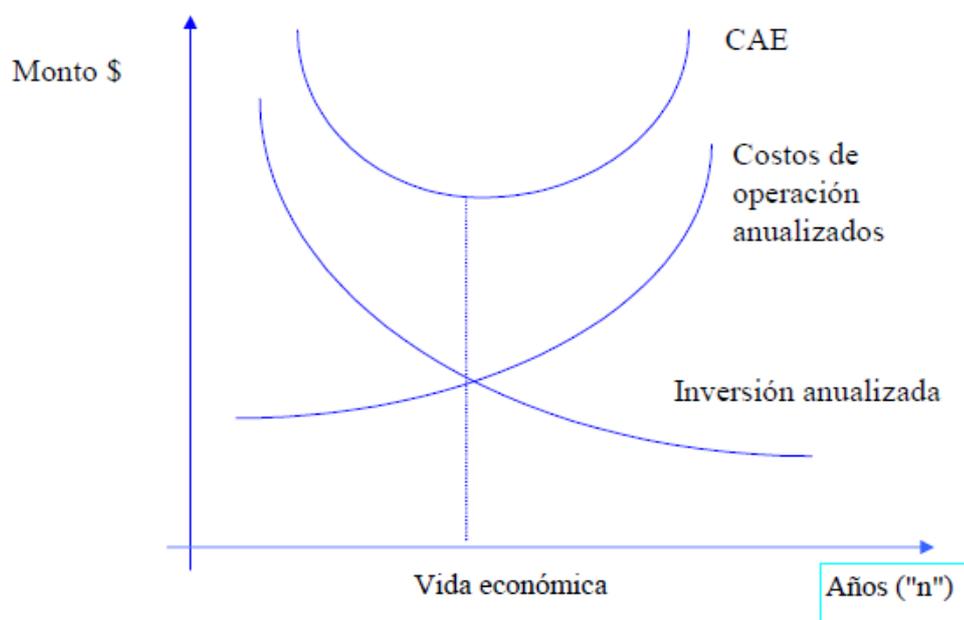
En el caso de los proyectos de reemplazo de equipos, cuando se comparan las alternativas de seguir con el equipo antiguo versus adquirir uno nuevo, las cuales son alternativas de distinta vida útil, se debe usar el VAE o el CAE para compararlas, el primero cuando el equipo nuevo proporciona mayores beneficios que el antiguo (proyectos de equipamiento con aumento de capacidad o proyectos de ampliación) y el segundo cuando el nuevo equipo proporciona los mismo beneficios que el antiguo, pero a un costo menor (en el caso de proyectos de reposición o de equipamiento sin aumento de capacidad).

- **Horizonte de evaluación y momento óptimo de reemplazo**

La vida útil económica de los proyectos en particular siempre es menor que su vida útil técnica, ya que la vida útil económica de un equipo finaliza cuando los beneficios que otorga al operar en un período, son menores que los costos que involucra mantenerlo operando un período más. Ese momento representa el momento óptimo de reemplazo del equipo, es decir, el momento en que finaliza la vida útil económica determina el momento óptimo de reemplazo.

Al relacionar ambos términos, se obtiene la curva de CAE decreciente y luego creciente tal como se presenta en el gráfico de la Ilustración 3.

Ilustración 3: Curva de comportamiento del CAE.



Fuente: (División de planificación, 2005).

2.1.4. Diseño de instalaciones

El diseño de las instalaciones o distribución de planta, se define como la óptima disposición de máquinas, equipos y departamentos de servicio, con el objetivo de lograr la mayor coordinación y eficiencia posible en una planta.

La necesidad de una redistribución de la planta puede surgir por diferentes razones, tales como:

- Cambio de diseño en el producto.
- Expansión de la empresa.
- Posibilidad de modificar el tamaño de los departamentos.
- Nuevo producto a la línea existente.
- Incorporación de un nuevo departamento y reasignación del departamento existente.
- Creación de una nueva planta.

A su vez, existen distintos tipos de distribución de plantas y que depende de los siguientes factores:

- Peso, volumen o movilidad del producto.
- Complejidad del producto final.
- Longitud del proceso en relación con el tiempo de manipulación.
- Medida en que el proceso tiende hacia la producción en masa.

2.2. Metodología de solución

La metodología de solución se utiliza para conocer los pasos a seguir para desarrollar correcta y eficientemente el proyecto de aplicación, y de acuerdo a esto, se plantea la metodología para actividades tales como, análisis de las posibles vías de solución y propuesta de mejora, las que se detallan a continuación.

2.2.1. Diagnóstico situación actual

Mediante el diagnóstico de la situación actual de la planta de pastas y pulpas se pretende formalizar, medir y caracterizar el proceso en general y cada una de sus partes, además de identificar las falencias y conocer en detalle el funcionamiento de la línea de producción, para trabajar de manera efectiva sobre ella.

La elaboración de este diagnóstico, se realizará mediante observaciones, estudio de tiempos de procesos en particular y que así lo requieran, recopilación de datos que entregue la empresa, tales como causas de las detenciones de la línea de proceso y *peak* de producción de cada semana.

2.2.2. Análisis de las posibles vías de solución

Luego de realizar el diagnóstico de la situación actual de la planta agroindustrial, es necesario analizar cada equipo individualmente como en su trabajo coordinado, según las características que estos tengan, su funcionamiento y las necesidades que se requieran de ellos para lograr el funcionamiento óptimo y eficiente de la línea de producción. Para luego evaluar la posibilidad

de modernización de los equipos que lo requieran, entendiendo este concepto como el reemplazo del equipo actual por otro con la misma capacidad de proceso, pero más modernizado; o la automatización de los procesos, considerando este concepto como el reemplazo de mano de obra actual por equipamiento que opere mediante paneles de control, disminuyendo con ello la cantidad de personal por proceso y evitando problemas comunes producidos por errores humanos.

En base al análisis descrito anteriormente, se pueden plantear alternativas de solución de modernización o automatización, según se requiera, considerando los requerimientos y necesidades que tenga hoy en día la planta agroindustrial.

Para llevar a cabo este análisis se utilizará la teoría de reemplazo y sus respectivos indicadores, dependiendo si se considera la automatización de los procesos o modernización de los equipos, teoría que se explica en detalle en el marco teórico antes mencionado.

2.2.3. Evaluación económica de las soluciones

Luego del análisis de las propuestas de mejora del proceso, se debe realizar la evaluación económica de las alternativas propuestas, de manera de tener una visión completa y conocer la viabilidad económica del proyecto, según la tasa de recuperación del capital aceptado por la empresa.

2.2.4. Reconfiguración y estandarización de procesos

Una vez lista la evaluación técnica y económica de la alternativa elegida, se debe rediseñar el proceso con los cambios realizados mediante herramientas de diseño, como lo son el diseño de plantas, y de esta manera diseñar propuestas para mejorar la coordinación de los procedimientos y aumentar la eficiencia de estos, para cumplir con el objetivo general del proyecto y disminuir los costos operacionales de la planta.

CAPÍTULO 3: FORMALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RELEVANTE

En este capítulo se presenta la distribución de la planta, se describen los procesos actuales de la empresa y se realiza un análisis cualitativo y cuantitativo de alguno de sus procesos.

3. Formalización y descripción del sistema

En esta sección se describe en detalle la instalación y distribución de la planta Agrozzi, se formalizan los procesos mediante diagramas de flujos y se describen en detalle, además de las características de los equipos utilizados en la línea de producción y un análisis cualitativo y cuantitativo de procesos en particular.

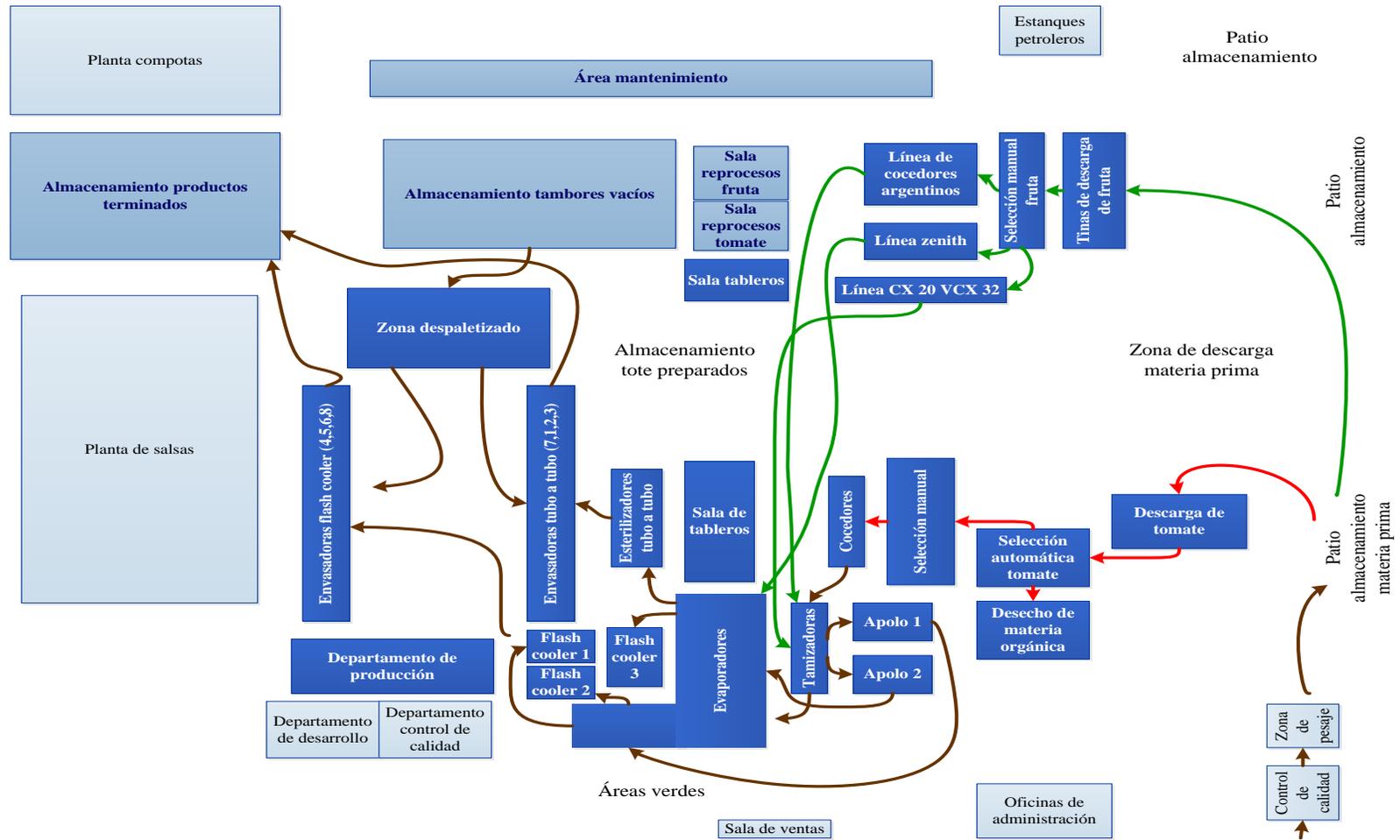
3.1. Instalaciones de la planta

Dentro de la planta Agrozzi, se encuentran a su vez cuatro plantas: planta de jugos, planta de compotas, planta de salsa, y planta de pastas y pulpas, pero en el estudio realizado solo se considera esta última, la cual es capaz de procesar aproximadamente 6.500 toneladas diarias de producto.

En la Ilustración 4, se muestra la distribución que tiene la planta de pastas y pulpas, donde se destacan los procesos que se considerarán para el estudio, éste toma en cuenta desde la descarga de materia prima hasta el envasado de las pastas o pulpas según corresponda, además se enfatiza el flujo de los procesos que operan en conjunto (identificado de color café) y los que se utilizan dependiendo si es tomate (destacado con color rojo) o fruta (ilustrado en color verde).

Esta planta agroindustrial, posee un departamento encargado del control de calidad, el que analiza la materia prima que se entrega y a su vez el producto en cada una de sus etapas, para cumplir con los estándares de calidad y especificaciones que solicita cada cliente en particular. A su vez, posee un departamento de desarrollo encargado del diseño y la elaboración de nuevos productos y una sala de ventas donde se ofrecen productos terminados de la empresa Carozzi. También posee oficinas de administración, encargadas del área comercial y contable de la empresa, y un departamento de producción encargado de la fabricación de los productos que se elaboran específicamente en la planta de pastas y pulpas.

Ilustración 4: Distribución de planta de pastas y pulpas.



Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de sus productos, esta planta cuenta con equipamientos encargado de recepcionar la materia prima, para luego seleccionarla, procesarla y finalmente envasarla, después esta es llevada a los patios de almacenamiento para el envío a su destino final. A su vez, esta planta cuenta con un área de mantenimiento encargada del equipamiento de la línea de producción, la que vela por el correcto funcionamiento de todos sus procesos.

3.2. Descripción de los procesos actuales

En este apartado se describen los procesos que actualmente tiene la planta Agrozzi para la elaboración de pastas y pulpas. Ambas líneas de producción coinciden en los procesos finales, pero se diferencian desde la descarga hasta el tamizado. Cabe destacar que la planta es capaz de elaborar pastas y pulpas al mismo tiempo, ya que cada línea de envasado está asociada a diferentes equipos específicos.

3.2.1. Elaboración de pastas

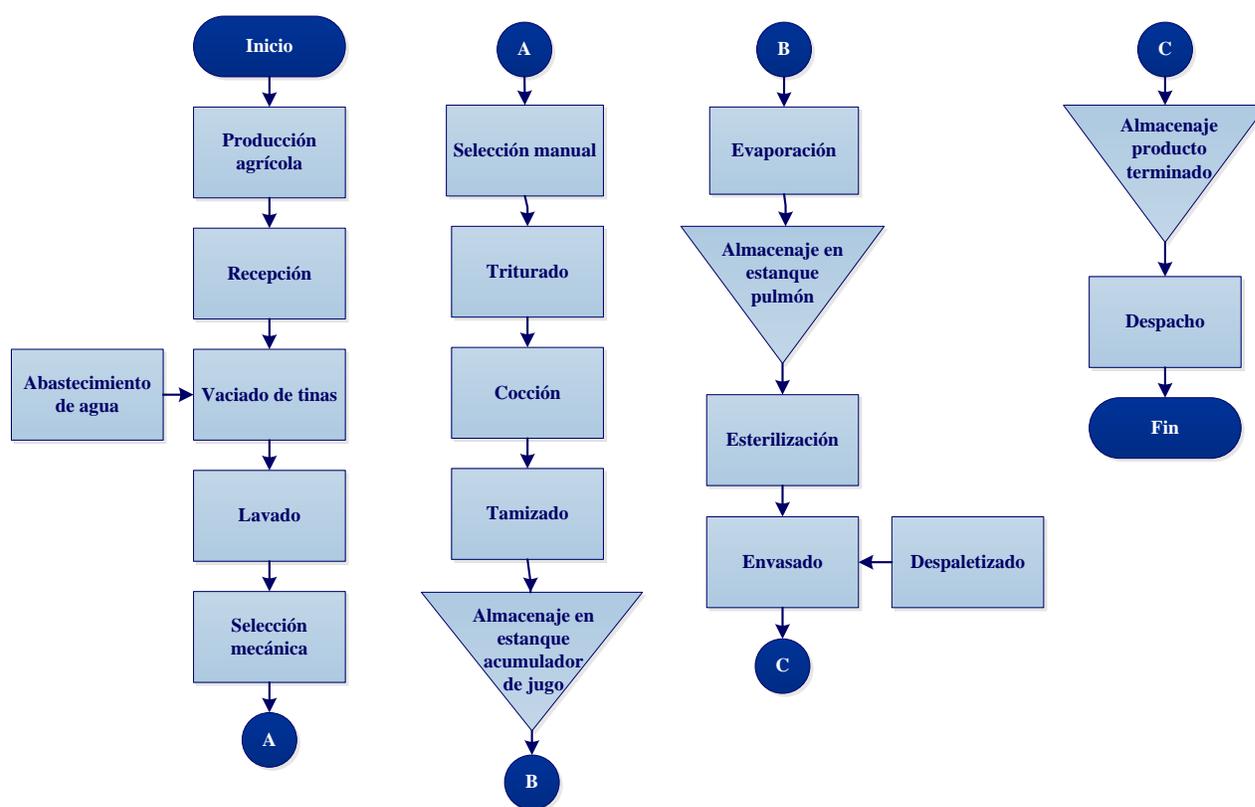
Para la elaboración de pastas, se cuenta con proveedores asociados que entregan la materia prima directamente a la planta, además de la producción de los predios pertenecientes a empresas Carozzi. Esta materia prima pasa por un control de calidad, donde se verifica que venga con los estándares adecuados y luego es llevada a la zona de descarga. A esta zona los tomates llegan en tinas que poseen los camiones, las cuales los depositan directamente a los canales de descarga, mediante lanzas de agua que permiten vaciar el tomate desde las tinas hacia los canales, dentro de los cuales, los tomates se limpian del barro y pasto que traen desde los campos. Después el tomate pasa por una selección mecánica encargada de dos tipos de máquinas: la primera selecciona el tomate rojo, el que pasa a un canal desde el cual la segunda maquina toma la materia prima y selecciona el tomate verde, el que se envía al canal de desecho orgánico.

Posterior a la selección mecánica, el tomate es entregado mediante canales de abastecimiento a las mesas de selección, en las cuales los trabajadores sacan tomate verde, tomates con imperfecciones y restos de materia orgánica que no se sacó anteriormente. Luego de esta selección el tomate es triturado y enviado a los cocedores donde se realiza el quiebre

enzimático, para que el producto no se deteriore, después pasa a los tamizadores que contienen mallas finas en su interior, las que dependen de las condiciones en las que venga la materia prima y los requerimientos del cliente, estos equipos reciben el jugo de tomate y separan el resto de residuos orgánicos que puedan quedar.

Luego de que se refina el jugo de tomate, este se acumula en unos estanques, donde lo toman los evaporadores, equipos que se encargan de lograr la concentración necesaria para la obtención de los grados brix que solicita el cliente. Para una mayor eficiencia del proceso, existen evaporadores que trabajan en conjunto con pre concentradores, con cuales se obtiene una mayor rapidez en la obtención de la concentración requerida.

Ilustración 5: Diagrama de proceso de elaboración de pastas.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, la pasta de tomate se vuelve a acumular en estanques y pasa a los esterilizadores, lo que se encargan de esterilizar la pasta de tomate, tal como su nombre lo dice, para luego enviar

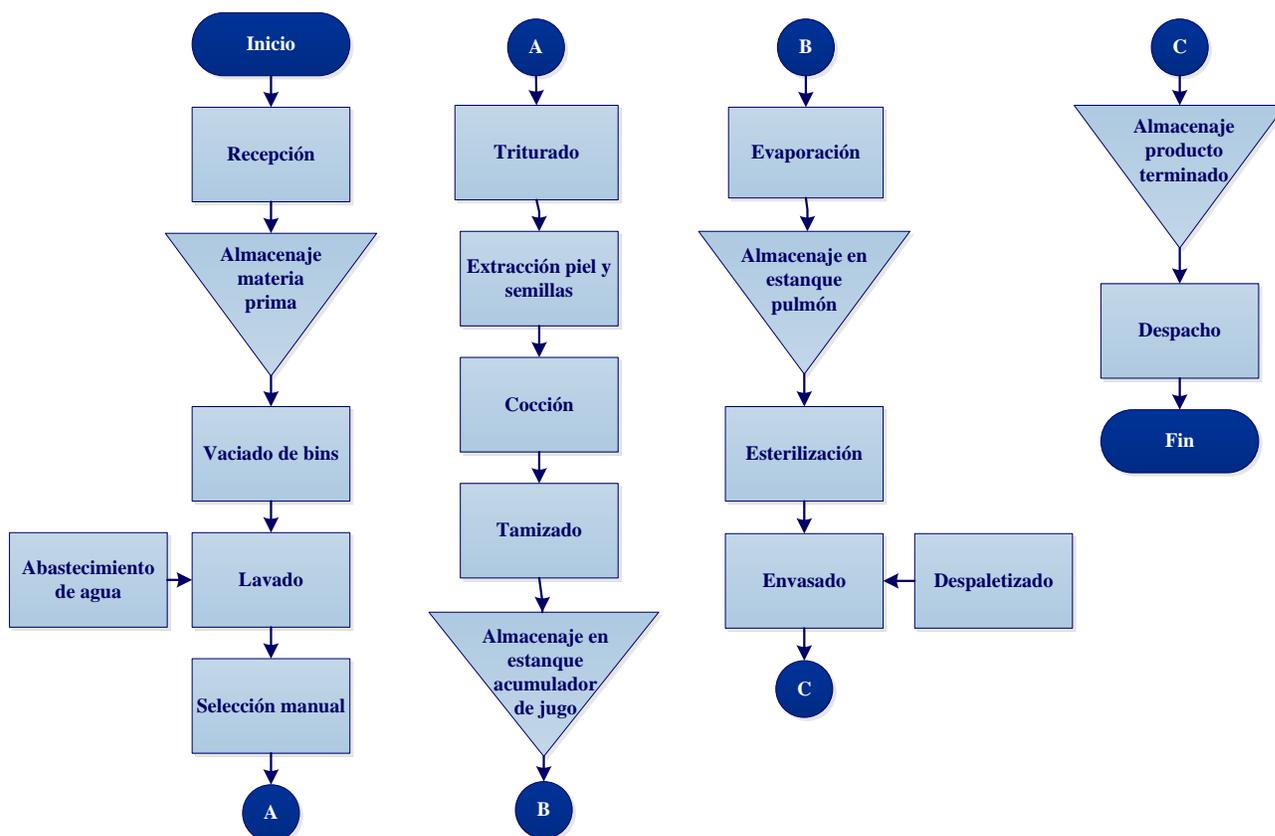
el producto a las envasadoras quienes vierten el producto en bolsas asépticas para su posterior distribución, dentro de totes o tambores según corresponda.

Dentro del proceso de envasado existe un subproceso llamado despaletizado, el cual se encarga de preparar los totes o tambores para abastecer cada una de las líneas de envasado. A este sub proceso llegan los tambores sellados, donde los operarios se encargan de sacar los sellos y desapilar los tambores, colocarles las bolsas a cada uno y luego colocar los tambores sobre pallet, que se han puesto con anterioridad sobre líneas que esperan unos carros para llevarlos a cada una de las envasadoras. Finalmente el producto terminado se envía al patio de almacenamiento para luego despacharlos a su destino final, proceso que se ve representado en la Ilustración 5: Diagrama de proceso de elaboración de pastas..

3.2.2. Elaboración de pulpas

En la elaboración de pulpas la materia prima se obtiene de productores asociados, los que se encargan de abastecer durante todo el año de frutas y vegetales a la planta. Al igual que en el caso de los tomates, la materia prima pasa por un control de calidad y luego llega a la zona de descarga de la línea de pulpas, donde se acopia en los patios de almacenamiento. Esta línea cuenta con piscinas de descarga, donde operadores de grúas horquillas vuelcan los bins a estas, la materia prima luego pasa a mesas de selección manual donde se sacan restos de hojas y materia orgánica. Cada mesa de selección tiene asociada líneas de cocedores correspondientes, donde existen dos tipos de procesos diferentes: la primera línea tritura la materia prima, luego separa la piel y semillas, mediante extractores en caliente, luego cuece la pulpa en cocedores, encargados de realizar el quiebre enzimático y después la pulpa pasa a los tamizadores ubicados en la línea de tomates; a diferencia de la segunda línea, que primero pasa la pulpa por un extractor en frío que saca las semillas y la piel del jugo de frutas (o vegetales), luego pasa por cocedores para el quiebre enzimático y después la pulpa llega a los tamizadores (que pertenecen a la misma línea de proceso) y posteriormente pasa al estanque acumulador de jugo ubicado en la línea de tomates. Finalizado este proceso, ambas líneas de pulpas continúan su elaboración de la misma forma que en la producción de pastas, donde la pulpa pasa por el proceso de evaporación, esterilizado y finalmente envasado, para acopiar el producto final en el patio de almacenamiento, tal como se muestra en la Ilustración 6.

Ilustración 6: Diagrama de procesos de elaboración de pulpas.



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Características de los equipos del proceso

En esta sección se describen en detalle los equipos utilizados en cada proceso dentro de las líneas de pulpas y la línea de pasta, y tal como se explicó en el apartado anterior, existen equipos finales que se utilizan en conjunto y equipos específicos para cada línea de proceso, detalle que se explica a continuación.

3.3.1. Equipos para la elaboración de pastas

Para la línea de pastas existen equipos específicos desde el proceso de descarga de tomate hasta el proceso de cocción de la pasta, los que se describen a continuación, mientras que el consumo energético y la capacidad por equipo se muestran en la Tabla 1.

- **Lanzas:** estas se encargan de ayudar en la descarga de tomate desde las tinas hacia los canales de descarga, las cuales mediante la presión de agua, limpian y vacían las tinas con tomate de los camiones. Existen 4 lanzas por cada canal de abastecimiento (dos por lado).
- **Canales de descarga:** estos tienen como finalidad recibir los tomates descargados de las tinas de los camiones y transportarlos a los elevadores de las máquinas de selección mecánica. El proceso de descarga cuenta con 4 de estos canales.
- **Sacapiedras:** estos se encuentran en cada canal de descarga, y su función es sacar las piedras que transporta el canal debido a la descarga de las tinas.
- **Sacapasto:** esta máquina se encuentra en el canal principal, ubicado entre los canales de descarga y las máquinas de selección mecánica. El sacapasto posee ejes que arrastran y sacan el pasto, son 6 ejes por corrida y la cadena posee 10 corridas.
- **Raytec:** estas son máquinas que cuentan con elevadores que extraen el tomate desde el canal principal y poseen cintas con un seleccionador programado para separar el tomate rojo. Existen 4 de estas máquinas con dos capacidades distintas.
- **Protec:** se cuenta con una sola máquina de este tipo, la que posee una cinta elevadora que extrae el tomate rojo seleccionado por la máquina Raytec, pero la cinta de selección se encuentra programada para extraer el tomate verde y el resto (tomate rojo) se envía al canal de abastecimiento, para su posterior selección.
- **Mesas de selección:** el proceso posee 13 mesas seleccionadoras con un capacho cada una, los cuales se encuentran al final de ellas y se encargan de triturar el tomate, para luego enviar el producto a los cocedores (*hot break*).
- **Hot break:** estos son cocedores encargados de dar el quiebre enzimático al jugo de tomates, existen 6 cocedores con 3 capacidades distintas.

Tabla 1: Descripción equipos línea de pastas.

Sector	Equipo	Consumo eléctrico (kW/hr)	Consumo vapor (ton/hr)	Capacidad	Año de implementación
Descarga	Lanzas	-	-	2,5 bar presión	1995
	Canales de descarga	-	-	20-22 tina/hr	1995
	Sacapiedras	1,5	-	5 m3/hr	2010
	Sacapasto	3	-	5 m3/hr	2010
	Raytec 1	5	-	60 ton/hr	2005
	Raytec 2	5	-	100 ton/hr	2016
	Raytec 3	5	-	100 ton/hr	2016
	Raytec 4	5	-	60 ton/hr	2005
	Protec	3	-	40 ton/hr	2014
Selección	Hot break 1	160	10	100-110 ton/hr	1995
	Hot break 2	160	7	90 ton/hr	1985
	Hot break 3	160	5,25	70 ton/hr	1985
	Hot break 4	160	5,25	70 ton/hr	1990
	Hot break 5	160	5,25	70 ton/hr	1990
	Hot break 6	160	5,25	70 ton/hr	1990

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

3.3.2. Equipos para la elaboración de pulpas

En la línea de pulpas existen a su vez dos tipos diferentes de líneas, la línea zenith que incluye el tamizado dentro de su proceso y la otra línea que solo cuece el jugo, y el tamizado lo realiza con equipos que se utilizan en conjunto con la línea de tomates. A su vez dentro de esta última línea mencionada existen dos tipos de cocedores, equipos que se describen a continuación.

- **Zenith:** esta línea de proceso posee un extractor en frío (para sacar las semillas y la piel), cocedores y tamizadores propios. En esta línea solo se procesan manzanas y peras y la planta posee dos de estas líneas con la misma capacidad de proceso.
- **Cocedores:** estos se encargan de dar el quiebre enzimático a la pulpa, la planta cuenta con 6 de estos y existen 4 capacidades diferentes para el proceso.
- **CXA, CXB, VCX:** estos también son tipos de cocedores pero más especializados, utilizados para vegetales o frutas que requieren un mayor cuidado.

Cabe destacar que los equipos descritos, son desde el proceso de descarga hasta el tamizado y en la Tabla 2, se muestra en detalle el consumo energético y la capacidad que posee cada equipo de la línea de pulpas.

Tabla 2: Descripción equipos línea de pulpas.

Sector	Equipo	Consumo eléctrico (kW/hr)	Consumo vapor (ton/hr)	Capacidad (ton/hr)	Año de implementación
Selección	zenith 1 y 2	400	3,90	25	2016
	cocedor 1	40	4,45	30	2006
	cocedor 2	40	3,70	25	2006
	cocedor 3	40	2,96	20	2004
	cocedor 4	40	3,70	25	2004
	cocedor 5	40	4,45	30	2014
	cocedor 6	40	5,70	45	2014
	CXA Y CXB	200	-	20	2002
	VCX	300	-	32	2010

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

3.3.3. Equipos utilizados conjuntamente

Como ya se mencionó anteriormente, la planta es capaz de elaborar pulpas y pasta al mismo tiempo, debido a que cada línea de envasado tiene un equipo asociado a ella, es por ello que a continuación se describe el equipamiento utilizados en conjunto, y el detalle del consumo energético y capacidad de cada uno se muestra en la Tabla 3.

- **Tamizadoras:** estas máquinas se encargan de refinar el juego de tomate según los requerimientos que solicite el cliente, separando residuos orgánicos y la cascara de tomate. Existen 5 tipos de tamizadoras con diferentes capacidades cada una.
- **Estanques acumuladores de jugo:** estos estanques se utilizan para acumular el jugo de tomate o de fruta (o vegetal), según corresponda, después del proceso de tamizado y después del proceso de evaporación. Para estos procesos se cuentan con 7 estanques, de dos capacidades diferentes.

Tabla 3: Descripción equipos utilizados en común.

Sector	Equipo	Consumo eléctrico (kW/hr)	Consumo vapor (ton/hr)	Capacidad (ton/hr)	Año de implementación
Tamizado	PHX 4800	250	-	200	2014
	HX 100	110	-	4,17	2002
	Jubileo	110	-	6,25-8,33	2014
	P 60	55	-	2,5	-
	HX 40	45	-	1,7	2007
Evaporación	Apolo 1	1100	2,5	41,67	2008
	Apolo 2	1100	2,5	41,67	2011
	T 100	200	1,2	4,17	2007
	T 600	650	10,5	25	1993
	T 900	650	14	37,5	1990
	T 1000	900	15	54,17	2003
	T 1200	1500	18	50-66,67	1989
	T 1500	1500	20	62,50-87,50	1998
Esterilizado	TC 6	75	1,4	5,8-10,5	1993
	TC 10	110	2,1	13,5	1990
	TC 13	110	1,3	18	1995
	Monoblock	45	2,1	1,5-3	2007
	Flash cooler 1	80	3,5	19	2000
	Flash cooler 2	80	3,5	14	1989
	Flash cooler 3(+tan aseptic)	110	5	22	2007
Envasado	Envasadora 1	10	0,2	5,8-10,5	2006
	Envasadora 2	10	0,2	18	2006
	Envasadora 3	10	0,2	13,5	1995
	Envasadora 4	10	0,2	14	2006
	Envasadora 5	10	0,2	19	2000
	Envasadora 6	10	0,2	22	2006
	Envasadora 7	10	0,2	1,5-3	2007
	Envasadora 8	10	0,2	22	2008

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

- **Pre concentradores:** se disponen de dos equipos con estas características (Apolo 1 y 2), los cuales tiene la función de elevar los grados brix de los jugos, para alcanzar de manera más rápida y eficiente los grados que solicita el cliente. El Apolo 1 trabaja conjuntamente con el evaporador T-1200, mientras que el Apolo 2 trabaja con el T-1500.
- **Evaporadores:** se encargan de lograr la concentración de grados brix necesarias según la especificación correspondiente. Existen 6 evaporadores con diferentes capacidades cada

uno y dos de ellos trabajan en conjunto con los pre concentradores descritos anteriormente.

- **Esterilizadores tubo a tubo:** estos equipos se encargan de esterilizar los jugos para su posterior envasado. Se dispone de 4 de ellos y se caracterizan por esterilizar los jugos con vapor con tubos en contracorriente. Estos equipos abastecen de producto a las envasadoras 7, 1, 2 y 3.
- **Esterilizadores *flash cooler*:** estos esterilizadores realizan su proceso en frío, existen 3 equipos todos con distintas capacidades y trabajan en conjunto con las envasadoras 4, 5, 6 y 8.
- **Envasadoras:** estas se encargan de vaciar el producto en bolsas asépticas en totes o tambores según corresponda. La planta cuenta con 8 envasadoras con las mismas capacidades, pero estas se encuentran limitadas por la capacidad de proceso de las esterilizadoras que tienen asociadas.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE AUTOMATIZACIÓN O MODERNIZACIÓN

En este capítulo se muestra el análisis de automatización del proceso o modernización del equipo según corresponda, basándose en el esquema de la metodología ilustrada, en base a las detenciones que se produjeron durante la temporada 2018.

4. Análisis de automatización o modernización

Para analizar los procesos y el equipamiento involucrado en la elaboración de pastas y pulpas, se estudia cada proceso individualmente, donde para cada uno de ellos se evalúa la posibilidad de automatización, considerando este concepto como la conversión de ciertos movimientos en movimientos automáticos o indeliberados (RAE, 2016), es decir, el reemplazo de mano de obra existente por algún equipo que sea capaz de realizar esta función. A su vez, se analiza la modernización del equipamiento existente de los procesos que ya se encuentran automatizados, mediante la metodología de análisis presentada a continuación.

Para el análisis de automatización, se identifican ciertos factores del proceso para tener en cuenta, tales como: recursos económicos, productividad, implementación, personal operativo, etc.(Tabla 4), pero estos factores sólo son considerados desde el punto de automatización a nivel de reemplazar mano de obra, por maquinaria capaz de realizar la función en específico, y no por una mayor automatización del proceso, ya que este tipo de análisis no aplica al estudio realizado en este proyecto aplicado de mejoramiento, sino más bien, forma parte de un estudio más acabado que debiese ser realizado por personas con conocimientos específicos en el tema.

En el caso del análisis de modernización, se consideran las detenciones de los equipos que se detectaron en la temporada 2018, los costos que éstas implicaron y las posibles tecnologías que pudiesen reemplazar la mano de obra o el equipamiento actual, además del personal utilizado en el proceso, tal como en el análisis mencionado anteriormente.

A continuación, se presenta el análisis para cada uno de los procesos de la planta de pastas y pulpas, tales como proceso de descarga, envasado, despaletizado, etc., en los que se incluye la conclusión final de si existe y si es recomendable la automatización o modernización según corresponda.

4.1. Metodología utilizada para el análisis

Para realizar el estudio acabado de la necesidad de automatizar el proceso o de modernizar los equipos, se trabaja con una metodología de análisis, donde primero se determina si el proceso se

encuentra automatizado, luego se evalúa la cantidad de operarios y auxiliares involucrados en el proceso, a continuación se investiga la existencia de tecnología que reemplace eventualmente esta mano de obra, para después ver la posibilidad de automatizar el proceso según los factores señalados en la Tabla 4, los cuales consideran el grado de automatización del proceso, el nivel en el cual se está realizando el análisis y la implicancia que tendría la incorporación de la automatización del proceso en cuanto a recursos humanos, financieros, implementación, productividad y calidad. En caso contrario, si el proceso se encuentra automatizado, se evalúa si es intensivo en mano de obra, después se analiza el equipamiento actual y se determina si es necesario el cambio de éste o no, mediante el análisis del momento óptimo de reemplazo, basándose en las detenciones que el equipo ha generado en la temporada 2018 y los costos que éstas implicaron.

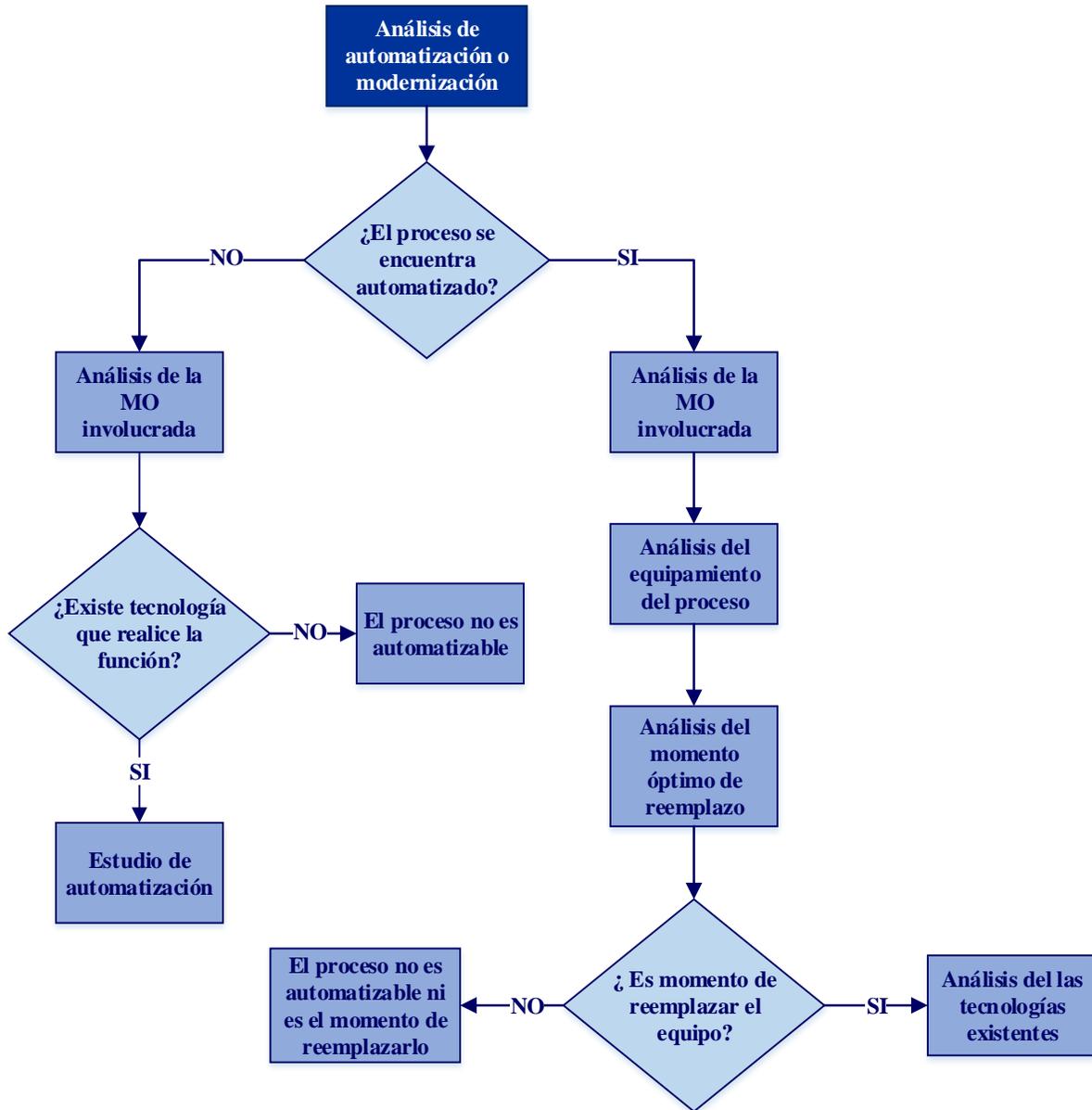
Luego se investiga si existe equipamiento con mejor tecnología que pueda reemplazar el equipo ya existente y que cumpla con los requerimientos que exige el proceso, para posteriormente evaluar en el siguiente capítulo, la viabilidad económica del reemplazo del equipo analizado.

En el caso de que el proceso no involucre una cantidad de mano de obra significativa y que el equipamiento actual no es necesario de reemplazar en este momento, o que aún no exista tecnología que pueda realizar las funciones que realizan actualmente los operarios, se llega a la conclusión de que el proceso no es automatizable, ni que el equipamiento involucrado es candidato a renovación, tal como se muestra en la Ilustración 7.

Cabe destacar que, para el análisis del momento óptimo de reemplazo del equipamiento existente, se consideran solo los equipos principales dentro de cada uno de los procesos, descartando así, el resto de los equipos por los siguientes motivos:

- **Equipo secundario:** equipo que no forma parte principal del proceso que se está analizando.
- **Equipo que no cumple su función:** esto se refiere a equipos que están mal diseñados y que por ende no cumplen su función, es por esta razón que no aplican para el análisis que se está elaborando.

Ilustración 7: Metodología utilizada para el análisis.



Fuente: Elaboración propia.

- **Vida económica:** equipos que ya se encuentran obsoletos y que cumplieron su vida económica de 10 años, según estándares que se encontraron para equipos con características similares y que procesan alimentos de este tipo (Renovetec, 2017).
- **Datos incompletos:** se descartan también los equipos que poseen información incompleta respecto a la duración de las detenciones, costos de mantenimiento y costos de oportunidad, ya que no se pudo realizar un análisis adecuado.

Tabla 4: Factores de análisis para automatizar un proceso.

Factor de análisis	Descripción	Elementos a considerar o que justifican el factor de análisis
1. Implementación	Se refiere al funcionamiento o como llevar a cabo la automatización.	<ul style="list-style-type: none"> *Se conseguirá mayor precisión y exactitud en los productos finales. *El mecanismo escogido será capaz de realizar acciones rápidas y sin errores. *Se disminuirá la producción de piezas defectuosas y con fallas. *La calidad del producto final será mejor, eliminando los errores de las personas.
2. Recursos humanos	Toma en cuenta el personal involucrado en el proceso que se quiere automatizar.	<ul style="list-style-type: none"> *Reducción de mano de obra no calificada. *Eliminación de labores peligrosas o dañinas realizadas por personas. *Se simplifica la administración de la industria, gracias al cambio de RRHH por maquinaria. *Se logra la realización de operaciones y acciones imposibles.
3. Recursos económicos	Considera los beneficios que se obtienen con la implementación de la automatización del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> *La inversión de la automatización, debe ser evaluada respecto al impacto financiero de la relación costo beneficio. *La automatización tiene que ser autosustentable y debe contribuir a los ingresos de la empresa.
4. Grado de automatización	Gracias a este factor, se determina el grado tecnológico que requiere el proceso a automatizar.	<ul style="list-style-type: none"> *Verificación del proceso: función pasiva del proceso automatizado (solo suministra información sobre él), el operador controla la línea y el correcto funcionamiento de los equipos. *Semiautomatizado: el sistema adquiere información sobre el proceso y propone al operador las funciones que hay que realizar. El operador controla y actúa directamente sobre el proceso. *100% automatizado: automatización completa de alguna o de todas las funciones del proceso. El operador solo verifica la informa entregada e interviene en caso de incidentes, asumiendo el control manual.
5. Niveles de automatización	Este factor permite analizar la automatización de los procesos, a través del nivel al que se produce.	<ul style="list-style-type: none"> *Nivel 1 (por operación): automatización de operaciones específicas a realizar por dispositivos mecánicos. *Nivel 2 (por maquina): automatización de tareas a realizar por maquinas, destinadas a la realización de operaciones específicas. *Nivel 3 (por proceso): automatización de tareas combinadas de los diferentes dispositivos que participan en un determinado paso en la elaboración de un producto. *Nivel 4 (nivel integrado): combinación de todos los elementos implicados en los procesos de fabricación de diferentes productos en una planta industrial.
6. Tecnología empleada	Presenta las tecnologías que pueden ser empleadas en la automatización.	<ul style="list-style-type: none"> *Técnicas cableadas: sistemas diseñados a medida que utilizan diferentes componentes conectados entre sí, para realizar determinadas operaciones. *Técnicas programadas: uso de sistemas complejos y genéricos de procesamiento de información. Se clasifican en: microprocesadores, PC industriales, autómata programable, control numérico, control de robot, bus de control.
7. Productividad y calidad	Muestra los beneficios en cuanto a productividad y calidad que se obtienen, gracias a la automatización del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> *Reducción de retrabajo o reparación de piezas defectuosas. *Disminución de la devolución de artículos por parte del consumidor. *Aumento de la demanda por parte de clientes nacionales o internacionales, gracias a la continuidad en el cumplimiento de las especificaciones del producto. *Ingreso a nuevos mercados, gracias a la obtención de certificaciones de calidad. *Aumento de clientes por incrementar la capacidad de ofrecer mejor tiempo de garantía.

Fuente: Elaboración propia en base a (Moreno, 2005).

4.2. Análisis de automatización o modernización subproceso Despaletizado

El subproceso de despaletizado alimenta de tambores listos al proceso de envasado, en donde a las pilas de tambores se les saca el sello y también las tapas de las 4 corridas de tambores que vienen dentro de ella, luego éstos se desapilan y se les coloca una bolsa aséptica, para después montar 4 de ellos sobre un pallet que previamente se coloca sobre unos rieles, para que posteriormente sean transportados a las envasadoras respectivas.

Este es un proceso que no cuenta con ningún grado de automatización, ya que las tareas se realizan manualmente, y solo es ayudado en el transporte de los tambores sellados y los pallet con los tambores listos para su utilización, mediante grúas y sistemas de transportes que trabajan conjuntamente con el proceso de envasado.

Para el análisis de este subproceso, se describe la cantidad de personal que trabaja en él, las características de la tecnología que pudiese reemplazar la mano de obra involucrada, la capacidad de proceso requerida, la que incluye un estudio de peak de tambores para conocer la cantidad de éstos a preparar. También el análisis considera la implicancia de la tecnología que pudiese reemplazar la mano de obra.

4.2.1. Mano de obra utilizada en el proceso

El subproceso de despaletizado cuenta con 5 a 9 auxiliares dependiendo de la demanda de tambores que se tenga en el proceso de envasado y no cuenta con ningún operario ya que es un proceso simple y que no involucra paneles que operar, por lo cual solo es supervisado por el jefe de turno.

Cabe destacar que las funciones que realiza cada auxiliar son tareas simples y que no cuentan con ninguna estandarización, por lo cual la rapidez con las que son llevadas a cabo dependen exclusivamente de las personas y de la organización que el grupo de trabajo tenga en el turno respectivo.

4.2.2. Tecnología alternativa con menor uso de MO

En la actualidad existen brazos robóticos capaces de realizar ciertas tareas dentro del subprocesos de despaletizado de tambores, tales como desapilar y montar los tambores sobre los pallet, equipos que se diferencian entre sí por la cantidad de sensores que poseen, lo que permite la precisión necesaria para llevar a cabo cada uno de sus pasos.

Tabla 5: Características generales Motoman MH180.

Cargas	
Carga	180 kg
Zona de trabajo	
Máx. alcance	2702 mm
Capacidad de trabajo	450-480 tambores/hora
Otros datos y modelos	
Número de ejes	6
Repetitividad	0,5 mm
Peso	1000 kg
Posiciones de montaje	suelo
Unidades de control	DX200
Consumo energético	612 kW/hora

Fuente: (Robotics, 2018).

Ilustración 8: Brazo robótico Motoman MH180.



Fuente: (Robotics, 2018).

En particular empresas Carozzi, cuenta con un proveedor preferencial llamado Rivas *Robotics*, empresa española especialista en robótica y automatización industrial, la cual trabaja a su vez con la empresa italiana CFT (*Catelli Food Technology*) empresa de ingeniería y fabricación de

plantas alimentarias. CFT ha sido el proveedor de diversos equipos como: esterilizadores, envasadoras, evaporadores y líneas completas de selección y procesamiento de pulpas, además de equipos robóticos con similares características ubicados en otras plantas de empresas Carozzi. Es por esta razón, que a continuación se presenta el brazo robótico de esta marca en particular (Ilustración 8) y algunas de sus características técnicas (Tabla 5).

Este brazo robótico cuenta con un sistema de dos pinzas particulares (Ilustración 9), las cuales separa los tambores con una presión determinada de tal manera que supere la presión de vacío que se genera entre ambos tambores consecutivos. Luego el brazo toma el tambor desapilado y lo coloca sobre el pallet que se encuentra previamente dispuesto en el riel, esta acción la repite hasta completar un pallet con cuatro tambores, para que posteriormente auxiliares pongan las bolsas asépticas. Finalmente, el brazo retira los pallets usados, apilándolos en un espacio dispuesto para ello.

Ilustración 9: Sistema de cogida *Motoman* MH180.

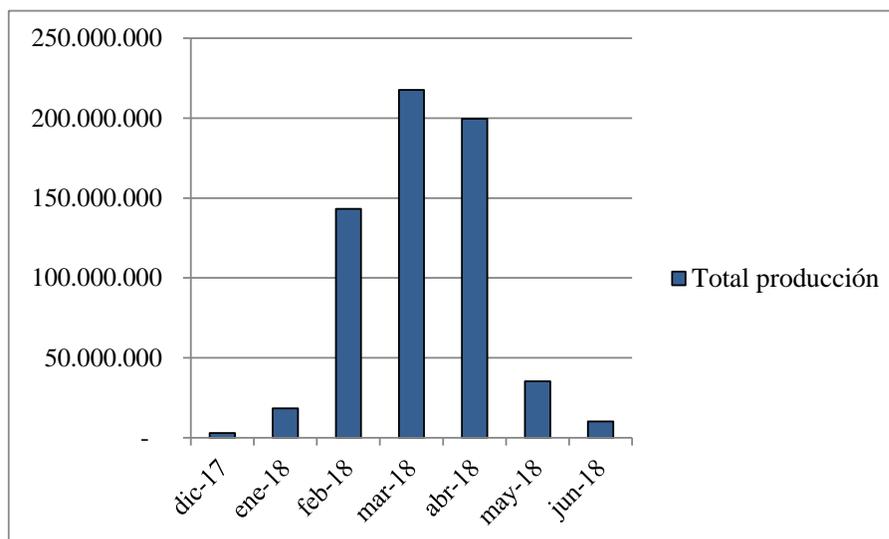


Fuente: (Robotics, 2018).

4.2.3. Capacidad de proceso requerida

Para establecer la capacidad de proceso que se necesita en el subproceso de despaletizado, es necesario conocer la demanda de tambores que se tienen desde las líneas de envasado respectivas, para lo cual se realiza un estudio de la producción de pastas y pulpas en formato tambor, que se obtuvo de las 8 líneas de proceso durante la temporada 2018.

Gráfico 1: Producción mensual de pastas y pulpas temporada 2018.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Tabla 6: Resultados estudio de peak de tambores temporada 2018.

Semana	Peak (tambor/hora)	Peak (kg/hora)
1	42	10.038
2	44	10.428
3	44	10.516
4	43	10.234
5	57	13.306
6	106	25.253
7	132	31.598
8	149	34.879
9	294	70.019
10	385	91.310
11	462	109.888
12	334	79.022
13	173	41.467
14	250	60.250
15	235	56.290
16	312	74.416
17	375	89.260
18	341	81.108
19	327	78.222
20	241	56.771

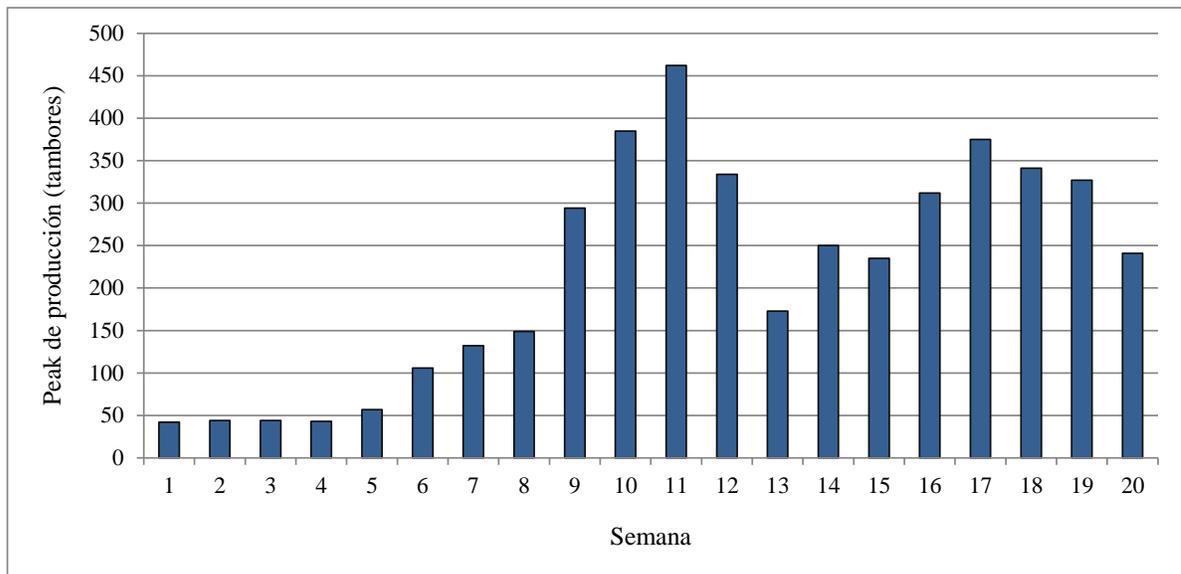
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Para la elaboración de este estudio, se recopiló la información directamente de los registros diarios por turnos que se tienen de los tambores que se elaboraron con pulpas y pastas, específicamente desde el 6 de diciembre del 2017 hasta el 27 de abril de 2018, fecha en la cual comienza la temporada con la elaboración de pulpa de damasco y finaliza la temporada de tomate, y en donde se utilizan las líneas de proceso en su mayor capacidad, tal como se muestra en el Gráfico 1 Gráfico 1: Producción mensual de pastas y pulpas temporada 2018..

En el estudio se consideró el *peak* diario y luego se evaluó el *peak* obtenido semanalmente, el cual se registró en la Tabla 6y desde la cual se determina que el *peak* de la temporada se produjo en la semana n°11 (del 19 al 25 de febrero), con un *peak* de 462 tambores (Gráfico 2), equivalentes a 109.888 kilos diarios de producto terminado entre pastas y pulpas.

Gracias a este estudio, se puede determinar que es necesario contar con un brazo robótico en el subproceso de despaletizado, que sea capaz de satisfacer una demanda mínima de 462 de tambores diarios.

Gráfico 2: Estudio de *peak* de tambores temporada 2018.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

4.2.4. Implicancia del equipo analizado

Actualmente el sub proceso de despaletizado cuenta con una cantidad excesivas de auxiliares que realizan las mismas funciones, problema que se produce porque no se conoce el tiempo real que se requiere para llevar a cabo cada paso dentro de este, ni el personal necesario para realizar de forma eficiente este proceso. Además la empresa desea ver la posibilidad de automatizar este sub proceso para seguir modernizando la línea de producción, tal como ya lo han logrado en el proceso de envasado.

Por las razones antes mencionadas, en este apartado se compara y estudia la implicancia del brazo robótico para el subproceso de despaletizado, versus la situación actual con el sistema que posee la planta incluyendo la cantidad de tiempo invertido en ello. Para realizar esta comparación, se elabora un estudio de tiempos en el despaletizado, con el objetivo de conocer efectivamente el tiempo que demoran los auxiliares en realizar cada tarea, estandarizar los tiempos de procesos y conocer la cantidad requerida de personal en él.

- **Estudio de tiempos:** para este estudio se considera una muestra preliminar de 30 observaciones para cada una de las actividades especificadas, para las cuales se obtuvo una muestra final a considerar, la cual en algunos casos no fue posible de obtener, por la cantidad de tiempo invertido que exigía la toma de tiempo de ellas, es por esta razón, que solo en el caso de las tareas: dejar bolsa, acomodar bolsa y montar tambores, se consideró la muestra final, y en los otros casos se trabajó solo con la muestra preliminar.

Tabla 7: Descripción y tiempos de actividades de sector despaletizado.

Actividad	Descripción	n° de operarios	Ritmo del operario (C)	Tiempo promedio por actividad (seg/tambor) (TO)	Tiempo normal (seg/tambor) (TN)
1	Sacar sello	1 a 2	0,80	0,84	0,67
2	Desapilar tambores		0,75	6,15	4,61
3	Sacar tapa		0,80	0,78	0,62
4	Dejar bolsa	1	0,90	4,33	3,90
5	Acomodar bolsa	2	0,90	9,49	8,54
6	Montar tambores	2 a 3	0,85	8,45	7,18

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Con la muestra obtenida para cada actividad, se estimó el tiempo promedio (Tabla 7) con el cual se calculó el tiempo normal de cada una de ellas, considerando para esto el ritmo de trabajo que tiene cada operario que realiza una determinada actividad, ya que no todos trabajan al mismo ritmo.

Para obtener el tiempo estándar de cada actividad se consideran tiempos de holgura, ya que se suelen cometer errores humanos con el cronómetro al realizar la toma de los tiempos, también se consideran los tiempos de descanso y las salidas al baño, además de las contingencias propias de la línea, como por ejemplo el retraso del despaletizado de tambores por la poca demanda de estos.

Finalmente se obtienen los tiempos estándares para el subproceso de despaletizado y esto permite estandarizar las actividades necesarias para lograr una mayor eficiencia en este subproceso. Estos resultados se muestran en la Tabla 8, junto con el detalle de los tiempos de holgura específicos para cada actividad.

Tabla 8: Resultados estudio de tiempos.

Actividad	Cronometraje	Descanso	Contingencia	Total	Tiempo estándar (seg/tambor) (TE)
1	2%	5%	5%	12%	0,75
2	2%	5%	5%	12%	5,17
3	2%	5%	5%	12%	0,70
4	2%	5%	2%	9%	4,25
5	2%	5%	1%	8%	9,22
6	2%	5%	2%	9%	7,83
Total (seg/tam)					27,92

Fuente: Elaboración propia.

- **Comparativa de situación actual versus situación con brazo robótico:** actualmente la planta de pastas y pulpas cuenta con una dotación de personal de entre 5 a 9 auxiliares para el subproceso, el cual no se encuentra estandarizado, tal como ya se mencionó anteriormente. Al estandarizar el despaletizado, tomando en cuenta el ritmo de los

auxiliares y los tiempos de holgura según cada actividad, da como resultado final, que el subproceso requiere de 27,92 segundos para preparar un tambor.

Sin embargo, al estudiar la posibilidad de integrar al despaletizado el brazo robótico, el tiempo de operación sería de solo 22,92 segundos por tambor, además los auxiliares ya no tendrían que realizar las tareas de desapilar y montar tambores (tareas que se destacan en amarillo en la Tabla 9), porque serían reemplazadas por el brazo robótico y éste tomaría solo 8 segundos por tambor en realizar ambas tareas, a diferencia de los 13 segundos que toma ejecutar estas actividades en la actualidad. Debido a lo anterior se reduciría la cantidad de personal necesario en el subproceso, llegando a una dotación de 3 auxiliares (Ecuación 9).

Tabla 9: Comparativa de resultados estudio de tiempos.

Actividad	Descripción	n° de operarios	Tiempo estándar (seg/tambor) (TE) (con proyecto)	Tiempo estándar (seg/tambor) (TE) (sin proyecto)
1	Sacar sello	1	0,75	0,75
2	Desapilar tambores		-	5,17
3	Sacar tapa		0,70	0,70
4	Dejar bolsa	2	4,25	4,25
5	Acomodar bolsa		9,22	9,22
6	Montar tambores		-	7,83
0	Despaletizado robot	1	8,00	-
Total (seg/tam)			22,92	27,92

Fuente: Elaboración propia.

Ecuación 9: Cálculo de dotación de personal con brazo robótico.

$$\text{Número de auxiliares requeridos} = 22,92 \frac{\text{seg}}{\text{tambor}} * \frac{1 \text{ hora}}{3.600 \text{ seg}} * 462 \frac{\text{tambor}}{\text{hora}} = 2,94 \text{ auxiliares}$$

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, es mejor la opción de integrar el brazo robótico al despaletizado (considerando solo la mano de obra y el tiempo de las actividades) para automatizar las actividades de

desapilado y montaje de tambores, ya que reduce la cantidad de tiempo en ambas actividades (5 seg en total) y además se disminuye en 6 auxiliares, la mano de obra requerida.

Además, se espera que el mecanismo propuesto sea capaz de realizar sus funciones con una mayor exactitud, disminuyendo la cantidad de tambores con abolladuras. También con la reducción de mano de obra no calificada, se tiene la expectativa de una reducción de costos que se vea reflejada en la evaluación económica por elaborar, y que a su vez, el robot despaletizador sea autosustentable, contribuyendo a los ingresos de la empresa.

Cabe destacar que la propuesta de este robot solo es una sugerencia respecto al nivel de automatización con el que pudiese operar este sub proceso, contribuyendo a la mejora en los tiempos de entrega y calidad de los productos finales elaborados por Agrozzi.

En conclusión, se recomienda la integración del brazo robótico al subproceso de despaletizado, ya que actualmente el sistema no se encuentra automatizado, es intensivo en mano de obra y existe tecnología que puede reemplazar algunas de las funciones realizadas manualmente, aunque se debe evaluar la factibilidad de su incorporación, mediante la evaluación económica a confeccionar en el siguiente capítulo.

4.3. Análisis de automatización o modernización proceso de Evaporación

El proceso de evaporación se encarga de extraer una cierta cantidad de agua de los productos procesados, para alcanzar la concentración específica que requiere cada uno y cumplir con los estándares de calidad solicitados. Para ello la planta cuenta con una gama de equipos de diferentes capacidades, debido a la gran variedad de productos con los que se trabaja.

En cuanto al grado de automatización de este proceso, éste se encuentra semi automatizado, ya que la tecnología utilizada para el proceso (sistema con paneles de control) adquiere información mediante lo que indican los evaporadores y propone a los operadores las funciones o tareas a realizar, de acuerdo a los requerimientos que se especificaron para el

producto en particular. Con esta información el operador interviene y realiza los ajustes necesarios para cumplir con estas especificaciones.

Para analizar los equipos involucrados en la evaporación, se estudia la cantidad de mano de obra involucrada en el proceso, luego se examinan los equipos con los que cuenta actualmente la planta de pastas y pulpas y se evalúa el momento óptimo de reemplazo, mediante el análisis de las detenciones que se tuvieron en la temporada y los costos que éstas implicaron.

4.3.1. Mano de obra utilizada en el proceso

En el proceso de evaporación no existen auxiliares que intervengan en la producción, solo se dispone de 2 operarios que trabajan en los paneles de control, los cuales se encargan de preparar la concentración de las pastas o pulpas según los grados brix que la planilla de especificaciones indique. Ellos se preocupan de detener los efectos de los evaporadores según la cantidad de producto que alimente a éstos, por alguna falla del proceso en sí y/o que se produzcan en los procesos contiguos. También se encargan de controlar la temperatura de los evaporadores, de su limpieza y mantenimiento, y de contactar al departamento de mantención en caso de que las fallas de los equipos sean más severas.

En sí estos equipos funcionan de forma más bien automática, en la cual los operarios solo tienen la función de controlar los evaporadores mediante paneles, es decir no es un proceso intensivo en mano de obra, en comparación con otros de la planta, por lo tanto no es necesario automatizar.

4.3.2. Análisis del equipo actual

En la actualidad la planta Agrozzi cuenta con 6 tipos de evaporadores los cuales se diferencian entre sí por la cantidad de producto que pueden procesar y la antigüedad de los equipos (Tabla 3), además cuenta con dos pre concentradores Apolo 1 y 2 que trabajan de la mano con los evaporadores T-1200 y T-1500, respectivamente.

En la Tabla 10 adjunta, se presenta el detalle de las detenciones de los equipos principales del proceso, la cantidad de veces que se presentaron durante la temporada 2018, el tiempo total

que estuvo detenido el equipo o con bajo rendimiento por causa de la detención, el costo de oportunidad y el costo total de mantención que implicó cada una de ellas.

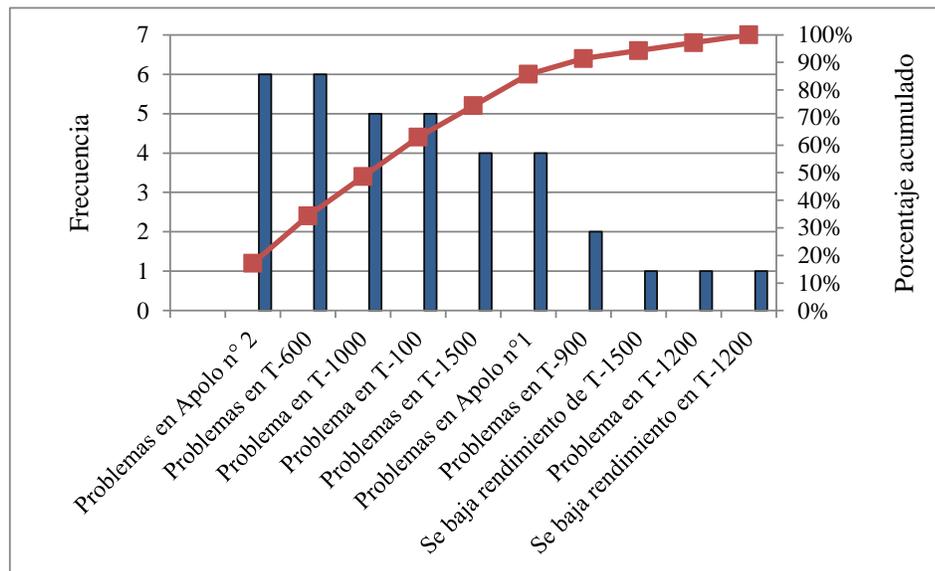
Tabla 10: Detenciones de evaporadores.

Problema en maquina	Frecuencia	Duración (minutos)	Costo de oportunidad	Costo total de la detención
Evaporador T-600	6	350	\$ 2.086.606	\$ 1.277.000
Evaporador T-1000	5	45	\$ 1.001.570	\$ 110.000
Evaporador T-100	5	510	\$ 1.054.012	\$ 1.220.000
Evaporador T-1500	4	-	-	\$ 407.000
Evaporador T-900	2	110	\$ 650.295	\$ 583.480
Se baja rendimiento de T-1500	1	60	\$ 472.942	\$ 50.000
Evaporador T-1200	1	70	\$ 643.745	\$ 50.000
Se baja rendimiento en T-1200	1	-	-	arreglo manual

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

- Análisis de los costos de mantención de los equipos:** Respecto a los costos que involucraron estas detenciones, se destacan los problemas que tuvo el evaporador T-600 con un total de \$1.277.000, seguido del T-100 con un monto igual a \$1.220.000, generando entre ambos costos superiores al millón de pesos, debido a problemas en el sello mecánico (\$200.000), en los controladores de nivel (\$840.000) y temperatura (\$140.000) en general.

Gráfico 3: Diagrama de Pareto para las detenciones de los equipos de evaporación.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

- **Análisis de los costos de oportunidad de los equipos:** Dentro de los costos de oportunidad que generaron los evaporadores, destaca el equipo T-100 con un monto igual a \$1.054.012, debido a que estuvo detenido por 8 horas y 30 minutos, detención ocasionada por problemas de nivel en el primer efecto, luego lo siguen los problemas causados por el evaporador T-600 con costo equivalente de \$2.086.606, ya que dejó de funcionar por 5 horas y 50 minutos, debido a problemas operacionales y arreglos manuales al controlador automático del equipo.

Cabe destacar la antigüedad de los equipos que funcionan actualmente en la planta de procesamiento, destacando entre estos el evaporador T-600, que opera en la planta desde el año 1993, aunque solo se ocupa en el procesamiento de pulpas de fruta o vegetal. También se encuentra el evaporador T-1500, que trabaja desde el año 1998, pero éste solo se utiliza para procesar pasta de tomate, aunque él no generó altos costos de mantención en su proceso durante la temporada.

4.3.3. Análisis del momento óptimo de reemplazo

Para el análisis del momento óptimo de reemplazo, se utiliza la Ecuación 8, donde se anualizan los costos operacionales y la inversión inicial, mediante el factor de recuperación del capital, y de esta manera se obtiene la curva de costo anual equivalente, ya que no se cuenta con los datos que se necesitan para la elaboración de ésta, por lo tanto, los cálculos presentados son solo una estimación del momento óptimo de reemplazo.

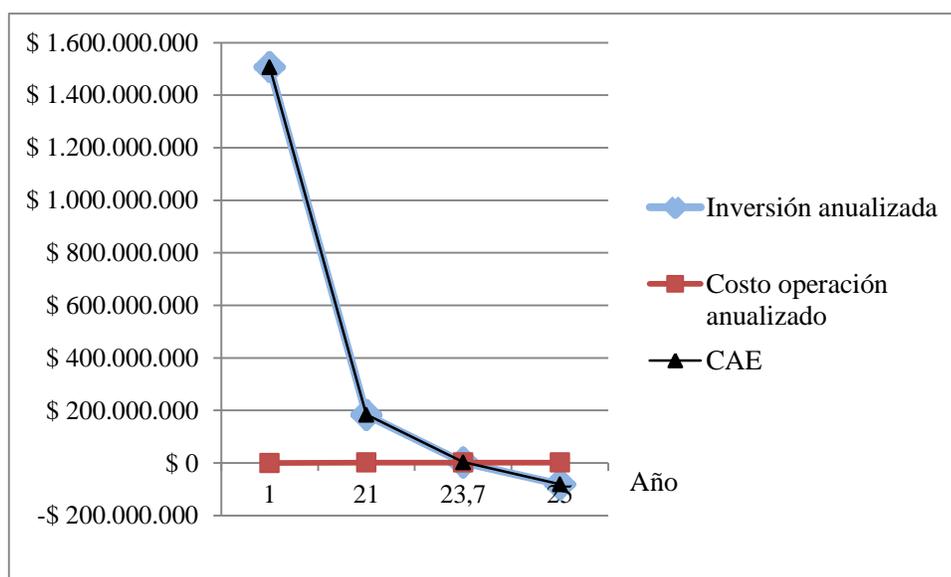
Para el proceso de evaporación, se dejan fuera del análisis los dos apolos, ya que son procesos secundarios y que ayudan en la pre concentración de las pastas y pulpas.

En el Gráfico 4 adjunto se ilustra el comportamiento de la curva de costo anual equivalente (CAE) para el evaporador T-1500, la cual es similar al de la inversión anualizada, ya que los costos operacionales son constantes y no poseen mayor variación, por ende no influyen en el comportamiento de la curva del CAE. Esta tendencia se genera en todos los evaporadores, lo cual se pudo apreciar en los anexos adjuntos, junto con los cálculos correspondientes para la elaboración de las curvas ilustradas.

A pesar de que los evaporadores se implementaron en diferentes años y llevan más de 10 años en funcionamiento, no presentan mayores costos de mantención y curiosamente los equipos más antiguos se deberán reemplazar en 4 años más aproximadamente, como lo es en el caso del evaporador T-1500, T-1200 y T-900, a diferencia de los equipos más nuevos que se deberían cambiar en 3 años más aproximadamente.

Tal como se puede apreciar en la Tabla 11, ninguno de los equipos analizados necesita un reemplazo inmediato para el próximo año, es por esta razón que el proceso de evaporación no requiere de ninguna modernización por el momento.

Gráfico 4: Curva del costo anual equivalente de evaporador T-1500.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Tabla 11: Resumen momento óptimo evaporadores.

Equipo	Año de implementación	Años de funcionamiento	Momento óptimo de reemplazo
T-1000	2003	15	18,3
T-100	2007	11	13,7
T-600	1993	25	29,1
T-900	1990	28	32,6
T-1200	1989	29	33,7
T-1500	1998	20	23,7

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

4.4. Análisis de automatización o modernización proceso de envasado

El equipamiento de este proceso se encarga básicamente de envasar el producto terminado y transportarlo a un lugar determinado para su posterior retiro. Además el proceso de envasado trabaja en coordinación con el proceso de esterilizado, es por ello que las envasadoras se dividen en dos grupos, las envasadoras que trabajan con los esterilizadores tubo a tubo y las que trabajan con los esterilizadores de flash cooler, es por esta razón, que cada envasadora ve limitada su capacidad de proceso según el esterilizador que tenga asociado.

En particular el proceso de envasado posee un sistema semi automatizado, ya que este proceso entrega información del sistema y propone al operador del panel de control las funciones que debe realizar, por lo tanto, el operador tiene la función de controlar el adecuado funcionamiento de la envasadora y el auxiliar actúa directamente en el proceso.

Para analizar el proceso de envasado se analizó la cantidad de personal que trabaja en él y el equipo actual con el que se cuenta, considerando para este último, las detenciones de los equipos y los costos que éstas generaron.

4.4.1. Mano de obra utilizada en el proceso

En el proceso de envasado actualmente trabajan de 2 a 3 auxiliares por equipo, dependiendo de la demanda de producto a envasar, los cuales se encargan de manipular las pinzas de las envasadoras (2 pinzas por equipo) con la bolsa correspondiente, y registrar la información en el sistema y manualmente.

Además en este proceso trabajan 3 operarios, uno de ellos se encarga de manipular las envasadoras que están asociadas a los esterilizadores tubo a tubo y los otros dos operarios restantes, se encargan de manejar las envasadoras que trabajan con los esterilizadores flash cooler. Cabe destacar que los operarios dividen sus funciones entre operar los paneles de control de los esterilizadores y problemas de operación que pudiesen tener las envasadoras asociadas.

Debido a que se cuenta con 8 envasadoras en total, existe una dotación de 16 a 24 auxiliares totales en el proceso de envasado y 3 operarios que comparten funciones con el proceso de esterilizado.

Se puede concluir que el proceso de envasado es bastante automático, porque las funciones a realizar por los auxiliares son mínimas, ya que solo se encargan de colocar las bolsas en las pinzas de las envasadoras y otras labores de control, además las funciones de los operarios son solo de control y son compartidas con el proceso de esterilizado. Es por ello que el proceso de envasado no requiere de automatización.

4.4.2. Análisis del equipo actual

Actualmente los equipos que se utilizan para envasar las pastas y pulpas de la planta Agrozzi, poseen un sistema bastante autónomo para realizar el llenado de las bolsas asépticas en formato tambor o tote. En este proceso, el auxiliar debe colocar adecuadamente la bolsa en las pinzas y comenzar con el llenado, luego una mesa giratoria que posee el sistema, voltea en 180 grados, una vez que las dos pinzas llenan con producto las bolsas respectivas de cada tambor, en el caso que se esté trabajando con este tipo de formato. Cabe destacar que la envasadora cuenta con un sistema de pinzas, que se pueden utilizar al mismo tiempo o por separado, permitiendo la autonomía e independencia de ellas para funcionar.

Tabla 12: Detenciones de las envasadoras.

Problema en maquina	Frecuencia	Duración (minutos)	Costo de oportunidad	Costo total de la detención
Se baja rendimiento en envasadora n°5	39	1.640	\$ 19.524.884	\$ 275.000
Se baja rendimiento en envasadora n°2	36	709	\$ 10.622.338	\$ 337.000
Se baja rendimiento en envasadora n°4	11	482	\$ 3.190.772	\$ 75.000
Se baja rendimiento en envasadora n°1	9	777	\$ 3.998.983	arreglo manual
Se baja rendimiento en envasadora n°6	7	559	\$ 5.815.073	\$ 40.000
Se baja rendimiento en envasadora n°8	5	725	\$ 7.541.911	arreglo manual
Envasadora n°1	4	397	\$ 6.674.466	arreglo manual
Se baja rendimiento en envasadora n°3	3	253	\$ 3.471.546	arreglo manual
Envasadora n°2	3	30	\$ 1.141.465	arreglo manual
Envasadora n° 4	2	141	\$ 1.866.800	operación
Envasadora n° 6	2	90	\$ 1.872.474	arreglo manual
Envasadora n° 8	2	139	\$ 2.891.933	arreglo manual

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

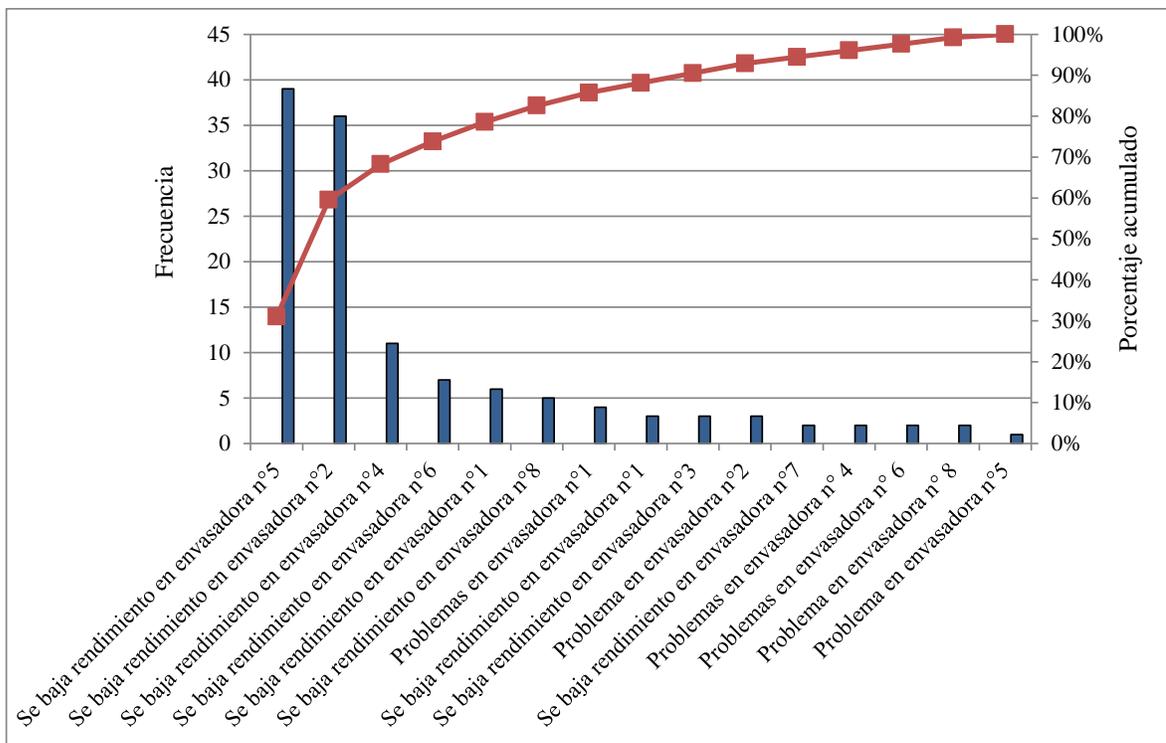
También el proceso de envasado cuenta con un sistema de transporte, que se encarga de abastecer de tambores o totes desde el subproceso de despaletizado. A su vez tiene la función de retirar los pallet con tambores o totes listos con producto envasado, para que finalmente los operarios de las grúas los lleven a la zona de embarque.

En la Tabla 12 se muestra la ocurrencia de las detenciones de las envasadoras, dependiendo si se produce la detención total del equipo o parcial, en el caso de la baja de rendimiento, también se puede observar la duración total que tomo cada tipo de detención y los costos totales que éstas implicaron.

- **Análisis de las detenciones de las envasadoras:** en particular, la mayor cantidad de detenciones fueron causadas por baja del rendimiento de las envasadoras, concentrando el 80 % de éstas las primeras 5 detenciones (Gráfico 5). Las bajas de rendimiento son causadas en general porque el cabezal se encuentra detenido por problemas de operación, problemas en el toma tapón, tapas atrapadas en los cabezales, problemas en las tenacillas y cabezales que degollan las bolsas, problemas que se repiten comúnmente en la mayoría de las envasadoras.
- **Análisis de los costos de mantención de las detenciones:** En particular para el proceso de envasado los costos de mantención fueron muy bajos respecto a los otros procesos, tales como el proceso de evaporación, ya que la mayoría de las detenciones se solucionaban con arreglos manuales por parte de los operarios del proceso o por el departamento de mantención. A pesar de ello, las envasadoras n° 5, 2, 4 y 6, concentraron casi el total de los costos de mantención del proceso de envasado, aunque la envasadora n° 2, lidero este grupo con un costo total de mantenimiento de \$337.000, explicado porque tuvo problemas con el controlador de temperatura lo cual generó un costo de \$ 137.000 y problemas en la plataforma de rotación (\$80.000 en total), además de arreglos manuales, sin mayores costos involucrados, de problemas varios antes descritos.
- **Análisis de los costos de oportunidad de la detenciones:** respecto a los costos de oportunidad de las envasadoras, estos fueron generados más bien por bajas de rendimiento que por detenciones totales del equipo, liderando estos costos los ocasionados en la envasadora n°5, por bajas de rendimiento por un total de \$19.524.884, con un tiempo de 2

horas y 20 minutos, ya que a su vez, este equipo fue utilizado para envasar pasta y pulpas durante el tiempo que se realizó el estudio de las detenciones, a diferencia de otras envasadoras que se utilizaban preferentemente para un solo tipo de proceso. Luego los siguen los costos de oportunidad de la envasadora n° 2, que sumaron \$11.763.803 entre bajas en el rendimiento y detenciones totales, con un tiempo de 11 horas y 49 minutos, tiempo mucho menor que en el caso de la envasadora n° 5, pero que también se utilizó para envasar pastas y pulpas durante la temporada.

Gráfico 5: Diagrama de Pareto para las detenciones de envasadoras.



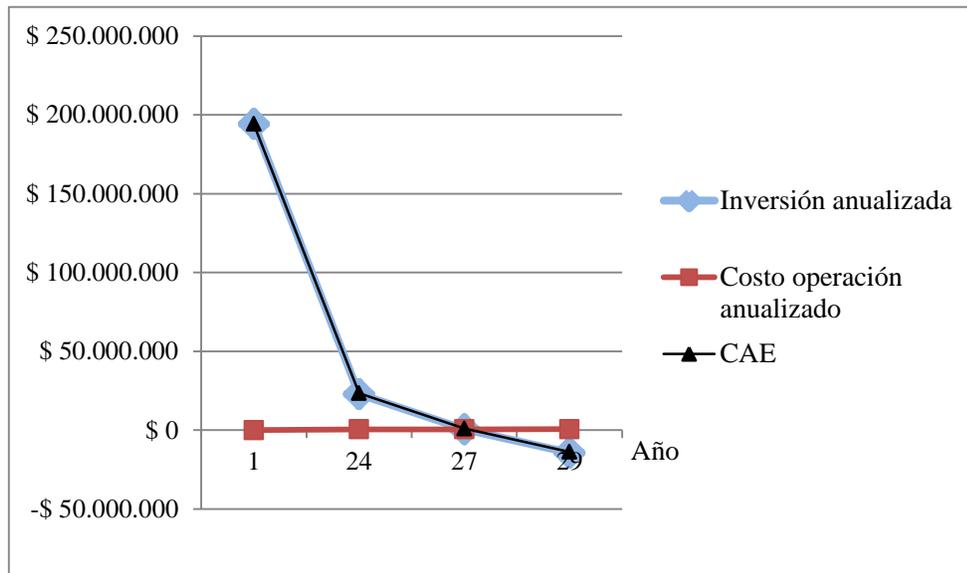
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

4.4.3. Análisis del momento óptimo de reemplazo

Para el proceso de envasado se analizan 7 de las 8 envasadoras que existen actualmente en la planta de pastas y pulpas, ya que el envasadora n° 7, solo registra dos detenciones durante la temporada, y fue por una baja de rendimiento que tuvo una duración de aproximadamente una hora, a un costo de mantención de \$15.000.

Como se puede apreciar en el Gráfico 6 adjunto, el comportamiento de la curva de costo anual equivalente sigue la misma tendencia que la curva de inversión anualizada, ya que los costos operacionales fueron mínimos y se mantuvieron durante el tiempo, en comparación con lo ocurrido con la inversión anualizada. Y al igual que en el proceso de evaporación, el comportamiento de las envasadoras fue similar al de la envasadora n°3, las cuales solo se diferencian en el monto de los costos operacionales.

Gráfico 6: Curva del costo anual equivalente de envasadora 3.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

En la Tabla 13 se muestra un resumen con los años de implementación de los equipos, el año de funcionamiento y el momento óptimo de reemplazo para cada envasadora en particular, donde en promedio las envasadoras se debieran reemplazar en 3 años más aproximadamente, según los cálculos estimados que se realizaron con los datos que se disponían, pero ninguna de ellas se debe cambiar en un año más.

A pesar de que la envasadora n°3 es la más antigua de todas, aún no se debe reemplazar según el análisis que se realizó, esto se puede explicar debido a que durante esta temporada se utilizó muy poco, por diversos problemas que tuvo generando finalmente su detención, pero no se tiene registro de ello en cuanto al tiempo, ni el costo de ésta, solo se dejó de utilizar por las diversas observaciones que se pudieron percibir.

Tabla 13: Resumen momento óptimo envasadoras.

Equipo	Año de implementación	Años de funcionamiento	Momento óptimo de reemplazo
Envasadora 1	2006	12	14,8
Envasadora 2	2006	12	14,7
Envasadora 3	1995	23	27,0
Envasadora 4	2006	12	14,9
Envasadora 5	2000	18	21,1
Envasadora 6	2006	12	21,1
Envasadora 8	2008	10	12,7

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Cabe destacar que ninguno de los costos involucrados en el proceso generó un monto mayor a \$500.000, a pesar de que algunos equipos fueron ocupados para envasar pastas y pulpas durante la temporada, además el proceso es bastante automático por la descripción realizada anteriormente y utiliza una cantidad mínima de personal. Es por estas razones y porque la mayoría de las detenciones solo generan una baja del rendimiento de las envasadoras, pero no una detención total del equipo, que pudiese generar cuellos de botella para la línea de proceso, es que se llega a la conclusión, que el proceso de envasado no necesita cambios de equipos ni automatización del proceso, según el análisis realizado.

4.5. Análisis de automatización o modernización proceso de descarga tomate

El proceso de descarga cuenta con un sistema de lanzas que permiten la descarga de tomate desde las tinajas que traen consigo los camiones, mediante presión de agua, luego se utilizan sacapiedras ubicados en cada canal y un sacapasto, el cual retira la materia orgánica desde el canal principal de transporte, después se utilizan 4 selectores de color (raytec) que seleccionan el tomate rojo y posteriormente pasan por otro selector más pequeño (protec) que elimina el tomate verde. Finalmente se utilizan mesas de selección, donde auxiliares retiran el resto de materia orgánica que pudiese quedar, para luego pasar al proceso de cocción del producto.

De acuerdo a lo descrito anteriormente este proceso se encuentra automatizado, ya que posee distintos componentes que permiten la autonomía general del proceso y dentro de ello, las maquinas principales (selectores de color) cuentan con un sistema que tiene una automatización pasiva llamada verificación del proceso, de acuerdo a la clasificación realizada en la Tabla 4 la cual suministra información del proceso mediante paneles de control, desde los cuales los operadores controlan la línea y su correcto funcionamiento.

Cabe destacar, que el análisis del proceso de descarga se concentra en las maquinas principales que son las de selección de color, ya que existen maquinas secundarias que ayudan en el proceso como: las lanzas, el sacapiedras, los filtros y las bombas utilizadas para el funcionamiento de la línea de proceso. También se descartan de este análisis equipos que no cumplen su función, ya que no fueron bien diseñados tales como los elevadores de las maquinas selectoras de color, los cuales no se instalaron con la pendiente adecuada, también se encuentra el sacapasto él que no logra cumplir su objetivo, porque los dientes que posee se tuercen constantemente por el mal diseño y el desgaste propio del proceso.

A continuación se describe la mano de obra utilizada y su función, el análisis de las detenciones de los equipos utilizados en el proceso, el análisis del momento óptimo de reemplazo y la tecnología existente que pudiese reemplazar los equipos que así determine el análisis realizado.

4.5.1. Mano de obra utilizada en el proceso

El proceso no cuenta con auxiliares pero si trabajan dos operarios en cada turno, que se encargan de monitorear las maquinas que se encuentran en el proceso y de intervenir en su funcionamiento, en caso de que así se requiera. Generalmente las intervenciones que se realizan se deben porque se junta pasto y barro en las máquinas, lo cual produce el desgaste de ellas, generando fallas y problemas en el normal funcionamiento, es por esta razón que se deben estar constantemente limpiando y observando que no se junte materia orgánica entre medio de ella.

En general las funciones de estos operarios son de control y no de operación propiamente tal, ya que manejan y controlan los equipos desde paneles de control y la intervención que

realizan a las maquinas, es más bien de mantención para que no se acumule materia orgánica, por lo tanto, es un proceso más bien automático que no requiere de automatización.

4.5.2. Análisis del equipo actual

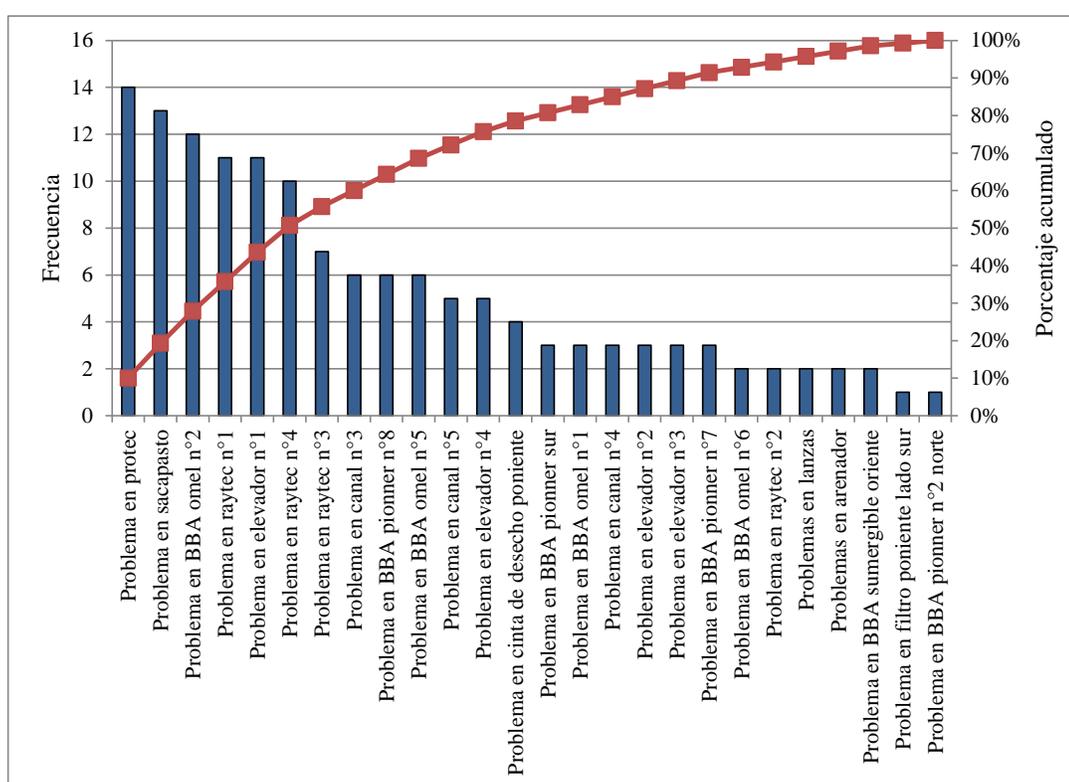
En este apartado se muestran las detenciones que se produjeron durante la temporada 2018, en las diferentes maquinas que se utilizan en el proceso de descarga de tomate, considerando para ellas, los costos de mantención y de oportunidad que se vieron afectados por el tiempo de duración cada una. Cabe destacar, que el análisis profundo de estas detenciones se realiza solo para los equipos principales (Tabla 14).

En el Gráfico 7 se muestran las detenciones del proceso de descarga, dentro de las cuales destaca los problemas de la maquina protec, la cual es uno de los selectores de color, seguida de los problemas de la sacapasto y la bomba omel n°2, al igual que los problemas generados en los elevadores y las raytec.

- **Análisis de las detenciones de los equipos:** respecto a las detenciones generadas por los equipos principales, destaca los problemas que se generan en la maquina protec con una frecuencia de ocurrencia de 14 detenciones registradas durante la temporada, seguida del selector de color raytec 1 con un registro de 11 detenciones, aunque la máquina raytec 4 no se encuentra alejada de estos registro, con una frecuencia de 10 detenciones. En general estas detenciones se produjeron por problemas en los polines, acumulación de pasto o que se rasgó la cinta de los selectores de color.
- **Análisis de los costos de mantención de los equipos:** en cuanto a los costos de mantención destacan los generados por la máquina raytec n° 1, lo cual se produjo porque se rasgó la cinta en dos oportunidades, generando un costo de mantención de \$900.000 entre ambas, además se produjo un problema en los piñones de los polines, lo cual tuvo un costo de \$100.000, luego lo sigue la máquina protec con un monto de \$900.180 en total, producidos por un cambio de dedos que costó \$790.650, lo cual explica el elevado costo, ya que la mayoría de las detenciones se resolvieron con arreglos manuales de parte de los operadores o de los funcionarios de mantención.

- **Análisis de los costos de oportunidad de los equipos:** dentro de los costos de oportunidad destaca la máquina raytec n° 1 con un costo de \$39.111.216, lo cual se explica porque fue la máquina que mayor tiempo estuvo detenida, ya que los problemas de corte de cinta y arreglos de polines toman mucho tiempo para su reparación, luego la sigue la máquina protec con un costo de \$12.062.510, lo cual se produjo por problemas eléctricos y problemas en la prensa, que en conjunto sumaron un tiempo de detención de 4 horas.

Gráfico 7: Diagrama de Pareto para las detenciones del sector de descarga.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Tabla 14: Detenciones de selectores de color.

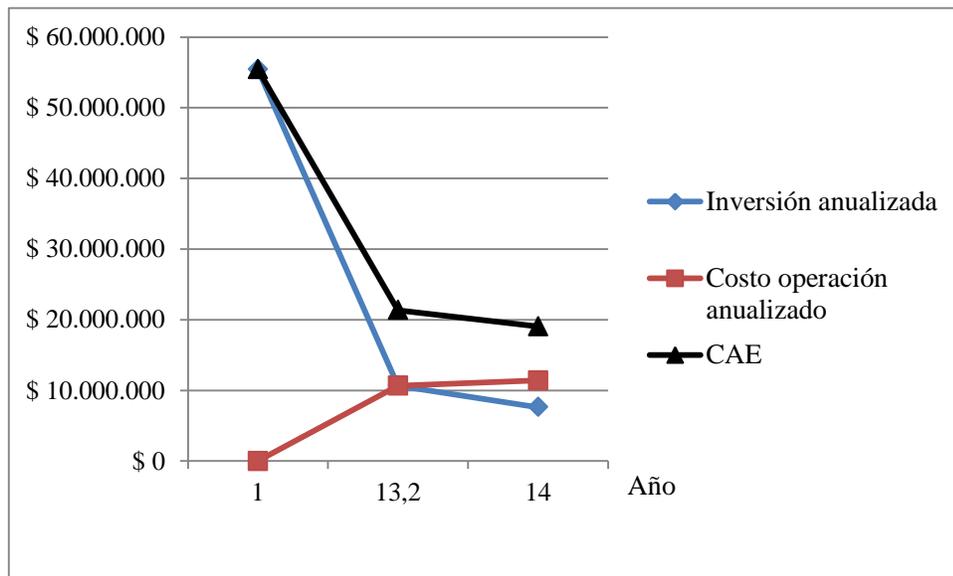
Problema en maquina	Frecuencia	Duración (minutos)	Costo de oportunidad	Costo total de la detención
Protec	14	328	\$ 12.062.510	\$ 900.180
Raytec n°1	11	709	\$ 39.111.216	\$ 1.600.500
Raytec n°4	10	70	\$ 3.861.474	\$ 87.000

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

4.5.3. Análisis del momento óptimo de reemplazo

Para el análisis del proceso de descarga de tomate, se consideran solo los selectores de color protec, raytec 1 y 2, ya que el resto de selectores aún no cumple con su vida económica de 10 años, por lo cual no son necesarios de evaluar aún su reemplazo, además de que no generaron mayor tiempos ni costos de detenciones durante la temporada 2018.

Gráfico 8: Curva del costo anual equivalente de Raytec 1.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

En el Gráfico 8 se ilustra el comportamiento de la curva del CAE para el selector de color raytec 1, el cual ya se debería haber reemplazado hace aproximadamente un año, según el análisis con los datos estimados que se realiza, esto se produjo ya que los costos de mantención superaron a la inversión anualizada, es decir, es más caro tener el equipo funcionando debido a los costos operacionales que este involucra.

Tabla 15: Resumen momento óptimo selectores de color.

Equipo	Año de implementación	Años de funcionamiento	Momento óptimo de reemplazo
Protec	2014	4	5,1
Raytec 1	2005	13	13,2
Raytec 4	2005	13	15,8

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Respecto al resto de los selectores, aún no es momento de reemplazarlos sin embargo, el protec se debiera cambiar en un año más y el raytec 4 en 3 años más aproximadamente, tal como se muestra en la Tabla 15.

4.5.4. Análisis de tecnologías existentes

Dentro de las tecnologías que existen para máquinas selectoras de color para tomates, la marca raytec destaca con su innovación y precisión, ya que posee dientes que separan los tomates según las especificaciones que se programen, además funciona mediante un panel de control y posee escáner con tecnología láser que permite mayor precisión al momento de seleccionar el tomate en buen estado. En general, la tecnología existente es similar a la que se utiliza hoy en día en la planta de pastas y pulpas, ya que poseen selectores de color de esta marca y solo se diferencia en la capacidad de ellas. A continuación se presenta un selector de color con una capacidad de 100 ton/hora y con un consumo de 5 KW/hora (Ilustración 10), al igual que las últimas máquinas raytec que fueron adquiridas por la empresa.

Finalmente de acuerdo al análisis realizado respecto a la automatización del proceso o modernización del equipamiento, se llega a la conclusión de que el proceso de descarga de tomate necesita de una modernización de su equipamiento, ya que se debe reemplazar el selector de color raytec 1, según el análisis del momento óptimo de reemplazo elaborado.

Ilustración 10: Selector de color raytec visión.



Fuente: (CFT, 2018).

4.6. Análisis de automatización o modernización proceso de descarga fruta

El proceso de descarga de fruta (o vegetales) es el primer proceso que ocurre en la línea de producción de pulpas, en él operadores de grúas horquillas se encargan de transportan los bins con fruta, que llegan en los camiones desde los campos, hacia la zona de descarga donde se apilan en ciertos sectores; posteriormente operadores de grúas rotadoras toman estos bins y los vacían sobre tinas que contienen agua en su interior, luego la fruta es transportada por canales con agua, hacia elevadores que la llevan a los cocedores correspondientes.

Respecto al grado de automatización del proceso, éste no se encuentra dentro de la clasificación propuesta en la Tabla 4, ya que si bien las operaciones son realizadas con ayuda de grúas, el proceso no se encuentra automatizado, porque el operador debe manejar esta máquina para que pueda funcionar, por lo cual el proceso no tiene ningún tipo de autonomía.

En el análisis del proceso de descarga de fruta, se considera la cantidad de personas que participan, se da a conocer una alternativa de tecnología que pudiese reemplazar esta manos de obra utilizada, se describe la función que realizan hoy en día los operadores de las grúas rotadoras, luego se estima la capacidad de proceso requerida, mediante la utilización que tienen las tinas de descarga, según la producción que se tiene de cada producto que se procesa, y finalmente para conocer la implicancia que tendría la tecnología propuesta, se realiza un estudio de desecho de fruta para conocer y estimar las perdidas por el mal manejo de los bins por parte de los operadores.

4.6.1. Mano de obra utilizada en el proceso

En este proceso se utiliza personal para que opere grúas horquillas, los cuales son encargados de transportar los bins con fruta desde los camiones, hasta el sector donde éstos son apilados para su posterior procesamiento. También existen operadores encargados de manejar grúas rotadoras, los cuales tienen como función, tomar los bins y voltearlos sobre las tinas de descarga. Cabe destacar que para este análisis, solo se considerarán los operadores de grúas rotadoras, ya que son los que trabajan directamente en el proceso.

Estos operadores trabajan en 4 turnos distintos en temporada alta (enero - abril) y en cada uno de ellos se utilizan 5 personas para que manejen estas grúas, en temporada baja (mayo - junio) la cantidad de turnos se reduce a 3, con 3 personas en cada uno de ellos.

En definitiva, no es un proceso intensivo en mano de obra, ya que se cuenta con 7 tinas de descarga, aunque se debe considerar que estas no operan a la vez: la tina n°4 la temporada 2018 no se utilizó y la línea más utilizada es la línea zenith, ya que es la encargada de procesar manzanas y peras (productos que suman el 73,71% de la producción total de esta temporada 2018). Además, hay que tener en cuenta que el sueldo de un operador de grúa respecto al sueldo de un operador de panel de control, es un 17,22% más, diferencia que se debería visualizar en la evaluación económica a realizar en el siguiente capítulo.

4.6.2. Tecnología alternativa con menor uso de MO

Actualmente en el mercado existe tecnología que reemplaza la función que realiza hoy en día los operadores de grúas rotadoras, ya que existen máquinas que realizan la función de voltear los bins con fruta hacia la zona de descarga por sí solas, las cuales son operadas mediante paneles de control.

Ilustración 11: Volcador de bins Navatta Group.



Fuente: (Navatta, 2018).

Estas máquinas se llaman volcadores de bins, los cuales deben ser alimentados con bins con fruta, para que la máquina luego tome uno de ellos y lo voltee sobre la zona de descarga dispuesta, después el volcador desliza el bins vacío hacia el otro extremo de esta máquina y de esta manera, operadores los puedan retirar posteriormente (Ilustración 11).

Ilustración 12: Panel de control.



Fuente: (Navatta, 2018).

El volcador de bins, permite apilar de 3 a 4 bins en la zona de alimentación y se diferencian entre sí, por las dimensiones de cada uno de ellos; en general estas máquinas pueden trabajar con los dos tipos de bins existentes: madera y plástico. Ellas pueden ajustar las medidas de su brazo volcador, de acuerdo a las especificaciones técnicas de los bins que se utilizan en la empresa en específico, permitiendo con ello, una mayor precisión al momento de su manipulación. Estas máquinas se manipulan mediante un panel de control (Ilustración 12) y también con un dispositivo portátil (Ilustración 13), permitiendo de esta forma, la movilidad del operador encargado, para que pueda realizar otro tipo de funciones a su vez.

Ilustración 13: Dispositivo de control portátil.



Fuente: (Navatta, 2018).

En la Tabla 16, se muestra una comparación elaborada en base a cotizaciones realizadas para un volcador de bins, en ella se muestran las características principales como, consumo energético y el monto del porcentaje del anticipo que pide como garantía la empresa que vende el equipo,

también se presentan los datos técnicos del equipo en cuanto a dimensiones de la máquina, capacidad de descarga y apilamiento de cada una de las propuestas, dependiendo de la empresa que distribuye el equipo. Finalmente se presenta el monto total de la inversión, en el cual se muestra el detalle del monto del equipo y su opcional, en caso de que la empresa lo desee incluir.

En esta comparativa se aprecia, que la diferencia entre los montos de inversión es de 20.000 euros aproximadamente, también son distintos los montos de anticipo a entregar y las dimensiones del equipo en sí, ya que el consumo energético y la capacidad de descarga no varían entre una propuesta y la otra.

Ilustración 14: Volcador de bins CFT.



Fuente: (CFT, 2018).

Tabla 16: Comparativa de cotización volcador de bins.

Cotización comparativa volcador de bins		
Características	CFT	Navatta group
Potencia eléctrica instalada	15 kW	15 kW
Consumo aire comprimido	250 NL	250 ml/min
Anticipo	30%	40% / 50%
Datos técnicos	CFT	Navatta group
Altura total	2.930 mm	3.011 mm
Longitud total	8.300 mm	9.120 mm
Alto total del grupo central	2.430 mm	3.100 mm
Descarga de bins	2 min	2 min
Capacidad de apilamiento	3 a 4 bins	3 a 4 bins
Monto de inversión	CFT	Navatta group
Sub total (euro)	232.500	176.400
Opcional (euro)	1.600	38.500
Total (euro)	234.100	214.900

Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por (Navatta, 2018) y (CFT, 2018).

4.6.3. Capacidad de proceso requerida

Para estimar la capacidad requerida en el proceso de descarga de fruta, es necesario conocer la cantidad de materia prima con la que se deben alimentar las tinas de descarga, según las líneas de producción asociadas a ellas, ya que cada tina tiene la misma capacidad de descarga y no así la capacidad de la línea de proceso, la cual varía dependiendo si se encuentra asociada a cocedores argentinos o líneas zenith.

También es importante conocer que tinas son por las cuales entra una mayor cantidad de materia prima, para saber dónde es conveniente instalar el volcador de bins propuesto en el apartado anterior, ya que se cuenta con 7 tinas de descarga, las que no son utilizadas por igual, porque depende la materia prima que pasa por cada una de ellas y la época durante el año en que esto ocurra. Es por ello que en el Gráfico 9, se da a conocer la cantidad de materia prima procesada según el tipo de producto, cabe destacar también, que no toda se utiliza en el mismo mes, por ende las tinas no se ocupan todas al mismo tiempo y por lo tanto, no es necesario tener un volcador de bins para cada una de las tinas de descarga.

Tabla 17: Utilización de tinas descarga de fruta según tipo de producto.

	Tina 0	Tina 1	Tina 2	Tina 3	Tina 4	Tina 5	Tina 6
Cocedor utilizado	-	argentino 1 argentino 2	argentino 3 argentino 4	argentino 5 argentino 6	no se utilizó	zenith 1	zenith 2
Producto	vegetales	fruta con carozo			-	manzana y pera	

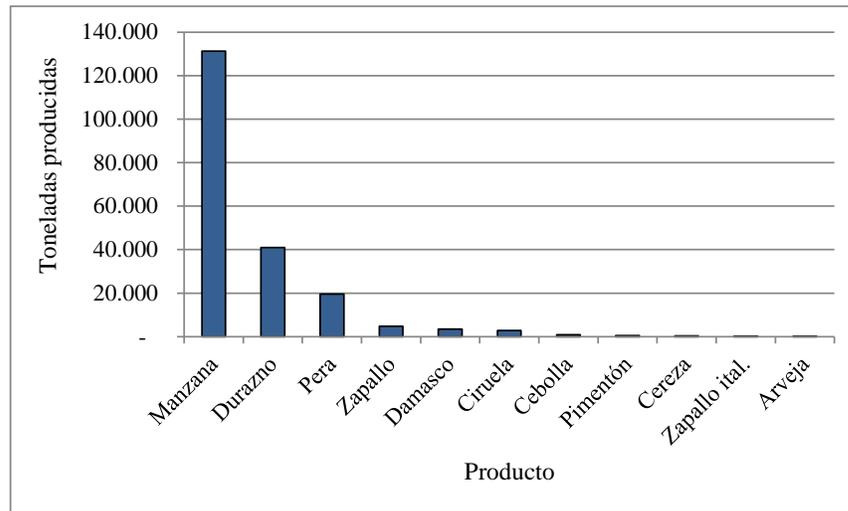
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Cabe destacar que no se tiene registro de que productos pasaron específicamente por cada tina de descarga, pero si se conoce que tipo de materia prima se procesa generalmente según la línea de cocedores que hay (Tabla 17) y además se conoce la cantidad de producto procesado, con ello se puede deducir entonces, que tina se utiliza con mayor frecuencia, para poder estimar donde instalar el volcador de bins.

Como se puede apreciar en el Gráfico 9 las frutas que mayormente se procesaron fueron la manzana, el durazno y la pera, pero el durazno solo estuvo durante 3 meses (enero - marzo) él que se procesa en las líneas de cocedores argentinos, las otras dos frutas duraron 5 meses (febrero - junio) las cuales se procesan en las líneas zenith, con una producción de 150.822 toneladas

registrada durante la temporada 2018. Por otro lado, los vegetales sumaron en total 6.254 toneladas de materia prima procesada, los cuales son descargados en la tina 0, de la que no se tiene registro de los cocedores que fueron utilizados para ello específicamente.

Gráfico 9: Producción temporada 2018 (según tipo de producto).



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Por lo tanto, se sugiere que los volcadores de bins sean ubicados en las líneas zenith, ya que son por las cuales pasa la mayor cantidad de producto en un periodo de tiempo más prolongado, es por ello que se requiere una capacidad de proceso de 25 toneladas por hora por cada línea de zenith, es decir por las tinas 5 y 6.

Ecuación 10: Cálculo de cantidad de desecho de fruta por tina.

$$\text{Capacidad del volcador} = 120 \frac{\text{bins}}{\text{hora}} * \frac{438 \text{ kg}}{1 \text{ bins}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 52,56 \frac{\text{ton}}{\text{hora}}$$

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la capacidad que tiene el volcador, según lo calculado en la Ecuación 10: Cálculo de cantidad de desecho de fruta por tina., se necesitaría solo de un equipo para satisfacer la demanda de materia prima en ambas líneas zenith (50 toneladas por hora en total).

4.6.4. Implicancia del equipo analizado

Actualmente, durante el proceso de descarga de fruta, se observa que los operadores de grúas rotadoras poseen malas prácticas en cuanto a las manipulación de estas máquinas, ya que constantemente las golpean contra las paredes que se encuentran en las tinas de descarga, tampoco respetan los límites establecidos de la capacidad de las tinas según lo que requiere la línea de producción, lo que genera que al momento que el canal de descarga comienza a funcionar o se desliza la fruta, ésta caiga por los costados, además de todas la fruta que se desperdicia cuando se voltean los bins, porque ya está sobrecargada la tina. Usualmente se da aviso de estas malas prácticas a los jefes de turno y se les llama la atención a los operadores pertinentes, pero por lo general no hacen caso a lo solicitado. Este problema genera gran cantidad de fruta en el suelo, la cual es recogida posteriormente y según el estado en que se encuentre, se utiliza para la producción de jugos.

Según lo conversado con los jefes de turno y lo que registran los operadores de los paneles de control en las bitácoras, durante la temporada ocurrieron en varias ocasiones problemas con los operadores de grúas, ya que muchas veces no retomaban sus funciones cuando debían, se retrasaban con la excusa de que estaban llenado de gas los estanques, no hacían caso de las labores que se les solicitaba, y además hubieron momentos en que simplemente no habían gueros disponibles para operar las maquinas rotadores, lo que generaba que se detuviera la descarga de fruta hacia las líneas, dificultando de esta manera el procesamiento de materia prima.

Actualmente no se ha establecido un dato certero del porcentaje exacto de fruta que se desperdicia por estas malas prácticas, pero se estima que es de un 3%, según lo conversado con el jefe de producción de la planta de pastas y pulpas. Dato que se desea verificar con el estudio de desecho presentado a continuación.

- **Estudio de desecho:** para este estudio se considera una muestra preliminar de 30 observaciones para cada operador de grúa analizado (2 operadores), para los cuales se obtuvo una muestra final a considerar, la que no fue posible de obtener, por la cantidad de tiempo invertido que exigía la toma de estas observaciones, es por esta razón, que se trabajó solo con la muestra preliminar.

Tabla 18: Resultados estudio de desecho de fruta en sector de descarga.

	N° manzanas	Kilos	Tiempo (min)
Operario 1	208	59,904	40
Operario 2	199	64,51	40
Promedio	203,5	62,207	40

Fuente: Elaboración propia.

La muestra preliminar se obtuvo de los 30 bins que se voltearon en las tinas de descarga de la línea zenith, donde los operadores se encontraban trabajando. Luego de que finalizó el estudio, se pesó la materia prima que estaba en el suelo por debajo de las tinas, zona que fue anteriormente limpiada para tener una mayor precisión en los datos obtenidos.

Ecuación 11: Cálculo de cantidad de desecho de fruta por tina.

$$\text{Cantidad de desecho} = \frac{62,207 \text{ kg}}{40 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 0,093 \frac{\text{ton}}{\text{hora}}$$

Fuente: Elaboración propia.

Con la muestra obtenida para cada operador (Tabla 18), se estimó la cantidad de kilos que se desperdició en un tiempo de 40 minutos, con las cuales se calculó el promedio de entre ambas muestras, ya que el tipo de manzana que estaba descargando cada operador en ese momento era distinto. Dando como resultado final, que se desperdician 0,093 toneladas por hora aproximadamente por cada línea zenith (Ecuación 11), equivalentes a un 0,37% (aproximadamente) de la cantidad que es capaz de procesar esta línea de producción.

Finalmente se espera que con la incorporación del volcador de bins, se solucione el problema que se tiene actualmente con los operadores de grúas, en cuanto a las malas prácticas efectuadas, además de disminuir los costos de sueldos a pagar a los operadores, arriendo de grúas rotadoras y porcentaje de desperdicio de fruta por el mal manejo de los bins, lo que genera eventualmente costos de oportunidad por no procesar la fruta en el momento oportuno. Disminución que se debiera reflejar y comprobar en la evaluación económica a realizar en el siguiente capítulo.

En resumen, con el análisis elaborado, se recomienda la automatización del proceso de descarga de fruta, ya que actualmente el sistema no cuenta con algún grado de automatización y existe tecnología que puede reemplazar las funciones que realiza actualmente la mano de obra involucrada en el proceso, pero aún se debe evaluar la factibilidad de su incorporación, mediante la evaluación económica a confeccionar.

4.7. Análisis de automatización o modernización proceso de selección de fruta

El proceso de selección de fruta cuenta con tres tipos distintos de líneas de proceso, para las cuales existen mesas de selección asociadas específicamente para cada una de ellas, entre éstas destacan la línea de cocedores argentinos y la línea zenith, la primera cuenta con 6 equipos que se encargan de cocer el producto (en altas temperaturas), que previamente se seleccionó y trituró, en cambio la segunda línea de proceso (línea zenith 1 y 2 que trabaja con bajas temperaturas), además de realizar las funciones antes mencionadas, tiene integrado tamices propios, que tienen como función sacar del producto la materia orgánica que se encuentre, tal como pepas o cascara, para luego pasar a los evaporadores y continuar con su procesamiento; a diferencia de la línea de cocedores argentinos que no los tienen incorporado, por ende el producto pasa a las tamizadoras ubicadas en la línea de procesamiento de pastas, para luego continuar con la evaporación de sus productos al igual que la línea zenith.

En cuanto al grado de automatización del proceso, éste cuenta con un sistema 100% automatizado, ya que éste realiza sus funciones o tareas por sí solo y el operador se preocupa de entregar los parámetros para la elaboración del producto, según los requerimientos de los clientes. En caso de que las líneas de proceso presenten fallas, el sistema detiene sus labores y entrega la información necesaria al operador para que éste intervenga de forma manual.

Para el análisis del proceso de selección de fruta, se estudia la intensidad de mano de obra involucrada, se analiza el equipamiento que interviene en el procesamiento de la fruta, mediante el estudio de las detenciones de la línea, que se produjeron durante la temporada 2018, además se

consideran los costos en cuanto a mantención y oportunidad, que se vieron involucrados a raíz de estas detenciones, finalmente se estudia el momento óptimo de reemplazo de los equipos más importante del proceso de selección de fruta.

4.7.1. Mano de obra utilizada en el proceso

Respecto a la mano de obra involucrada en el proceso, ésta se considera intensiva en la zona de las mesas de selección de fruta, la cual se encarga de sacar la materia orgánica que se encuentre entre medio de ella, pero se estima que su número es necesario, debido a la gran cantidad de fruta que pasa por esta zona, por lo tanto sería suficiente y adecuada según los requerimientos que se tienen allí. Respecto al personal que trabaja directamente en la línea de cocción de la fruta, se encuentran 2 operadores, los cuales se encargan de monitorear, controlar y verificar el buen funcionamiento de la línea de proceso, además de intervenir manualmente en caso de alguna falla o detención de ésta.

4.7.2. Análisis del equipo actual

Para el análisis del equipamiento con el que cuenta actualmente la planta de pasta y pulpas para el proceso de selección de fruta, se consideran y analizan las detenciones que se produjeron durante la temporada 2018, mediante los tiempos de detención y los costos asociados a cada una de ellas (costos de mantención y oportunidad).

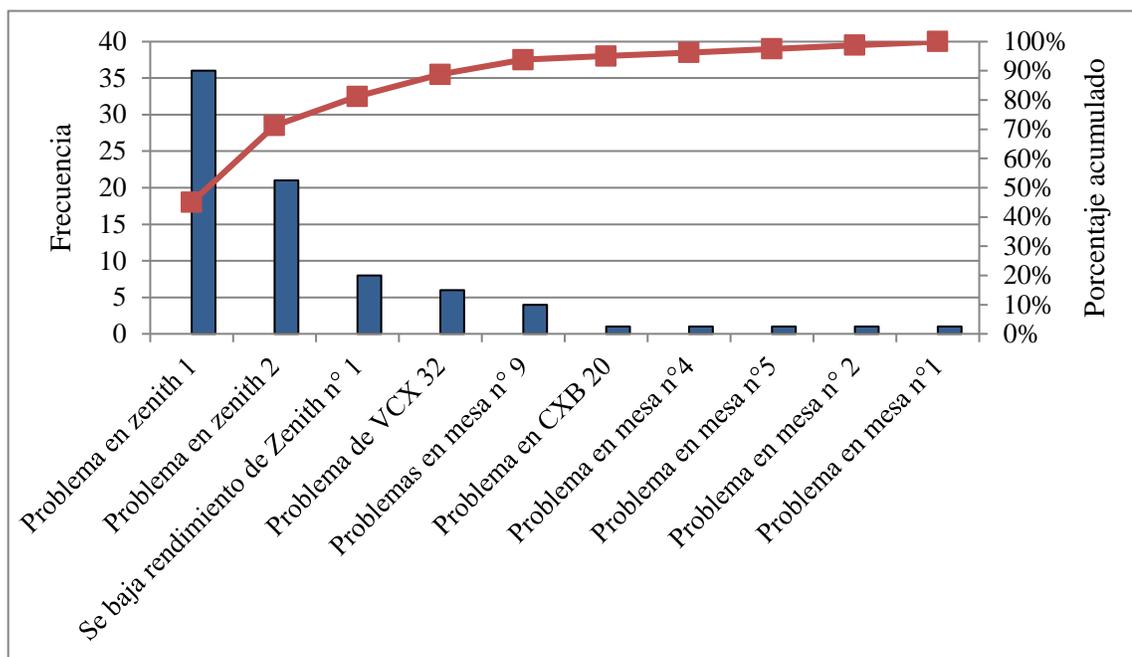
En el Gráfico 10 adjunto, se pueden apreciar las detenciones que se generaron en el proceso de selección de fruta, dentro de las cuales se destacan los problemas producidos en la línea zenith 1, seguido de los problemas que tuvo la línea zenith 2 y finalmente, pero con una frecuencia mucho menor, la baja de rendimiento de la línea zenith 1. En particular, la línea zenith 1 concentró el 80 % de los problemas que se observaron y registraron para este proceso.

Tabla 19: Detenciones de líneas de selección de fruta.

Problema en maquina	Frecuencia	Duración (minutos)	Costo de oportunidad	Costo total de la detención
Zenith 1	36	725	\$ 26.277.333	\$ 6.038.800
Zenith 2	21	560	\$ 24.970.016	\$ 1.425.000
Se baja rendimiento de Zenith n° 1	8	680	\$ 14.787.796	\$ 1.098.600

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Gráfico 10: Diagrama de Pareto para las detenciones de líneas de selección de fruta.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

- Análisis de las detenciones de los equipos:** dentro de las detenciones que se produjeron con mayor frecuencia en el proceso de selección de fruta, destacan las ocasionadas en la línea zenith 1 y que en suma, con las bajas de rendimiento de la línea, suman un total de 44 sucesos, lo cual pertenece al 55% de las detenciones totales producidas durante la temporada 2018. Luego la siguen las detenciones producidas por la línea zenith 2, con un total de 21 detenciones.
- Análisis de los costos de mantenimiento de los equipos:** en cuanto a los costos de mantenimiento de las detenciones, destacan los problemas que sucedieron en la línea zenith 1, con un total de \$6.038.800 como se puede apreciar en la Tabla 19, ocasionado por el cambio de cuchillos que se produjo en dos oportunidades, lo cual generó un costo de \$2.208.000, cada vez que esto pasó, además se cambió el motor y el estator que sumaron un costo total de \$1.350.000. Luego lo siguen los problemas en la línea zenith 2, los cuales tuvieron un costo de \$1.425.000, debido a un cambio de estator equivalente a \$680.000 y un problema en un motor, que ocasionó que se quemara el ventilador, generando un costo adicional de \$600.000.

- **Análisis de los costos de oportunidad de los equipos:** respecto a los costos de oportunidad, el mayor costo se generó en la línea zenith 1 equivalente a \$26.277.333, lo cual se explica, porque se produjo un problema en el recuperador de fibra, lo que ocasionó que la línea se detuviera alrededor de 3 horas con un costo de \$6.524.028, a su vez se cortó la cinta del elevador, lo que causó que el equipo estuviese detenido por 2 horas y 45 minutos, equivalente a \$5.980.359. También se produjeron costos elevados en la línea zenith 2 con un total de \$24.970.016, debido a que se quemó un ventilador de un motor, ocasionando la detención de la línea por 7 horas aproximadamente, con un costo de \$14.679.062.

4.7.3. Análisis del momento óptimo de reemplazo

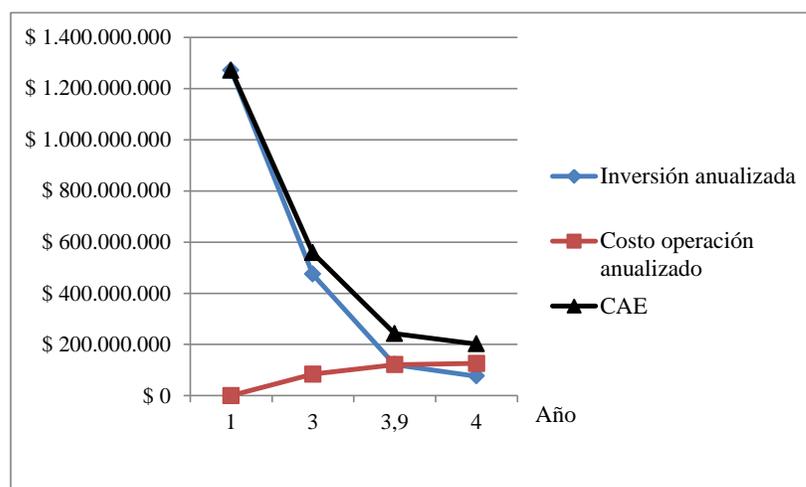
Para el análisis del momento óptimo de reemplazo para el proceso de selección de fruta, se considera solo la línea zenith 1 y 2, ya que son los equipos principales del proceso, descartando del análisis las mesas de selección, ya que son equipos secundarios, y las líneas VCX y CX, ya que poseen información incompleta respecto a la duración de sus detenciones, por ende, no se puede realizar un correcto análisis de éstas.

En el Gráfico 11 que se presenta, se muestra el comportamiento de la curva de costo anual equivalente de la línea zenith 1, la cual sigue una tendencia parecida al de la inversión anualizada, pero aun así se puede apreciar la diferencia entre ellas. Este comportamiento es similar para lo ocurrido con la línea zenith 2, diferenciándose solo entre sí, en el momento óptimo de reemplazo.

En la Tabla 20, se muestra el resumen del momento óptimo de reemplazo para las líneas zenith del proceso de selección de fruta, dentro del cual se observa que ninguno de ellos se debiese cambiar en este momento, aunque sí se podría considerar esta posibilidad dentro de dos años más en ambos casos, lo que dependerá de cómo se comporten los costos operacionales durante ese periodo.

En conclusión, el proceso de selección de fruta se encuentra automatizado y su equipamiento no necesita de ninguna renovación, según lo que se obtuvo con el análisis del momento óptimo de reemplazo elaborado.

Gráfico 11: Curva del costo anual equivalente de Zenith 1.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Tabla 20: Resumen momento óptimo líneas de selección de fruta.

Equipo	Año de implementación	Años de funcionamiento	Momento óptimo de reemplazo
Zenith 1	2016	2	3,9
Zenith 2	2016	2	4,1

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

4.8. Análisis de automatización o modernización proceso de cocción

En el proceso de cocción, existen dos líneas diferentes, para el procesamiento de pulpas, existen los cocedores argentinos que se diferencian entre sí, por la capacidad de proceso que tienen y el producto que pasa por ellos, ya que existen equipos por los cuales se procesa vegetales pequeños sin pepas (cebolla) y otros con cascara más dura (zapallo), también se procesan distintos tipos de fruta con carozo, ya que las otras frutas (manzana y pera) pasan por la línea zenith, equipo que se analiza específicamente en el proceso de selección de fruta (sección 4.7). En el caso de la línea de procesamiento de pastas, se utilizan los hot break, equipos que son más antiguos y con mayor capacidad de proceso que los cocedores argentinos y que se utilizan exclusivamente para el

procesamiento de tomate. Los equipos de las dos líneas de proceso, trabajan con cocedores que ocupan calor para su funcionamiento y se encargan básicamente de cocer los productos luego de que ya han sido triturados previamente. Estas operaciones se realizan mediante paneles de control, desde donde posteriormente se envía el producto a las respectivas tamizadoras asociadas para que saquen la materia orgánica (cascara, pepas o cuesco, pasto, hojas, etc.).

En cuanto al grado de automatización del proceso, éste cuenta con un sistema semi automatizado, ya que el operador se encarga de entregar los parámetros para su funcionamiento, de acuerdo a las especificaciones que tenga el cliente respecto al producto que desea obtener, pero es el equipo quien realiza sus funciones sin mayor intervención del operador durante el transcurso, excepto en el caso de que el equipo arroje una falla y éste deba intervenir para ello, pero aun así el equipo se detiene solo cuando esto ocurre.

Para el análisis del proceso de cocción, se estudia la mano de obra que efectúa las tareas para que el equipo pueda funcionar de manera adecuada, también se analiza el equipo actual con el que cuenta la línea de proceso, mediante el estudio de las detenciones que se produjeron durante la temporada 2018 y los costos que éstas implicaron, a su vez, se elabora un estudio del momento óptimo de reemplazo para el equipamiento actual y finalmente se realiza un análisis de la tecnología que existe actualmente en el mercado, para efectuar el posible reemplazo si es que así fuese necesario.

4.8.1. Mano de obra utilizada en el proceso

El proceso de cocción cuenta con 2 operadores que manejan el panel de control, que posee el sistema con el que opera la línea de hot break (línea de pastas) y por otro lado, la línea de cocedores argentinos es controlada por un panel de control diferente, ubicado en la línea de pulpas, en donde 2 operadores se preocupan de manejarlo, pero éstos son los mismos que se encargan de operar la línea zenith y controlar el proceso de selección, lo cual se analiza en el apartado 4.7.1. La mano de obra de este proceso, tiene la función de controlar y dar las indicaciones determinadas a los cocedores a través el panel de control, para lograr la mezcla específica del producto según los requerimientos del cliente, también se preocupan de verificar

las detenciones de la línea y resolver los problemas que se surjan de forma manual o con ayuda del área de mantención, si es que fuese necesario.

4.8.2. Análisis del equipo actual

Para analizar el equipamiento actual con el que cuenta la planta de pastas y pulpas en el proceso de cocción, se consideran las detenciones y bajas de rendimientos de cada uno de los equipos, según corresponda, donde se estudia el tiempo que demora cada una de ellas y el costo de oportunidad y mantenimiento que implican.

Tal como se puede apreciar en el Gráfico 12 el cocedor que tuvo mayor cantidad de detenciones fue el argentino n°6, seguido del hot break n°1, donde se aprecia que tuvo un comportamiento similar con los cocedores hot break n° 5 y argentino n° 1, con una frecuencia de 9.

- **Análisis de las detenciones de los equipos:** en general la cantidad de fallas que se presentaron en este equipamiento fue similar, aunque de todas maneras, destaca entre ellas las ocasionadas por el argentino n°6. En particular, los argentinos presentaron detenciones por problemas en las repasadoras, en el sin fin de extracción y en el motor agitador, y en el caso de los hot break, se produjeron fallas por problemas con el triturador y con la bomba omega.
- **Análisis de los costos de mantención de los equipos:** dentro de los equipos que presentaron mayores costos de mantención, destaca el argentino n° 6 con 4 millones de pesos aproximadamente, producido por una reparación del elevador equivalente a \$1.997.500, también hubieron problemas con el motor, que sumo un monto igual a \$290.000, entre las dos detenciones ocasionadas por la misma causa. Luego lo siguen los problemas generados por el hot break n° 1, con un valor igual a \$3.540.000, debido a dos fallas en el variador de frecuencia, equivalentes a 1.500.000 cada una y el resto de las detenciones fueron principalmente arreglos manuales.
- **Análisis de los costos de oportunidad de los equipos:** el equipo que mayores costos de oportunidad generó fue el hot break n° 1, con monto de \$93.066.889, debido a que presentó una explosión en el variador de frecuencia, la cual tuvo una duración de 15 horas

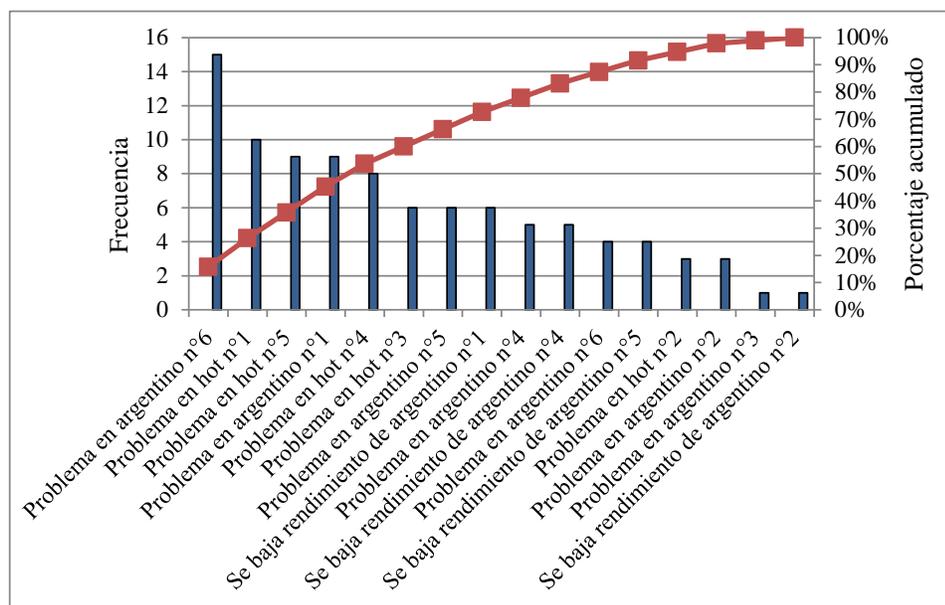
y 38 minutos entre que se detectó y se puso en funcionamiento nuevamente, también se produjeron problemas con el motor de la bomba de extracción 3, equivalente a \$19.149.157, con una duración de 3 horas y 13 minutos, entre ambas detenciones ocurridas. Después se pueden observar en la Tabla 21, que los problemas en el hot break n°3, sumaron en total un monto de \$59.663.351, con un tiempo total de 15 horas aproximadamente, debido a problemas con las bombas de extracción y problemas de reparación del triturador.

Tabla 21: Detenciones de cocedores.

Problema en maquina	Frecuencia	Duración (minutos)	Costo de oportunidad	Costo total de la detención
Argentino n°6	19	360	\$ 41.563.018	\$ 4.009.660
Hot break n°1	10	938	\$ 93.066.889	\$ 3.540.000
Hot break n°5	9	389	\$ 25.730.647	\$ 337.000
Argentino n°1	9	260	\$ 19.899.051	\$ 754.000
Hot break n°4	8	765	\$ 50.601.400	\$ 767.000
Hot break n°3	6	902	\$ 59.663.351	\$ 290.000
Se baja rendimiento de argentino n°1	6	240	\$ 9.284.558	\$ 177.810
Argentino n°4	5	480	\$ 30.513.543	\$ 205.000
Se baja rendimiento de argentino n°4	5	90	\$ 2.982.983	\$ 131.920
Hot break n°2	3	180	\$ 15.307.987	\$ 637.000

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Gráfico 12: Diagrama de Pareto para las detenciones de cocedores.



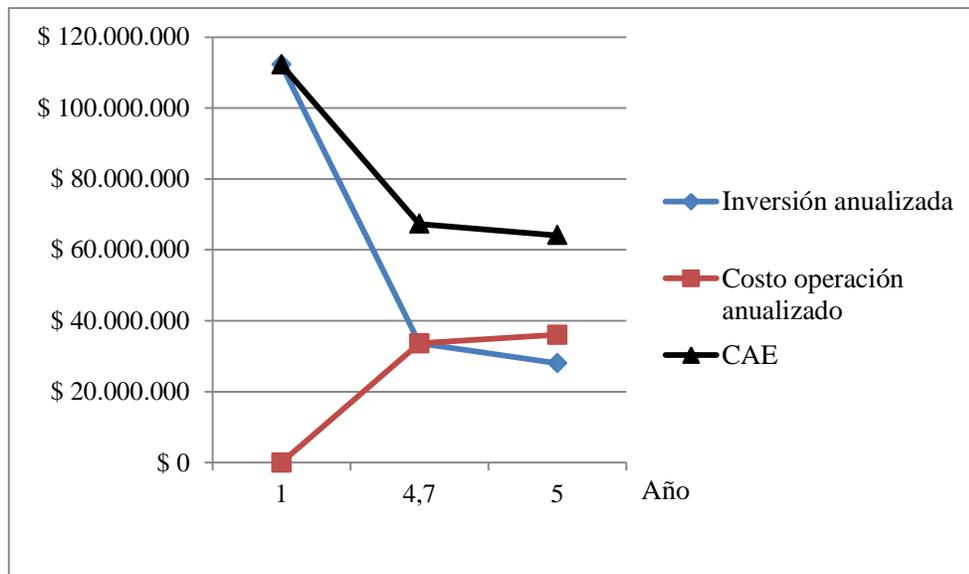
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

4.8.3. Análisis del momento óptimo de reemplazo

Para este análisis, se descarta el hot break n° 6, ya que no se registraron detenciones para la temporada 2018, tampoco se analiza el argentino n°5, ya que es un equipo relativamente nuevo, el cual aún no cumple su vida económica de 10 años estimada para equipos con similares características, tampoco se estudia el momento de reemplazo para los argentinos n°3 y 4, ya que se tiene información incompleta respecto a la duración de las detenciones de esta temporada, por lo cual, no se puede realizar adecuadamente un análisis de ellos.

En el Gráfico 13, se ilustra el comportamiento de la curva de costo anual equivalente para el argentino n°6, en el cual se puede ver claramente como varían las curvas de inversión y costo anualizados y de acuerdo a esto, se aprecia que ya es tiempo de cambiar el equipo, a pesar de que es el equipo más nuevo analizado, es el que tiene mayores costos operacionales, 67 millones aproximadamente.

Gráfico 13: Curva del costo anual equivalente de argentino 6.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Respecto del momento óptimo de reemplazo del resto de los equipos, se aprecia según el resumen de la Tabla 22, que en general los cocedores argentinos se debieran cambiar en un año más aproximadamente, al igual que el hot break n°1 (debido a la antigüedad del equipo), y el resto de los equipos, se sugiere reemplazar en aproximadamente 3 años más.

Tabla 22: Resumen momento óptimo cocedores.

Equipo	Año de implementación	Años de funcionamiento	Momento óptimo de reemplazo
Argentino 1	2006	12	13,8
Argentino 4	2004	14	15,2
Argentino 6	2014	4	4,7
Hot break 1	1995	23	24,4
Hot break 2	1985	33	37,4
Hot break 3	1985	33	36
Hot break 4	1990	28	31
Hot break 5	1990	28	31,6

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Finalmente de acuerdo al análisis realizado respecto a la automatización del proceso o modernización del equipamiento, se llega a la conclusión de que el proceso de cocción necesita de una modernización de su equipamiento, ya que se debe reemplazar el cocedor argentino n°6, según el análisis del momento óptimo de reemplazo elaborado.

4.8.4. Análisis de tecnologías existentes

Al analizar las tecnologías que existen actualmente en el mercado de equipos para líneas de procesamiento de alimentos, se encontraron cocedores industriales con las diferentes capacidades de proceso y con un consumo energético relativamente similar, pero que utilizan distinta tecnología para operar. Es por esta razón, que se proponen dos alternativas de equipos de cocedores industriales, para los cuales se presentan su capacidad de proceso y consumo energético en la Tabla 23 adjunta.

Ilustración 15: Cocedor industrial MH 422.



Fuente: (CFT, 2018).

En la Tabla 23, se aprecia claramente que el cocedor industrial MH 422 (Ilustración 15), tiene un menor consumo energético respecto al cocedor industrial RH 13 (Ilustración 16) ya que posee diferente capacidad de proceso y a su vez, el equipo MH 422 posee una tecnología más avanzada y automatizada. Debido a las características presentadas anteriormente y que los costos de inversión son similares, se recomienda este último equipo para considerar en la evaluación económica a realizar, y con ello estimar si es conveniente el reemplazo del cocedor argentino n°6.

Tabla 23: Comparativa de cocedores industriales.

Cocedor industrial	Capacidad de trabajo (ton/hora)	Consumo energético (KW/hora)	Consumo de vapor (ton/hora)
Cocedor RH 13	45-50	41	5,9
Cocedor MH 422	30-45	40	5,7

Fuente: (CFT, 2018) .

Ilustración 16: Cocedor industrial RH 13.



Fuente: (CFT, 2018) .

4.9. Análisis de automatización o modernización proceso de tamizado

El equipamiento en el proceso de tamizado cuenta con equipos que se diferencia entre sí, por el año de funcionamiento desde el cual se encuentran operando y por los distintos tipos de malla con las que cuentan, las cuales se utilizan dependiendo del producto que se esté procesando y los requerimientos que tengan el cliente para éste en particular. Respecto al funcionamiento de estos equipos, éstos operan mediante un sistema de paneles de control, desde donde los operadores controlan el correcto funcionamiento del proceso.

En cuanto a la automatización del proceso, éste cuenta con un sistema semi automatizado, debido a que desde él se obtiene la información necesaria de lo que está sucediendo en el momento, pero éste depende del operador para que realice las funciones que se deben efectuar para el óptimo funcionamiento, aunque una vez que esto sucede, el sistema realiza de manera automática las tareas indicadas.

Para el análisis de este proceso, al igual que en los procesos anteriores, se estudia la cantidad de mano de obra involucrada y se analizan las detenciones, en cuanto a la frecuencia con la que se produjeron y los costos que estas implicaron durante la temporada 2018.

4.9.1. Mano de obra utilizada en el proceso

El proceso de tamizado cuenta con 2 operadores que se encargan de velar por el buen funcionamiento de la línea, además intervienen cuando se generan problemas dentro de los equipos y se preocupan de cambiar los tamices cuando estos estén rotos o por los requerimientos que se tengan del producto solicitado por el cliente. También se encargan de mantener limpios los tamices y de revisarlos constantemente, para que no se genere algún cuello de botella en la línea de producción completa.

4.9.2. Análisis del equipo actual

En este apartado se toma en cuenta las detenciones que se produjeron en el proceso de tamizado para ambas líneas de proceso (pulpas y pastas), donde se analizan los costos que éstas generaron, según el tipo de la causa de falla y el tiempo que tomaron en el equipo en particular (Tabla 24).

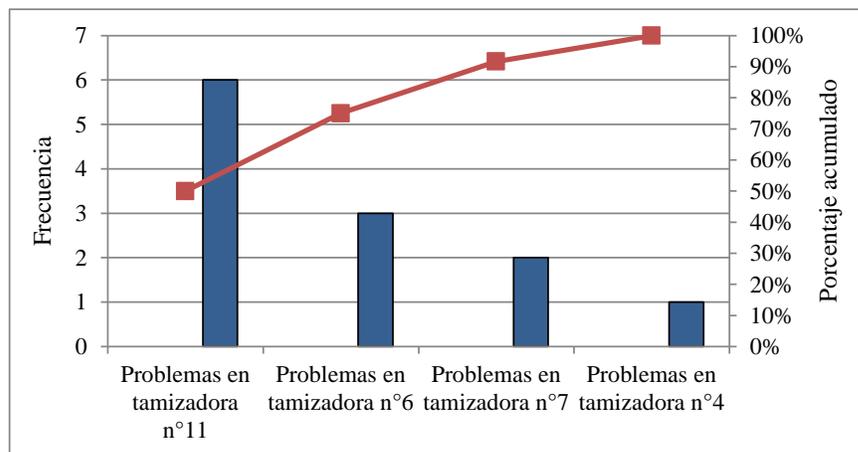
Tabla 24: Detenciones de tamizadoras.

Problema en maquina	Frecuencia	Duración (minutos)	Costo de oportunidad	Costo total de la detención
Tamizadora n°11	6	158	\$ 1.634.140	\$ 1.800.000
Tamizadora n°7	2	130	\$ 496.355	\$ 487.000
Tamizadora n°4	1	117	\$ 446.719	arreglo manual

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Tal como se puede apreciar en el Gráfico 14, a pesar de que existen actualmente en la planta de pastas y pulpas 12 tamizadoras, durante esta temporada solo se registraron detenciones de 4 de ellas, dentro de las cuales destaca los problemas ocasionadas por la tamizadora n° 11, ya que el resto de éstos tienen más bien un comportamiento similar en los demás equipos.

Gráfico 14: Diagrama de Pareto para las detenciones de tamizadoras.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

- **Análisis de las detenciones de los equipos:** según la frecuencia con la que se produjeron las detenciones, destacan las ocasionadas por la tamizadora n° 11 con una frecuencia de 6 en total, seguida de los problemas de la tamizadora n° 7 con un total de 2 detenciones. En

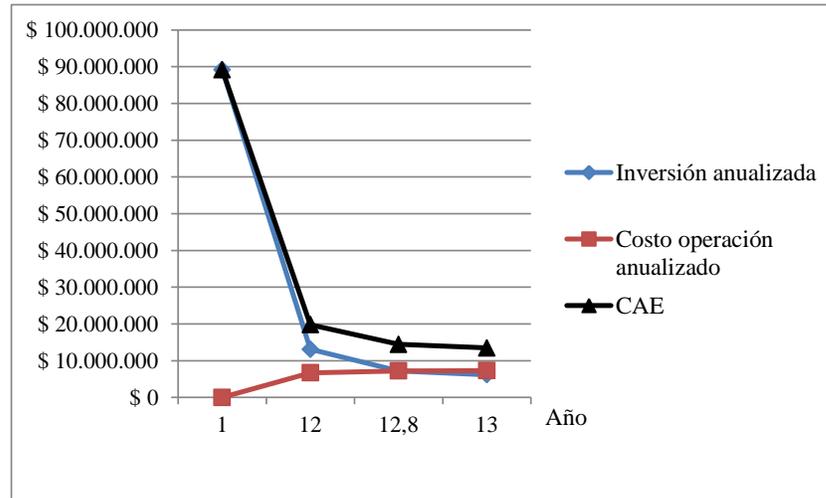
general para este proceso en particular, las detenciones generadas se produjeron muy ocasionalmente, ya que se realizan constantes revisiones a las mallas de las tamizadoras, por lo cual se detecta oportunamente si alguna de ellas se encuentra en mal estado y debe ser cambiada.

- **Análisis de los costos de mantención de los equipos:** respecto a los costos de mantención de estos equipos, la tamizadora n° 11 es la que generó mayores costos, ya que en dos ocasiones se produjo el cambio del rotor trasero del equipo, lo que trajo consigo un costo de \$900.000 cada vez. Luego lo sigue los costos que se produjeron en la tamizadora n° 7 con un total de \$487.000, ocasionado por problemas en una bomba que alimenta la prensa. En el caso de la tamizadora n° 4 solo se registró un problema en el variador, lo cual no implicó un costo de mantención en cuanto a materiales de repuesto, solo involucró mano de obra utilizada para su arreglo.
- **Análisis de los costos de oportunidad de los equipos:** en cuanto a los costos de oportunidad que implicaron las detenciones de este proceso, lidera los producidos por la tamizadora n° 11, ya que fue también la que más cantidad de detenciones tuvo, destacando entre ellas la que se ocasionó por problemas mecánicos y una malla rota, los cuales generaron una detención de aproximadamente 2 horas entre ambos, equivalente a un costo de \$ 680.000 aproximadamente. Al comparar las detenciones entre la tamizadora n°7 y la n°4, no hubo mayores diferencias en cuanto a la duración de las éstas y los costos que implicaron, y las fallas que se ocasionaron principalmente fueron por problemas en el variador (2 horas aproximadamente, con costo equivalente de \$446.719) y una cañería que se encontraba tapada, detención que mantuvo el equipo detenido por 2 horas 10 minutos y que involucró un costo de oportunidad de \$496.355.

4.9.3. Análisis del momento óptimo de reemplazo

Para el análisis del momento óptimo de reemplazo del proceso de tamizado se descartó la tamizadora n° 5, ya que solo era un cambio de malla y estos costos se consideran dentro de los costos de producción y no de mantención, tampoco se analiza la tamizadora n° 6, porque posee información incompleta, ya que se desconoce la duración de las detenciones registradas para la temporada 2018, lo cual no permite la realización adecuada del análisis respectivo.

Gráfico 15: Curva del costo anual equivalente de tamizadora 11.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

En el Gráfico 15, se muestra el comportamiento que tiene la curva de costo anual equivalente de la tamizadora n°11, en el cual se puede apreciar que aún no es momento de cambiar el equipo, pero en dos años más esto debiese ser evaluado nuevamente. Cabe destacar, que el resto de las tamizadoras posee un comportamiento similar al presentado en el Gráfico 15 de la tamizadora n°11 adjunto.

Tabla 25: Resumen momento óptimo de tamizadoras.

Equipo	Año de implementación	Años de funcionamiento	Momento óptimo de reemplazo
Tamizadora 4	2008	10	12,8
Tamizadora 6	2003	15	17,6
Tamizadora 7	2003	15	17,9
Tamizadora 11	2007	11	12,8

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Respecto al resumen que se encuentra en la Tabla 25, se aprecia que todos los equipos debiesen ser cambiados en aproximadamente tres años más, ya que las detenciones de este proceso generalmente no involucran costos adicionales a los considerados por el cambio de malla.

Finalmente se llega a la conclusión, de que el proceso de tamizado se encuentra semi automatizado y aún no es momento de reemplazar ninguno de los equipos con los que cuenta

actualmente la planta de pastas y pulpas, según el análisis realizado para los equipos que presentaron detenciones durante la temporada 2018.

4.10. Análisis de automatización o modernización proceso de esterilización

El equipamiento en el proceso de esterilización se diferencia entre sí, por la capacidad de proceso y la amplia variedad en los años de implementación, ya que existen equipos que comenzaron a operar en el año 1989 (*flash cooler* n°2), como otros que funcionan desde el año 2007 (*monoblock*). A su vez existen dos tipos de tecnologías para estos equipos, por un lado están los esterilizadores que funcionan con un sistema de intercambio de calor tubo a tubo y por el otro están los esterilizadores que realizan su proceso en frío, como es en el caso de los *flash cooler*. Estos equipos tienen como función, dar el quiebre enzimático al producto para que éste se conserve por mucho más tiempo, y se manejan mediante 2 paneles de control, según la tecnología que utilizan correspondientemente, los cuales comparten funciones con las envasadoras que tienen respectivamente conectadas a cada uno de ellos.

Respecto a la automatización de este proceso, éste cuenta con un sistema 100% automatizado, ya que el operador solo se encarga de verificar la información entregada por los equipos e interviene en caso de que ocurra un incidente, el cual es detectado mediante el aviso que entrega el panel de control. De esta forma el equipo se detiene y bloquea automáticamente en caso de alguna falla, para que el producto que contiene en su interior, no se deteriore ni contamine.

En el análisis de este proceso, se estudia la mano de obra que permite el correcto funcionamiento de los equipos, las detenciones que se produjeron en la línea de proceso y los costos que se vieron involucrados en cada una de ellas, y finalmente se elabora una estimación del momento óptimo de reemplazo para cada uno de los equipos del proceso.

4.10.1. Mano de obra utilizada en el proceso

En este proceso trabajan dos operadores por cada panel de control, los cuales tienen como función, velar por el correcto funcionamiento de los equipos e intervenir en caso de que surja algún incidente y los equipos se presuricen (mantener constante la presión dentro del equipo). Cabe destacar que estos operadores dividen sus funciones entre los equipos de este proceso y el proceso de envasado, ya que son procesos que trabajan en conjunto y sincronizados.

4.10.2. Análisis del equipo actual

Para el análisis del equipamiento actual del proceso de esterilizado, se consideran las detenciones que se generaron durante la temporada 2018, para las cuales se estudia los tiempos que los equipos estuvieron detenidos, los costos de oportunidad y los costos de mantención que estas detenciones generaron (Tabla 26).

Tabla 26: Detenciones de esterilizadores.

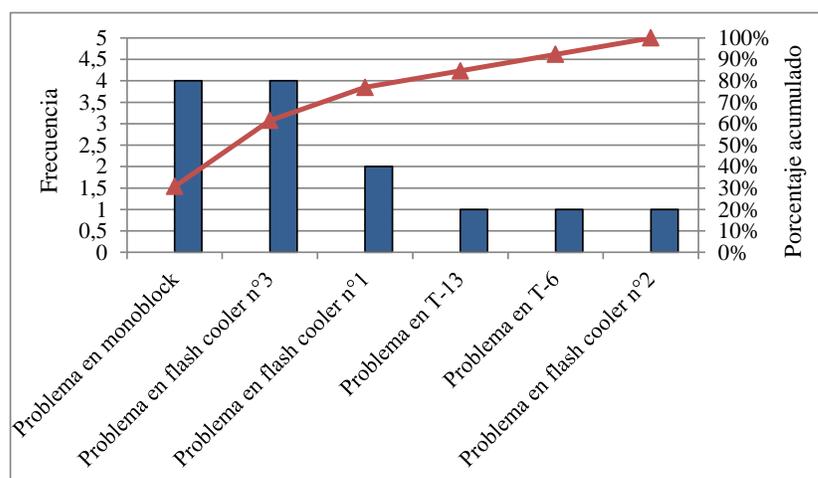
Problema en maquina	Frecuencia	Duración (minutos)	Costo de oportunidad	Costo total de la detención
Monoblock	4	58	\$ 374.781	\$ 1.439.480
Flash cooler n°1	2	55	\$ 2.668.257	\$ 300.000
TC-13	1	71	\$ 3.279.954	\$ 972.000
Flash cooler n°2	1	89	\$ 1.178.453	arreglo manual

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

Como se puede observar en el Gráfico 16 el equipo que mayor cantidad de detenciones tuvo fue el *monoblock*, seguido del *flash cooler* n°3. Estos equipos generalmente tuvieron problemas eléctricos y problemas que se arreglaron de forma manual, los cuales se produjeron ocasionalmente durante esta temporada, a diferencia de otros procesos estudiados.

- **Análisis de las detenciones de los equipos:** en general no se registraron mayores detenciones en este proceso, aun así destacan los problemas ocasionados por el esterilizador *monoblock*, el que registró 4 detenciones durante la temporada 2018, seguido de los problemas del *flash cooler* n° 3, y el resto de las detenciones que se registraron, fueron solo de dos o una detención por equipo.

Gráfico 16: Diagrama de Pareto para las detenciones de esterilizadores.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

- **Análisis de los costos de mantención de los equipos:** respecto a los costos de mantención de los equipos, destacan los ocasionados por el esterilizador *monoblock* con un monto igual a \$1.439.480, debido a una falla en la célula de carga equivalente a \$972.000 y un cambio de una bomba *Waukesha* con un costo igual a \$467.480. Luego lo siguen los problemas generados por el TC-13 con un monto igual a \$972.000, producido por el cambio de una fuente de poder que se encontraba quemada. En el caso del *flash cooler* n°1, los costos se produjeron por un cambio de machón equivalente a \$150.000, en dos oportunidades registradas durante la temporada.
- **Análisis de los costos de oportunidad de los equipos:** en cuanto a los costos de oportunidad registrados durante esta temporada, destacan los generados por el esterilizador TC-13, ya que se quemó una fuente de poder, lo cual mantuvo al equipo detenido por 1 hora y 10 minutos, equivalentes a \$1.907.970, luego lo sigue el *flash cooler* n°1, con un tiempo de 10 minutos y un costo total de \$425.486.

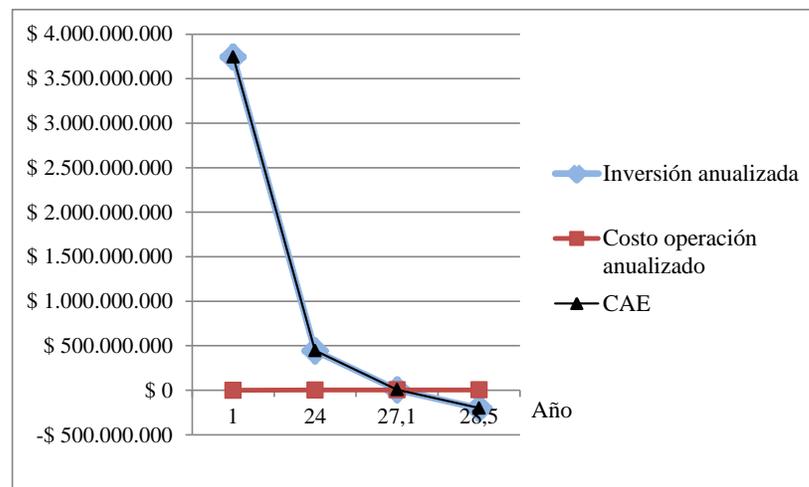
4.10.3. Análisis del momento óptimo de reemplazo

Para el estudio del momento óptimo de reemplazo para el proceso de esterilizado, se dejan fuera del análisis los esterilizadores tubo a tubo: TC-6, ya que solo se registra una sola detención y esta cuenta con información incompleta respecto al tiempo que estuvo detenida, el esterilizador TC-10, debido a que no se utilizó esta temporada y por ende no existen registros para poder realizar

algún tipo de análisis; también se descarta el esterilizador en frío *flash cooler* n°3, ya que solo registra una detención que se arregla de forma manual y no se tiene conocimiento del tiempo que estuvo detenido, por ende tampoco es posible de analizar.

En el Gráfico 17, se muestra la curva de costo anual equivalente (CAE) para el esterilizador TC-13, la cual se comporta de forma similar a la inversión anualizada, debido a que los costos operacionales son muy bajos y no poseen una variación notoria, lo cual no incide finalmente en el comportamiento de la curva del CAE.

Gráfico 17: Curva del costo anual equivalente de esterilizador TC-13.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

En cuanto al momento de óptimo de reemplazo de los esterilizadores, se puede estimar según la Tabla 27, que aún no es momento de cambiar ninguno de los equipos analizados y que se debiese evaluar la posibilidad de reemplazo en aproximadamente 3 a 4 años, para cada uno de los equipos, según el comportamiento de los costos operacionales que se puedan registrar.

Tabla 27: Resumen momento óptimo esterilizadores.

Equipo	Año de implementación	Años de funcionamiento	Momento óptimo de reemplazo
TC-13	1995	23	27,1
Monoblock	2007	11	13,7
Flash cooler 1	2000	18	21,5
Flash cooler 2	1989	29	33,7

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN O MODERNIZACIÓN

En el presente capítulo se propone la automatización y modernización de alguno de los procesos y equipos estudiados anteriormente, además de la evaluación económica para cada uno de ellos y el layout según corresponda.

5. Propuesta de automatización o modernización

En esta sección se elaboran 2 propuestas de automatización de procesos y 2 de modernizaciones de equipos, para los procesos de despaletizado, descarga de fruta, selector de tomate y cocción, respectivamente, para los cuales se realiza una evaluación económica de la inversión del equipo propuesto, dentro de la cual se consideran los ingresos, costos operacionales y de inversión según corresponda, para cada caso en particular. Además se confecciona un layout para el diseño de las instalaciones propuestas, para cada proceso según corresponda.

5.1. Propuesta de automatización subproceso Despaletizado

Para el subproceso de despaletizado, se propone una automatización que ayude a mejorar los tiempos de proceso, disminuir las abolladuras de los tambores, por la mala manipulación de éstos, y disminuir los costos en el personal poco capacitado que se encuentra operando actualmente en este sector de la planta de pasta y pulpas.

Para ver la viabilidad económica de la incorporación de esta automatización, es que se elabora una evaluación económica y se propone un diseño de layout para el sector correspondiente.

Cabe señalar que en esta propuesta se consideran dos robots despaletizadores, que realizarían la función de despaletizar los tambores y ponerlos sobre los pallet dispuesto para ello.

5.1.1. Evaluación económica del equipo

En la evaluación económica del proyecto de inversión del brazo robótico para el proceso de despaletizado, se consideran como ingresos los ahorros en los costos de mano de obra que se tendrán por la implementación del robot, costos que incluyen sueldos, beneficios y bonos que tienen los empleados en la planta Agrozzi. Como costos del proyecto, se consideran los costos de energía que utilice el brazo robótico según la temporada en la que se esté ocupando, cabe destacar que para el cálculo de éstos, se realiza una estimación mediante el consumo energético que tuvo la planta desde junio del 2017 hasta mayo del 2018, obteniendo con ello el estimado del consumo total anual; también se suma el costo de mantención anual del equipo a los costos del proyecto.

Con respecto al costo de inversión del brazo robótico, éste incluye el valor neto del robot, las instalaciones eléctricas y seguridad, ingeniería y equipamiento mecánico, y montaje respectivo.

Finalmente al realizar la evaluación económica del proyecto, considerando una trema de 12,5%, la cual se utiliza para las inversiones en la planta Agrozzi, se obtiene un VAN negativo de -410.909 y una TIR de -4%, por lo tanto, el proyecto no es rentable económicamente con la tasa de retorno exigida y no se logra recuperar la inversión dentro de los 10 años de evaluación, tal como se puede apreciar en el Anexo 28 adjunto.

5.1.2. Diseño de *layout* del equipo

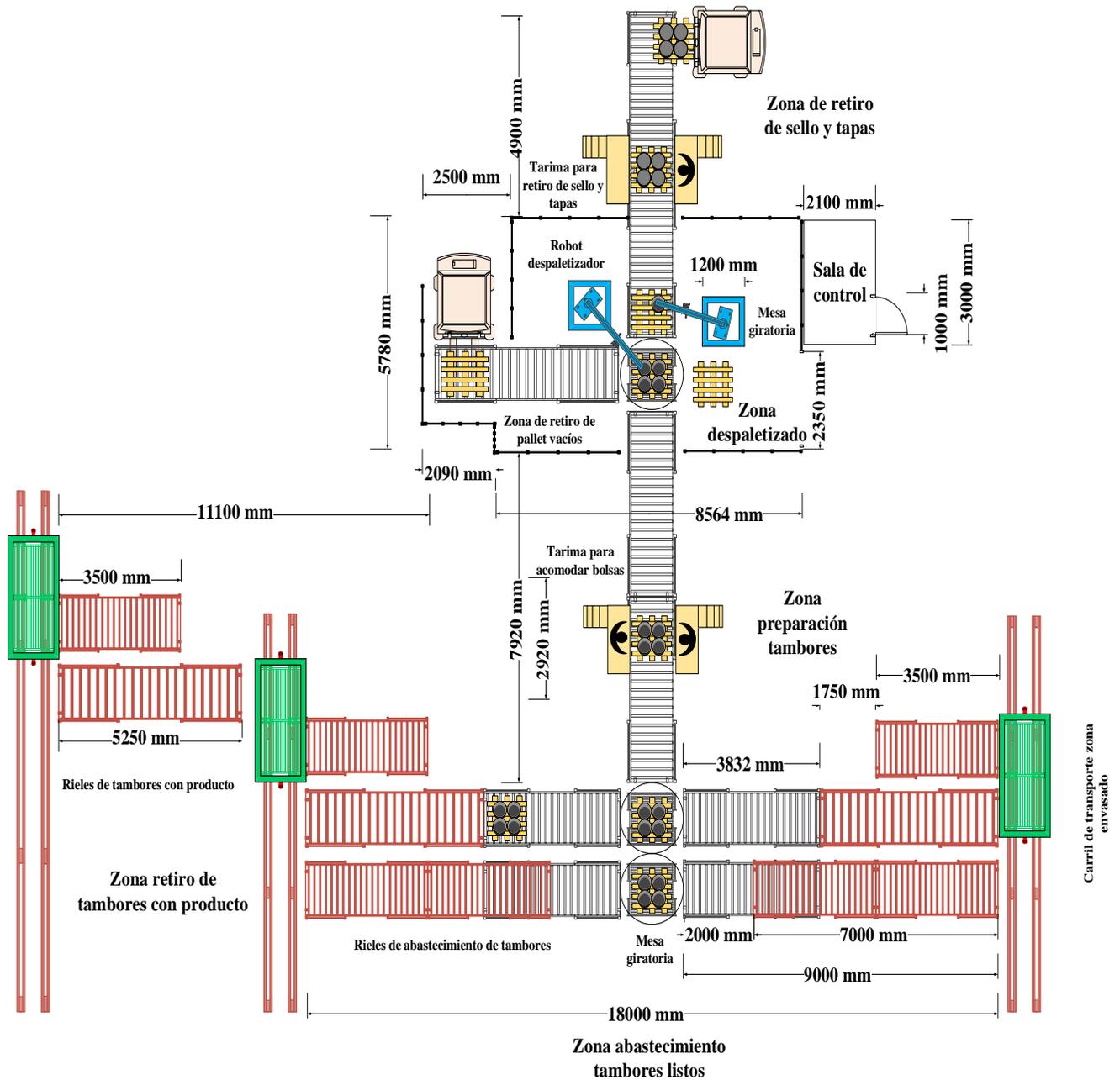
Para el diseño del layout del sub proceso de despaletizado de la planta de pastas y pulpas, se propone un sistema que considera la incorporación de dos robot despaletizadores al proceso, este sistema comienza con la llegada de los pallet que contienen los 100 tambores que se encuentran sellados y apilados en 4 corridas de 25 tambores cada una, éstos se depositan en los rieles que se encuentran dispuestos, para que luego un auxiliar, que se encuentra sobre una tarima, retire el sello y las tapas de forma manual. Luego las pilas con los tambores pasan por la zona de despaletizado, donde se encuentran ubicados los dos robot considerados para esta propuesta, éstos se encargan de desapilar uno a uno los tambores que se encuentran sobre el pallet y los colocan de a 4 tambores sobre otro, que ubico previamente el robot despaletizador, desde la pila de pallet que se encuentra a su lado.

Posteriormente el pallet que se desocupa, es retirado por una grúa horquilla dispuesta para realizar esta función, paralelamente el pallet con los 4 tambores despaletizados, sigue avanzando hacia la zona de preparación de tambores, donde dos auxiliares que se encuentran sobre unas tarimas, colocan las bolsas asépticas a los tambores respectivos. Finalmente, el pallet con los 4 tambores se encuentra listo para su utilización y es transportado a las líneas de alimentación correspondientes, según las necesidades que tenga cada envasadora respectiva.

Cabe destacar que los rieles que aparecen en color negro en la Ilustración 17 pertenecen al sistema propuesto, al igual que la disposición de las tarimas y el robot despaletizador, en cambio

los rieles que aparecen en color rojo, son los que actualmente se encuentran en la planta de pastas y pulpas, además de los carros de transporte que aparecen en color verde.

Ilustración 17: Diseño de layout para el brazo robótico.



Zona de envasado de producto

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

5.2. Propuesta de automatización proceso de descarga fruta

Al igual que en la propuesta anterior, para el proceso de descarga de fruta se propone una automatización, que ayude a disminuir las malas prácticas que poseen actualmente los operadores de grúas, que participan en el proceso de descarga de los bins con fruta en las líneas de proceso de este sector, las cuales traen consigo, el deterioro de las tinas respectivas y la fruta que se cae al suelo y que no se puede reutilizar muchas veces. Lo anteriormente señalado, se pretende lograr mediante la eliminación de algunas grúas rotadoras existentes y la integración de 2 volcadores de bins ubicados en la línea zenith.

Para ver la viabilidad económica de la incorporación de esta automatización, es que se elabora una evaluación económica para los dos volcadores de bins y se propone un diseño de layout, que muestra como quedarían ubicadas estas dos máquinas en el sector de descarga de fruta.

5.2.1. Evaluación económica del equipo

Para la elaboración de la evaluación económica del volcador de bins propuesto para el proceso de descarga, se toman en cuenta como ingresos, los ahorros que se tienen por costos incurridos en el personal que se encarga de operar las grúas, versus los operadores que se contratarían para manejar el panel de control del volcador de bins propuesto, los cuales se diferencian principalmente por el monto del sueldo base y los bonos recibidos, además de los costos operacionales que se ahorrarían tales como, costos por servicio de arriendo de grúas y consumo de gas, para que éstas puedan operar adecuadamente.

En cuanto a los costos operacionales de la inversión, se consideran los costos por consumo de energía eléctrica y aire comprimido, que utiliza el volcador de bins para su funcionamiento, cabe destacar que para el cálculo de éstos, se realiza una estimación mediante el consumo energético que tuvo la planta desde junio del 2017 hasta mayo del 2018, obteniendo con ello el estimado del consumo total anual; también se suma el costo de mantención anual del equipo a los costos del proyecto.

Respecto al costo de inversión del volcador de bins, éste incluye el valor neto del equipo, los costos por concepto de instalaciones eléctricas y técnicas, y montaje del equipo en particular.

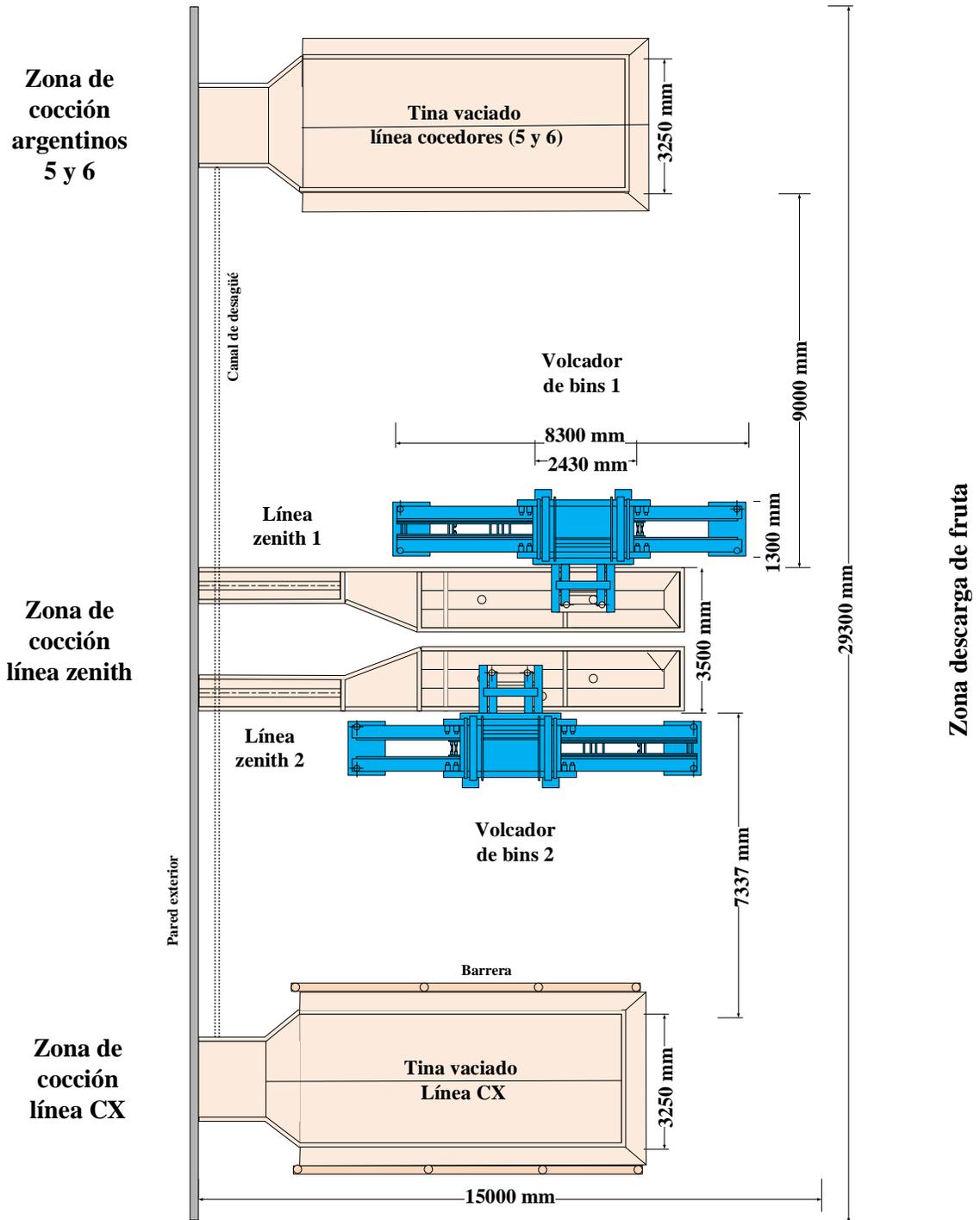
Finalmente al realizar la evaluación económica del proyecto, considerando una trema de 12,5%, la cual se utiliza para las inversiones en la planta Agrozzi, se obtiene un VAN positivo de 5.212.705 y una TIR de 116%, la cual es mucho mayor que la tasa exigida al proyecto, por lo tanto se considera rentable económicamente, donde se logra recuperar la inversión al primer año de funcionamiento, dentro de los 10 años de evaluación, tal como se puede apreciar con mayor detalle en el Anexo 29.

5.2.2. Diseño de *layout* del equipo

Para el proceso de descarga de fruta en particular, se propone más bien la ubicación que debiese tener el volcador de bins, según los cálculos estimados realizados anteriormente en el apartado 4.6.3, los cuales indican que la mejor ubicación para ellos, es en las tinas de vaciado pertenecientes a las líneas zenith 1 y 2. De acuerdo a lo mencionado anteriormente es que se presenta en la Ilustración 18, la posición en la cual quedan finalmente los dos equipos propuestos para este proceso, en éste se puede observar que el primero se ubica entre la tina de la línea de cocedores argentinos 5 y 6, y la línea zenith 1. En cambio el segundo volcador de bins, se sitúa entre la tina de vaciado de la línea CX y la línea zenith 2.

Para las dos ubicaciones propuestas, cabe destacar que los volcadores de bins aparecen en color calipso y que el sistema que se encuentra actualmente, es decir la ubicación de las tinas de vaciado para las líneas respectivas, se destacan en color rosado.

Ilustración 18: Diseño de *layout* para el volcador de bins.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por Agrozzi.

5.3. Propuesta de modernización proceso de descarga tomate

En el caso de la propuesta de modernización del proceso de descarga de tomate, se realiza una evaluación del reemplazo del equipo que actualmente existe en la planta de pastas y pulpas, específicamente de un selector de color nuevo, que realice las mismas funciones que el actual y con la misma capacidad de proceso. Se propone realizar esta modernización, de acuerdo a la conclusión del análisis del momento óptimo de reemplazo para este sector, el cual dio como resultado, que el selector de color raytec 1 debiese ser cambiado.

Para la modernización del equipo actual, se elabora una evaluación económica para conocer de esta manera la viabilidad y factibilidad de realizar el cambio sugerido.

5.3.1. Evaluación económica del equipo

En la evaluación económica del proyecto de reemplazo del selector de color para el proceso de descarga de tomate, se consideran como ingresos los ahorros en los costos de mantención y costos de oportunidad, por la no utilización del equipo, debido a que se encuentra detenido por alguna falla de éste. Respecto a los costos del proyecto, se consideran los costos de mantención anual del nuevo equipo propuesto para reemplazar.

En cuanto al costo de inversión del reemplazo del selector de color, se incluye el valor neto del equipo, las instalaciones eléctricas e ingeniería y el montaje respectivo.

Finalmente con la elaboración de la evaluación económica del proyecto, considerando una trama de 12,5, la cual se utiliza para las inversiones en la planta Agrozzi, se llega a la conclusión de que el proyecto es rentable económicamente, con la tasa de retorno exigida, ya que se obtiene un VAN positivo de 527.583 y una TIR de 64%, por lo tanto, se logra recuperar la inversión dentro de los 10 años de evaluación (al segundo año de funcionamiento), lo cual se puede observar con mayor detalle en el Anexo 30.

5.3.2. Diseño de *layout* del equipo

Para el caso especial del proceso de descarga de tomate, no se considera la posibilidad de diseñar un layout para el nuevo selector de color adquirido, ya que el espacio a utilizar por el nuevo

equipo, ya está considerado dentro de la planta de pastas y pulpas, porque es el mismo que utiliza actualmente la máquina antigua con la que se cuenta, además las dimensiones del nuevo equipo son similares a las del antiguo y por ende, no se justifica un diseño para el reemplazo del equipo.

5.4. Propuesta de modernización proceso de cocción

Para la propuesta de modernización del proceso de cocción se sugiere el cambio del cocedor argentino n°6, lo cual es resultado del análisis elaborado en la sección 4.8, donde se concluye que ya es tiempo de cambiar este equipo.

Para conocer la factibilidad económica de realizar este reemplazo de equipos, se confecciona una evaluación económica, dentro de la cual se incluyen los ahorros en costos de mantenimiento y costos de oportunidad que se obtendría por la incorporación de este nuevo equipo y la eliminación del cocedor antiguo.

5.4.1. Evaluación económica del equipo

Para la evaluación económica del proyecto de reemplazo de cocedor industrial, se consideran como ingresos del proyecto, los ahorros en costos de mantenimiento y costos de oportunidad, por la no utilización del equipo mientras éste se encontraba detenido, a causa de problemas que se ocasionaron en el equipo antiguo.

Como costos del proyecto, se consideran los costos de mantenimiento anual que se supondrían para el correcto funcionamiento del equipo nuevo, mientras que como costo de inversión para el cocedor industrial, se toma en cuenta el valor neto del robot, los costos de las instalaciones necesarias para operar y el montaje del equipo propiamente tal.

Finalmente mediante la confección de la evaluación económica del proyecto de reemplazo, considerando una terna de 12,5, al igual que en los proyectos elaborados anteriormente, se obtiene un VAN positivo de 887.283, con una TIR de 58%, lo cual indica que el proyecto es rentable económicamente, donde se supera con creces la tasa de retorno exigida a proyecto y se recupera la inversión al tercer años de funcionamiento (ver Anexo 31).

5.4.2. Diseño de *layout* del equipo

En el caso del proceso de cocción y al igual que en el proceso anteriormente analizado, no se elabora una propuesta de diseño de layout para el reemplazo del cocedor industrial, ya que utilizaría el mismo espacio que tiene actualmente el cocedor argentino n°6 y además el nuevo equipo posee dimensiones similares al ya existente, por lo tanto, no se considera necesario la confección de un layout para esta propuesta.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA PROYECTOS FUTUROS

En el presente capítulo se exponen las conclusiones finales del proyecto aplicado de mejoramiento y se entregan algunas recomendaciones para proyectos futuros con similares características.

6. Conclusiones y recomendaciones para proyectos futuros

En esta sección se entrega información respecto a las conclusiones que se obtienen, luego de la elaboración del proyecto aplicado de mejoramiento, para evaluar la posibilidad de automatización o modernización del equipamiento actual de la planta de pastas y pulpas, y a su vez, se entregan recomendaciones para proyectos con características similares, según los inconvenientes que se produjeron, durante la recopilación de la información requerida para la elaboración de este proyecto.

6.1. Conclusiones

Tal como se expuso en los objetivos específicos planteados en un comienzo, se logra estudiar la situación de cada proceso en particular, desde la descarga de la materia prima hasta el envasado del producto final, mediante el análisis de las detenciones que se produjeron en cada uno de los equipos que forman parte de la planta de pastas y pulpas. Detenciones que se examinan mediante la información que se recopiló, a través de estudios de tiempos, estudios de desecho, capacidades que requerían ciertos procesos en particular, según el estudio que correspondía. También se pudieron estimar los costos de mantención que implicó cada detención que se produjo durante la temporada y además, calcular el costo de oportunidad que se generó, según el tiempo que el equipos se encontró detenido y dependiendo del proceso que se estudiaba, ya que el porcentaje de producto sin procesar, depende de la capacidad del equipo y del proceso en el cual se encuentre el producto.

También se logra determinar los procesos que necesitan de una automatización y los equipos que a su vez, requieren de una modernización, mediante la aplicación de la metodología de análisis propuesta, con la cual se concluye que el proceso de descarga de fruta y el subproceso de despaletizado, necesitan de una automatización, mediante las cuales se generaría una mejora en la eficiencia de sus procesos, al disminuir los costos por desperdicio de materia prima, materiales e ineficiencia en las tareas realizadas por mano de obra no calificada. Por otro lado, los equipos como el selector de color raytec 1 y el cocedor argentino

n°6, requieren de un reemplazo de equipo, ya que los costos de mantenerlos operando son más elevados que la posibilidad de inversión en otro equipo, con una tecnología más avanzada que generaría menores costos.

Con la información obtenida de las evaluaciones económicas realizadas para los procesos que se propone automatizar y los equipos se sugiere reemplazar, se llega a la conclusión de que el reemplazo de ambos equipos es factible económicamente, ya que se obtiene un VAN positivo y una TIR superior a la tasa de retorno exigida para el proyecto, al igual que en el caso de la automatización para el proceso de descarga de fruta, y a diferencia de la incorporación de la automatización del subproceso de despaletizado, el cual no es rentable económicamente, debido a que el VAN y la TIR son negativos y no se logra recuperar la inversión durante los diez años del horizonte de evaluación. Cabe mencionar que no se estudia la evaluación económica para un tiempo mayor a 10 años, ya que las tecnologías se van renovando rápidamente y lo más probable es que en un periodo de tiempo mayor a ese, ya exista otro tipo de tecnología que realice las mismas funciones o más y mejor de lo que propone el equipo analizado.

En cuanto al diseño lógico de las automatizaciones del proyecto aplicado, se propone solo una idea de la distribución que se podría establecer, la que en el caso del subproceso de despaletizado, se encuentra validada por la empresa, ya que se trabajó en conjunto para su confección, a pesar de que económicamente ésta opción no es rentable.

En resumen, gracias al trabajo realizado, la empresa puede obtener una foto de la situación actual del equipamiento que tiene la planta de pastas y pulpas, y con él se entregan las herramientas necesarias para tomar la decisión, en cuanto a la inversión de las propuestas realizadas, según las necesidades y prioridades que tenga la empresa.

Cabe destacar que el trabajo realizado es un trabajo práctico y elaborado con datos reales disponibles y que la empresa solicitó, el cual tiene en consideración para las inversiones de corto plazo, además es uno de los primeros proyectos aplicados de mejoramiento de este tipo, elaborado en la escuela.

6.2. Recomendaciones para proyectos futuros

Durante la elaboración de este trabajo, se produjeron problemas de recopilación de la información, por ejemplo, existían datos que no se encontraba en el lugar que correspondía dentro del sistema SAP, con el que cuenta actualmente la empresa, o no estaba disponible porque era información muy antigua y ya no se tenía registro de ella, por otro lado, el registro de las detenciones se encontraba en libros escritos a mano, por lo cual se hizo muy demorado y tediosa la recopilación de estos datos. Tampoco se contaba con información básica que debiese tener cualquier empresa, como lo es el registro de los costos de mantención de años anteriores, para poder realizar un análisis más acabado y preciso del estudio realizado.

Por las razones planteadas anteriormente, es que se elabora un listado con una serie de recomendaciones, para la elaboración de trabajos futuros con similares características:

- **Sistematizar el registro de detenciones de la línea de proceso.**
 - Información respecto a la hora de inicio y de término de la detención.
 - Registro de la causa de la detención.
 - Clasificar la detención según su causa: detención por causa de problemas en el equipo, detención por causa de problemas de equipos adyacentes.
 - Clasificar la detención según su costo de oportunidad: el problema produjo la detención de la línea completa de proceso, del equipo o del proceso respectivo.
 - Registro del tipo de producto que se elabora al momento de la detención.

- **Sistematizar el registro de la mantención de los equipos.**
 - Registrar correctamente en el sistema el tipo de intervención: mantención preventiva o mantención correctiva.
 - Registrar en el sistema el costo total de la mantención (materiales utilizados).
 - Registrar el tiempo utilizado en cada intervención.
 - Registrar la fecha y hora de la intervención.

Bibliografía

- UPS. (2016). Recuperado el septiembre de 2018, de <https://www.ups.com/>
- Agriculturers. (24 de abril de 2018). Recuperado el septiembre de 2018, de <http://agriculturers.com>
- CFT. (enero de 2018). *CFT leaders innovate*. Recuperado el 14 de julio de 2018, de <https://www.cft-group.com/es/division/>
- CFT. (enero de 2018). *CFT leaders innovate*. Recuperado el 14 de julio de 2018, de https://www.cft-group.com/es/division/llenadoras_asepticas/oggetto_2.aspx#acc-4
- División de planificación, e. e. (2005). *Metodología de preparación y evaluación de proyectos de reemplazo de equipos*. Santiago de Chile: Ministerio de planificación.
- Garcia, R. (2005). *Estudio del trabajo*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Moreno, E. G. (2005). *Automatización de procesos industriales*. Recuperado el julio de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/44398776_Automatizacion_de_procesos_industriales_Emilio_Garcia_Moreno
- Navatta. (2018). *Oferta preliminar*.
- Niebel. (2009). *Ingeniería Industrial métodos, estándares y diseño del trabajo*. Alfaomega.
- RAE. (julio de 2016). *Real academia española*. Recuperado el junio de 2018, de www.rae.es
- Renovetec. (2017). *Renovetec*. Recuperado el julio de 2018, de <http://mantenimiento.renovetec.com/organizacionygestion/180-la-vida-%C3%BAtilde-una-planta-industrial>
- Robotics, R. (2018). *Oferta técnica*. España.
- Rustom, A. (2012). *Estadística descriptiva, probabilidad e inferencia. Una visión conceptual y aplicada*. Santiago de Chile.

Anexo 1: Detalle de detenciones sector descarga.

Causa de la detención	Fecha	Inicio	Termino	Duración (minutos)	Frecuencia	
Problemas en caldera (no manda vapor a los equipos). baja presión de vapor, se detiene alimentación de tomate hacia mesas disminuye alimentación problemas en caldera, se detiene alimentación total de T-1200 y T-1500	06-02-2018	18:00	19:30	90	7	
	12-02-2018	22:40	22:55	15		
	12-04-2018	9:20	10:30	70		
	22-04-2018	6:30	7:10	40		
	14-04-2018	9:48	-	-		
	18-02-2018	16:40	17:25	45		
	18-02-2018	18:54	19:18	24		
Problemas con T-1500. tiene alimentación a T-1500, por cambio de estator en BBA de prensa. problemas en T-1500, mesas funcionan intermitentemente se detiene apolo T-1500 por poco tomate en stock	06-02-2018	21:40	-	-	7	
	07-02-2018	16:10	18:40	150		
	07-02-2018	23:45	-	-		
	08-03-2018	13:05	-	-		
	13-03-2018	12:40	13:15	35		
	05-04-2018	11:00	11:50	50		
Se detiene apolo 1 T-1200 , para lavarlo problemas con apolo 1, hot trabajaran más lento, se detiene apolo 1 se detiene apolo, porque no da energía en los compresores problemas apolo	11-03-2018	11:16	-	-	4	
	29-03-2018	17:45	19:45	120		
	07-04-2018	18:50	-	-		
	07-04-2018	(00:00-8:00)	-	-		
Problemas con T-900	08-03-2018	13:05	-	-	2	
	18-04-2018	14:05	-	-		
Problemas en T-600, se detiene alimentación cambio de malla	16-04-2018	14:36	-	-	3	
	18-04-2018	14:05	-	-		
	17-04-2018	10:00	10:11	11		
Problemas con sacapasto, se desmonta cadena se desmonta cadena	07-02-2018	17:10	17:50	40	13	
	10-02-2018	22:30	23:11	41		
	17-02-2018	(16:00/00:00)	1:22	-		
	20-03-2018	5:20	20:00	860		
	18-04-2018	9:25	-	-		
	24-04-2018	0:50	7:00	410		
	24-04-2018	8:00	19:42	702		
	25-04-2018	12:55	-	-		
	07-03-2018	8:16	-	-		
	se cambia eje torcido	27-02-2018	(08:00/16:00)	-		-
	se tuerce eje, se desmonta cadena	01-03-2018	2:35	-		-
	se corta cinta	17-03-2018	6:00	-		-
	se tranca con malla raché, se tuerce un eje.	28-03-2018	20:30	-		-

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Continuación detalle de detenciones sector descarga.

Causa de la detención	Fecha	Inicio	Termino	Duración (minutos)	Frecuencia
Problemas con protec, cinta de desecho se sale eje de rodamiento	07-02-2018	19:40	-	-	14
se encuentra cortada de turno anterior	07-03-2018	8:16	-	-	
se corta cadena de motovariador de cinta de desecho de elevador	27-03-2018	14:42	15:10	28	
se detiene cinta de tomate verde(varias ocaciones)	04-03-2018	(00:00/08:00)	-	-	
problemas con elevador tomate verde.	09-02-2018	17:03	-	-	
prensa de tomate verde con problemas.	14-02-2018	12:10	-	-	
problemas en prensas, se tapan, descarga más lenta.	13-03-2018	1:30	3:00	90	
elevador protec, se cae automatico	02-03-2018	22:26	-	-	
	12-04-2018	1:30	-	-	
se detiene cinta protec, se da inicio y se detiene	31-03-2018	8:30	11:00	150	
	03-04-2018	6:50	7:50	60	
se detiene protec, se salio una tapa de cadena de arrastre	05-04-2018	13:30	-	-	
variador de cinta de protec malo	12-04-2018	4:00	-	-	
se detiene, cambio de unos dedos	24-04-2018	14:30	-	-	
Se limpian todos los elevadores (arriba llenos de pasto)	21-02-2018	-	-	-	1
Problemas elevador n°1, se arregla y se vuelve a detener.	09-02-2018	17:15	-	-	11
	21-02-2018	3:40	4:55	75	
cambian rodamiento de descanso, no funciona, se cae automatico.	25-02-2018	2:12	-	-	
con problemas	25-02-2018	3:30	-	-	
	26-04-2018	22:43	-	-	
se corta una placa	28-02-2018	5:35	-	-	
se tranca cadena	09-03-2018	12:40	13:50	70	
se detiene, hay que soldar variador de cinta	28-03-2018	10:00	10:15	15	
se tranca mesa de polines	08-04-2018	1:55	-	-	
se corre la cinta, tomate cae al suelo	24-04-2018	21:00	21:15	15	
problemas en motor de polines, placa desoldada	25-04-2018	2:25	3:10	45	
Problemas en raytec n°1, problema en cadena de polines	25-02-2018	-	-	-	11
cadena de polines trancada	02-03-2018	22:30	0:05	95	
problemas en polines	25-04-2018	8:00	9:30	90	
cinta se detiene	03-03-2018	3:18	-	-	
se rasga cinta y se detiene	04-03-2018	7:30	-	-	
se corta cinta	25-03-2018	3:45	7:30	225	
problemas piñon delantero de polines	19-04-2018	7:40	9:19	99	
problemas en rodamiento de polines	22-04-2018	9:15	11:00	105	
	24-04-2018	13:30	14:40	70	
cinta se trava	24-04-2018	12:40	13:05	25	
cinta cortada en una orilla, tomate cae al suelo	26-04-2018	10:15	-	-	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Continuación detalle de detenciones sector descarga.

Causa de la detención	Fecha	Inicio	Termino	Duración (minutos)	Frecuencia
Problemas elevador n°2 con problemas se corta cadena	09-04-2018	6:15	-	-	3
	09-04-2018	16:50	-	-	
	22-04-2018	0:50	-	-	
Problemas en raytec n°2, rodamientos traseros trancados detenida para cambiar rodamientos	20-03-2018	5:00	-	-	2
	08-04-2018	11:00	14:50	230	
Problemas elevador n°3, se sale motovariador de cinta de raytec se detiene, mucho pasto en la entrega del elevador se cae termico del elevador	14-02-2018	9:15	-	-	3
	26-03-2018	8:30	-	-	
	22-02-2018	1:15	-	-	
Problemas en raytec n°3, arroja alarma y se detiene rodamineto delantero lado oriente hecho trizas se detiene se detiene por exceso de pasto se detiene porque cambian rodamiento de cinta	04-03-2018	2:40	-	-	7
	19-04-2018	7:25	9:03	38	
	10-03-2018	23:15	2:00	165	
	17-03-2018	11:00	-	-	
	20-03-2018	5:10	-	-	
	25-03-2018	(00:00-08:00)	-	-	
	14-04-2018	6:10	6:50	40	
Problemas elevador n°4, se detiene solo se detiene, cadena se encuentra trancada se encuentra con problemas problemas en motor de polines	24-02-2018	21:35	-	-	5
	07-03-2018	12:00	13:57	117	
	23-04-2018	23:40	19:06	1234	
	04-04-2018	7:45	9:00	75	
	23-04-2018	3:30	7:40	250	
Problemas en raytec n°4, se sale cadena de los polines. problemas en polines se sale perno de motoreductor de polines motoreductor de polines esta por caer al piso. se sale un piñon de la cadena piñones sin pernos, no gira como corresponde polines sueltos y cadena de piñones larga se detiene solo y no se puede volver a iniciar. se detiene descarga, salida de raytec llena de pasto	25-02-2018	10:50	-	-	10
	22-04-2018	9:15	-	-	
	25-04-2018	9:30	-	-	
	04-03-2018	2:40	-	-	
	06-03-2018	19:30	-	-	
	22-03-2018	0:00	-	-	
	23-04-2018	11:00	-	-	
	26-04-2018	10:20	11:30	70	
	15-02-2018	-	-	-	
07-04-2018	(00:00-08:00)	-	-		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Continuación detalle de detenciones sector descarga.

Causa de la detención	Fecha	Inicio	Termino	Duración (minutos)	Frecuencia
Problemas con T-1200 problemas T-1200, se detienen mesas 1,2,3,4 cambio de malla problemas con BBA de T-1200 problema en BBA de extracción de T-1200	24-02-2018	17:15	-	-	11
	08-02-2018	13:05	-	-	
	13-02-2018	9:55	11:44	109	
	16-02-2018	8:37	12:00	203	
	16-04-2018	11:00	12:10	70	
	16-04-2018	12:48	13:41	67	
	16-04-2018	13:50	14:08		
	23-02-2018	3:20	3:53	18	
	25-02-2018	6:35	-	-	
	24-03-2018	20:40	-	-	
03-04-2018	17:35	20:50	195		
Problemas en mesa n°2, problemas mecanicos	14-02-2018	13:06	-	-	5
se corta cadena de transmisión	10-03-2018	11:08	-	-	
	17-03-2018	2:15	-	-	
problemas con mesa , queda detenida	29-03-2018	21:15	-	-	
se corta cadena de arrastre	10-03-2018	19:40	-	-	
Problemas en mesa n°3, compuerta se queda pegada no abre al partir se detiene, cadena de transmision se corta	03-03-2018	1:30	-	-	2
	07-03-2018	8:28	-	-	
Problemas en mesa n°5	23-02-2018	2:00	-	-	2
se detiene, se sale polin	16-03-2018	6:52	-	-	
Problemas en mesa n°7, problemas en la valvula sib	14-02-2018	14:47	-	-	2
problemas	29-03-2018	19:51	20:08	17	
Problemas en mesa 10, se salta la cadena, problemas con peñon	20-03-2018	20:15	-	-	2
problemas con cadena de transmisión y peñon de mesa	22-03-2018	22:40	-	-	
Problemas en mesas 12 y 13, se detiene alimentación a T-900	14-03-2018	3:30	3:40	10	2
se tranca triturador de mesas 12 y 13	20-03-2018	16:00	18:00	120	
Problemas en lanzas, se corta pvc lanza n°1 de canal n°2, se saca del c	23-02-2018	18:25	-	-	2
se quiebra argolla de lanza de canal n°2	26-02-2018	1:30	2:00	30	
Problemas de agua, poco flujo en el canal, se envia más desde riles.	25-02-2018	1:00	-	-	11
	01-03-2018	3:00	3:25	25	
	10-03-2018	8:10	-	-	
baja considerable de agua desde riles, jefatura no avisa en descarga	02-04-2018	13:00	-	-	
se corta el agua desde riles, colapso del sistema	18-04-2018	17:15	-	-	
descarga queda sin agua, riles tiene problemas en una BBA.	14-03-2018	5:00	6:00	60	
no se puede descargar	21-04-2018	8:05	-	-	
problemas posicionador de válvula de salida de agua sucia a riles, se	05-03-2018	5:15	-	-	
pega, bota toda el agua a riles, baja nivel estanque poniente	06-03-2018	16:15	-	-	
	15-03-2018	6:50	-	-	
corte de agua desde riles hacia las mesas, se detiene BBA en riles	02-03-2018	0:10	-	-	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Continuación detalle de detenciones sector descarga.

Causa de la detención	Fecha	Inicio	Termino	Duración (minutos)	Frecuencia
Problemas con canal 2, se detiene por trabajos en el canal de soldadura se tranca sacapiedras	28-03-2018	11:00	-	-	5
	17-04-2018	11:40	13:12	92	
	18-04-2018	4:00	9:15	315	
	17-04-2018	21:15	23:40	145	
	18-04-2018	12:30	-	-	
Problemas con canal n°3, tinas con exceso de barro y tapa canal (se detiene descarga). se tranca canal n°3 se corta cadena de sacapiedras detenida por cadena de transmisión exceso de barro	15-02-2018	19:00	-	-	6
	17-03-2018	1:20	4:30	190	
	05-04-2018	15:30	-	-	
	09-04-2018	0:00	1:10	70	
	22-04-2018	13:30	18:50	320	
Problemas en canal n°4, se detiene descarga por choque de camiones detenida por cadena de transmisión se corta cadena de transmisión de saca piedra	15-02-2018	19:00	-	-	3
	09-04-2018	0:00	1:10	70	
	11-04-2018	7:35	-	-	
Problemas en cinta de desecho poniente, se corta cadena de cinta hay que soldar soporte de cinta se tranca cinta de desecho se detiene cinta de desecho, se tapa con pasto	02-03-2018	21:45	-	-	4
	08-03-2018	8:17	10:15	122	
	17-03-2018	2:15	-	-	
	03-03-2018	22:30	-	-	
Problemas hidrociclón, se tranca BBA netzch	22-03-2018	7:15	-	-	1
Se tapa arenador	11-02-2018	20:00	21:04	64	2
	27-02-2018	17:00	17:15	15	
Corte de energía general problemas en poste de alumbrado en callejon	13-02-2018	12:45	-	-	6
	19-02-2018	10:57	-	-	
	22-03-2018	13:03	-	-	
	31-03-2018	16:15	17:20	65	
	06-04-2018	20:30	21:15	45	
	24-02-2018	14:37	-	-	
Problemas en tamizadoras problemas en tamizadoras, se detiene alimentación T-1200	12-04-2018	23:00	23:30	30	2
	03-03-2018	11:00	11:15	15	
Se detiene descarga, por rejillas tapadas con pasto problemas en los hot y BBA de extracción problemas en los equipos se detiene descarga no se avisa de cambio de malla, genera taco	23-03-2018	21:10	21:30	20	5
	24-03-2018	20:40	20:55	15	
	30-03-2018	11:45	12:02	17	
	12-04-2018	22:25	22:36	11	
	22-02-2018	-	-	-	
Se tranca rotopress, se encontraba trancada con horqueta rotopress se apreta con una horqueta, no está prensando	25-03-2018	17:30	20:02	152	2
	05-04-2018	12:15	-	-	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6: Continuación detalle de detenciones sector descarga.

Causa de la detención	Fecha	Inicio	Termino	Duración (minutos)	Frecuencia
Problemas en valvula de llenado de cisterna n°3	12-02-2018	9:15	9:42	27	3
nivel de cisterna n°3 muy alto,problemas al subir tomate en elevadores	06-03-2018	16:10	-	-	
valvula de llenado queda pegada	13-03-2018	7:17	-	-	
Problemas filtro poniente lado sur, se encuentra detenido, mecanicos deben cambiar todo el cableado del motor.	22-03-2018	17:30	-	-	1
Problemas en el hot 1, se detienen mesas 1,2,3.	23-02-2018	7:25	-	-	3
problemas en hot n°1, se detiene T-1200	18-03-2018	13:07	-	-	
	01-04-2018	17:45	18:30	75	
Se detiene alimentación hot 1 y 4, mesas 1,2,3,4,10 y 11	22-03-2018	6:00	6:30	30	1
Se detiene alimentación hot 4, problemas en el nivel,mesas 10 y 11	28-03-2018	17:45	-	-	2
	15-04-2018	4:44	5:20	36	
Problemas en el hot, se detienen mesas 5,6,7.	11-02-2018	17:10	17:50	40	2
problemas en BBA circulación del hot, mesas detenidas	08-04-2018	(00:00/08:00)	-	-	
Problemas en el hot 5, se encuentra trancado triturador, detenidas mes	06-04-2018	5:33	6:05	32	1
Problemas en el nivel del T-1200 en el hot.	15-02-2018	-	-	-	1
Problemas pionner 1 sur, se cortan pernos, no se puede descargar, no hay presión en los chorros.	17-02-2018	9:30	-	-	3
se detiene BBA hacia descarga de tomate ,mecanicos cambian motor para colocarlo en BBA pionner de presión (lado norte).	21-02-2018	8:55	9:35	40	
BBA con problemas, bota agua hacia el motor	07-04-2018	8:20	21:00	40	
Se desmonta pionner 2 norte, esta trancada, se lleva a taller.	17-02-2018	10:30	-	-	1
Problemas con BBA sumergible oriente	19-02-2018	(08:00-16:00)	-	-	2
	19-02-2018	(16:00-00:00)	-	-	
Problemas con BBA sumergible	22-02-2018	2:20	-	-	1
Problemas BBA sumergible lado poniente(detenida, se apagó variador	22-02-2018	-	-	-	1
Problemas con BBA omel n° 1, se desceban, se detiene descarga	02-03-2018	21:30	-	-	3
	03-03-2018	17:45	-	-	
se corta machor	25-03-2018	10:40	20:30	590	
Problemas en BBA omel n°2,se tapa cañería de vaciado,descabada	02-03-2018	21:30	-	-	12
	03-03-2018	7:15	-	-	
	03-03-2018	17:45	-	-	
problemas	04-03-2018	18:00	18:30	30	
	20-03-2018		-	-	
cañería tapada	06-02-2018	8:13	-	-	
	06-02-2018	16:00	-	-	
problemas para vaciar	19-03-2018	20:00	-	-	
	07-04-2018	(00:00-8:00)	-	-	
	08-04-2018	(8:00-16:00)	-	-	
descebadada	21-03-2018	17:20	19:45	145	
descebadada, cañería no se encuentra tapada	20-03-2018	0:00	4:30	270	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7: Continuación detalle de detenciones sector descarga.

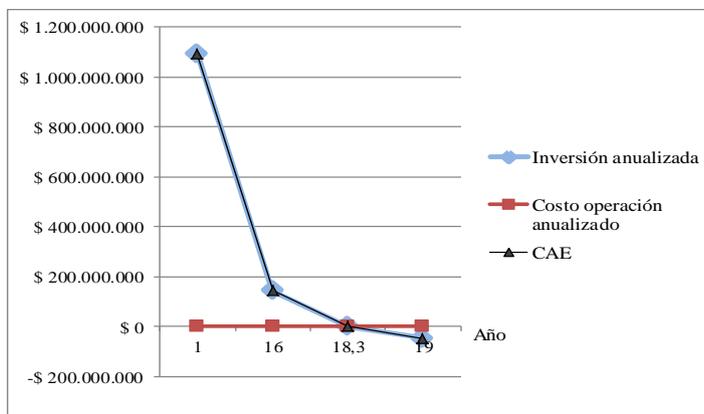
Causa de la detención	Fecha	Inicio	Termino	Duración (minutos)	Frecuencia
Problemas en BBA n°4	04-03-2018	18:00	18:30	30	1
Problemas en BBA omel n°5, se tapa cañería de vaciado, descabada	01-03-2018	(00:00/08:00)	-	-	6
	03-03-2018	7:15	-	-	
descabada, queda detenida.	02-03-2018	21:30	-	-	
	02-03-2018	21:30	-	-	
	03-03-2018	17:45	-	-	
	05-02-2018	18:10	-	-	
Problemas en BBA omel n°6, se detiene para cambiar camisa trabaja dispareja y se descaba.	14-02-2018	11:10	-	-	2
	23-02-2018	-	-	-	
Problemas BBA pionner n°7, se sale tapón de boluta.	02-03-2018	6:00	-	-	3
	05-03-2018	5:00	-	-	
se traba BBA	23-04-2018	9:15	10:00	45	
Se detiene BBA pionner n°8	20-02-2018	16:50	19:50	180	6
se salen y cortan pernos (fijan a boluta)	05-03-2018	5:10	6:25	75	
	06-03-2018	14:36	-	-	
cambio de valvulas y pernos, se detiene descarga	05-03-2018	10:00	18:00	480	
se cortó eje	08-04-2018	10:30	15:00	270	
no tira nada, rebalsa cisterna n°2	15-04-2018	4:00	4:50	50	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8: Detalle momento óptimo de reemplazo evaporador T-1000.

T-1000					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantención	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2003	año 1	\$ 969.654.373	\$ 0	\$ 0	1,125
2018	año 16	-	\$ 2.369.000	\$ 1.001.570	0,147

Año	1	16	18,3	19
Inversión anualizada	\$ 1.090.861.169	\$ 142.915.800	\$ 571.380	-\$ 46.673.274
Costo operación	\$ 0	\$ 496.783	\$ 571.380	\$ 596.139
CAE	\$ 1.090.861.169	\$ 143.412.583	\$ 1.142.761	-\$ 46.077.134



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	1.090.861.169	16	142.915.800
			x0	y0

pendiente= -63.196.358
c= 1.154.057.527

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	16	496.783

pendiente= 33.119
c= -33.119

Punto intersección
x= 18,3
y= 571.380

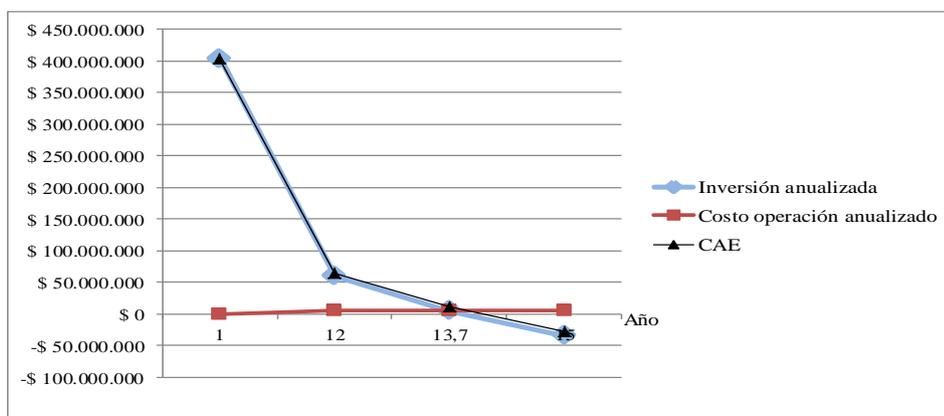
Proyección
Inversión anualizada y= -46.673.274
Costo operación anualizado y= 596.139

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Detalle momento óptimo de reemplazo evaporador T-100.

T-100					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2007	año 1	\$ 359.310.952	\$ 0	\$ 0	1,125
2018	año 12	-	\$ 26.368.000	\$ 1.054.012	0,165

Año	1	12	13,7	15
Inversión anualizada	\$ 404.224.821	\$ 59.356.135	\$ 5.240.784	-\$ 34.698.961
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 4.529.961	\$ 5.240.784	\$ 5.765.405
CAE	\$ 404.224.821	\$ 63.886.096	\$ 10.481.568	-\$ 28.933.556



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	404.224.821	12	59.356.135
			x0	y0

pendiente= -31.351.699
c= 435.576.520

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	12	4.529.961

pendiente= 411.815
c= -411.815

Punto intersección x= 13,7
y= 5.240.784

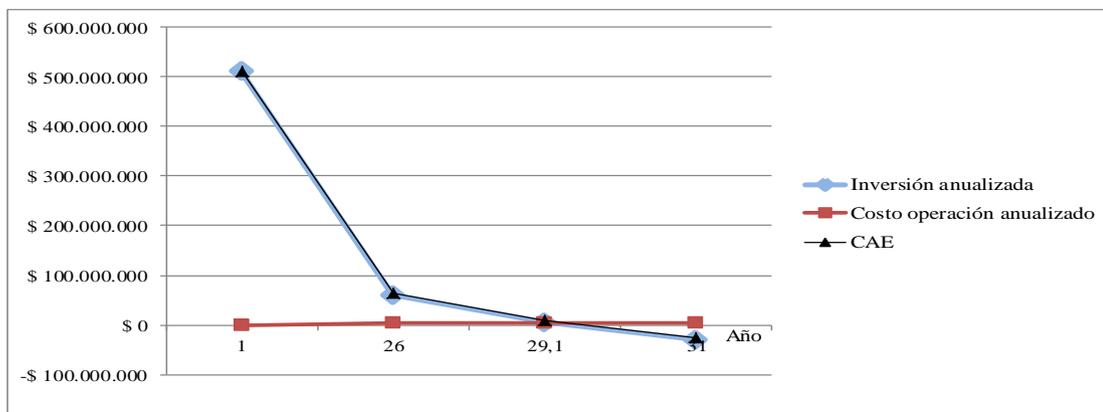
Proyección Inversión anualizada y= -34.698.961
Costo operación anualizado y= 5.765.405

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10: Detalle momento óptimo de reemplazo evaporador T-600.

T-600					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
1993	año 1	\$ 453.764.629	\$ 0	\$ 0	1,125
2018	año 26	-	\$ 27.604.000	\$ 2.086.606	0,131

Año	1	26	29,1	31
Inversión anualizada	\$ 510.485.207	\$ 59.504.011	\$ 4.369.443	-\$ 30.692.228
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 3.893.450	\$ 4.369.443	\$ 4.672.141
CAE	\$ 510.485.207	\$ 63.397.461	\$ 8.738.886	-\$ 26.020.088



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	510.485.207	26	59.504.011
	x0	y0		

pendiente= -18.039.248
c= 528.524.455

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	26	3.893.450

pendiente= 155.738
c= -155.738

Punto intersección
x= 29,1
y= 4.369.443

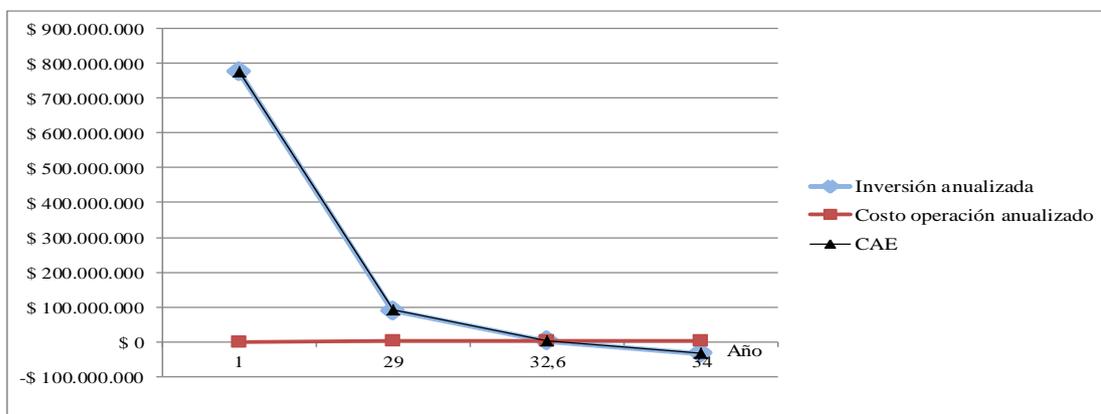
Proyección
Inversión anualizada y= -30.692.228
Costo operación anualizado y= 4.672.141

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11: Detalle momento óptimo de reemplazo evaporador T-900.

		T-900			
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
1990	año 1	\$ 689.731.314	\$ 0	\$ 0	1,125
2018	año 29	-	\$ 12.669.000	\$ 650.295	0,129

Año	1	29	32,6	34
Inversión anualizada	\$ 775.947.728	\$ 89.145.111	\$ 1.940.047	-\$ 33.498.214
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 1.721.467	\$ 1.940.047	\$ 2.028.872
CAE	\$ 775.947.728	\$ 90.866.578	\$ 3.880.093	-\$ 31.469.341



Ecuación de la recta

Inversión anualizada

x1	y1	x2	y2
1	775.947.728	29	89.145.111
x0	y0		

pendiente= -24.528.665
c= 800.476.393

Costo operación anualizado

x1	y1	x2	y2
1	0	29	1.721.467

pendiente= 61.481
c= -61.481

Punto intersección

x= 32,6
y= 1.940.047

Proyección

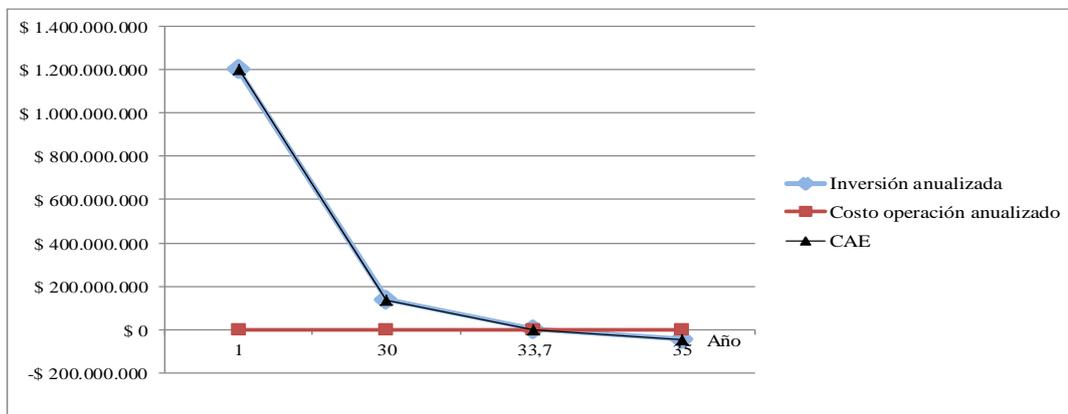
Inversión anualizada y= -33.498.214
Costo operación anualizado y= 2.028.872

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12: Detalle momento óptimo de reemplazo evaporador T-1200.

T-1200					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantención	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
1989	año 1	\$ 1.066.412.444	\$ 0	\$ 0	1,125
2018	año 30		\$ 1.133.000	\$ 643.745	0,129

Año	1	30	33,7	35
Inversión anualizada	\$ 1.199.713.999	\$ 137.311.432	\$ 258.286	-\$ 45.861.424
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 228.774	\$ 258.286	\$ 268.218
CAE	\$ 1.199.713.999	\$ 137.540.206	\$ 516.573	-\$ 45.593.206



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	1.199.713.999	30	137.311.432
			x0	y0

pendiente= -36.634.571
c= 1.236.348.570

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	30	228.774

pendiente= 7.889
c= -7.889

Punto intersección
x= 33,7
y= 258.286

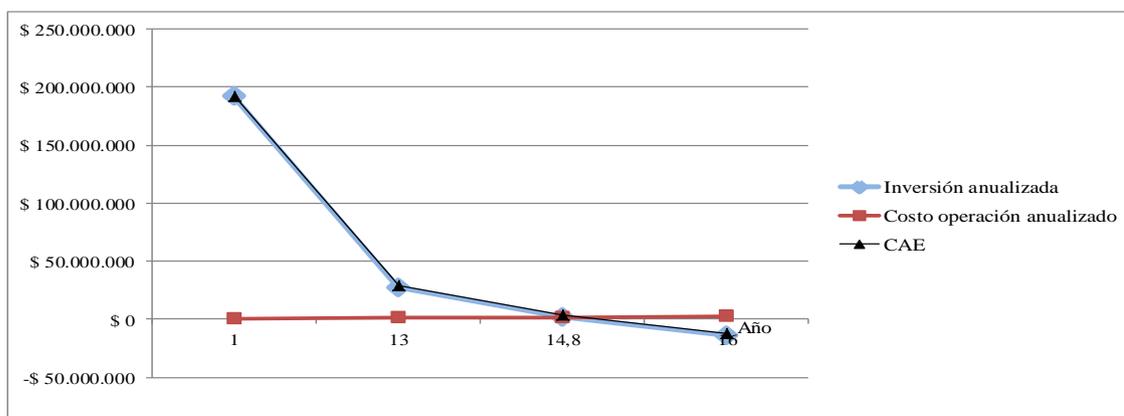
Proyección
Inversión anualizada y= -45.861.424
Costo operación anualizado y= 268.218

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 1.

Envasadora 1					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantención	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2006	año 1	\$ 170.536.127	\$ 0	\$ 0	1,125
2018	año 13		arreglo manual	\$ 10.673.449	0,159

Año	1	13	14,8	16
Inversión anualizada	\$ 191.853.143	\$ 27.199.800	\$ 1.963.294	-\$ 13.963.536
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 1.702.371	\$ 1.963.294	\$ 2.127.963
CAE	\$ 191.853.143	\$ 28.902.171	\$ 3.926.588	-\$ 11.835.572



Ecuación de la recta

Inversión anualizada

x1	y1	x2	y2
1	191.853.143	13	27.199.800
x0	y0		

pendiente= -13.721.112
c= 205.574.254

Costo operación anualizado

x1	y1	x2	y2
1	0	13	1.702.371

pendiente= 141.864
c= -141.864

Punto intersección

x= 14,8
y= 1.963.294

Proyección

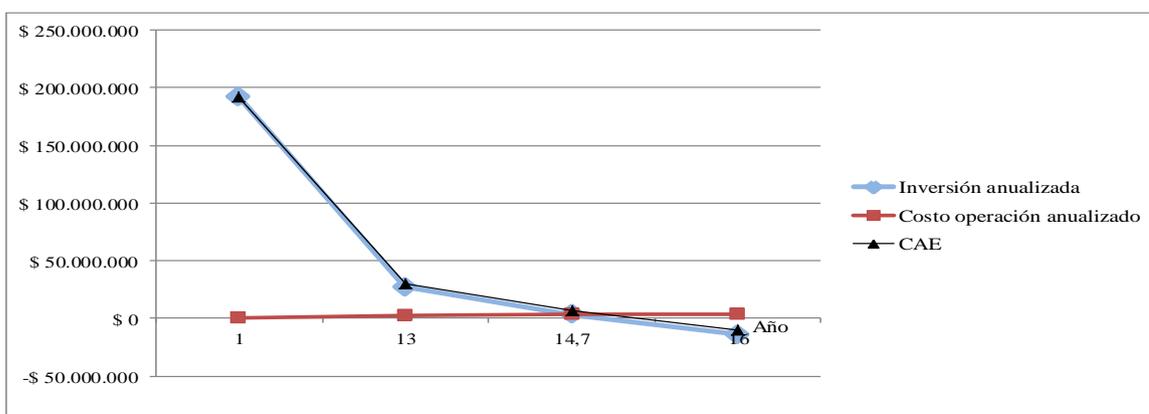
Inversión anualizada y= -13.963.536
Costo operación anualizado y= 2.127.963

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 2.

Envasadora 2					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2006	año 1	\$ 170.536.127			1,125
2018	año 13		\$ 7.313.000	\$ 11.763.803	0,159

Año	1	13	14,7	16
Inversión anualizada	\$ 191.853.143	\$ 27.199.800	\$ 3.480.977	-\$ 13.963.536
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 3.042.670	\$ 3.480.977	\$ 3.803.338
CAE	\$ 191.853.143	\$ 30.242.471	\$ 6.961.953	-\$ 10.160.197



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	191.853.143	13	27.199.800
			x0	y0

pendiente= -13.721.112
c= 205.574.254

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	13	3.042.670

pendiente= 253.556
c= -253.556

Punto intersección x= 14,7
y= 3.480.977

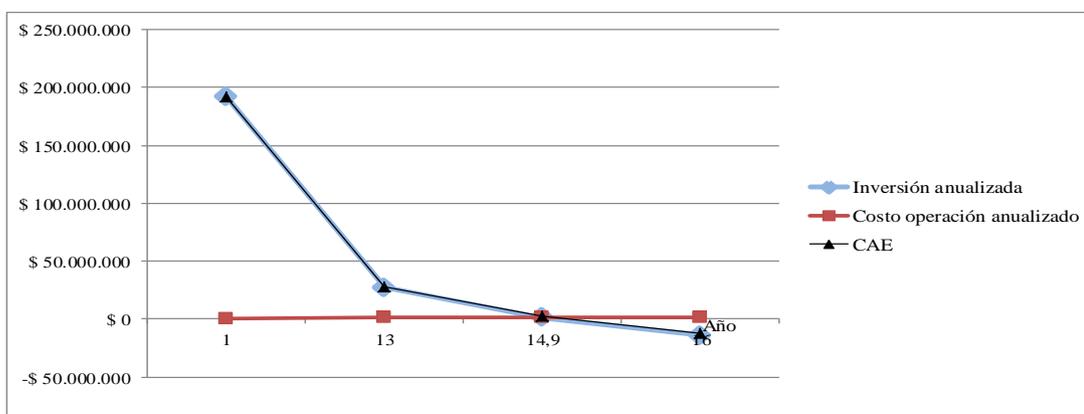
Proyección Inversión anualizada y= -13.963.536
Costo operación anualizado y= 3.803.338

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 15: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 4.

Envasadora 4					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2006	año 1	\$ 170.536.127			1,125
2018	año 13		\$ 1.648.000	\$ 5.057.572	0,159

Año	1	13	14,9	16
Inversión anualizada	\$ 191.853.143	\$ 27.199.800	\$ 1.238.145	-\$ 13.963.536
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 1.069.511	\$ 1.238.145	\$ 1.336.888
CAE	\$ 191.853.143	\$ 28.269.311	\$ 2.476.291	-\$ 12.626.647



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	191.853.143	13	27.199.800
	x0	y0		

pendiente= -13.721.112
c= 205.574.254

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	13	1.069.511

pendiente= 89.126
c= -89.126

Punto intersección x= 14,9
y= 1.238.145

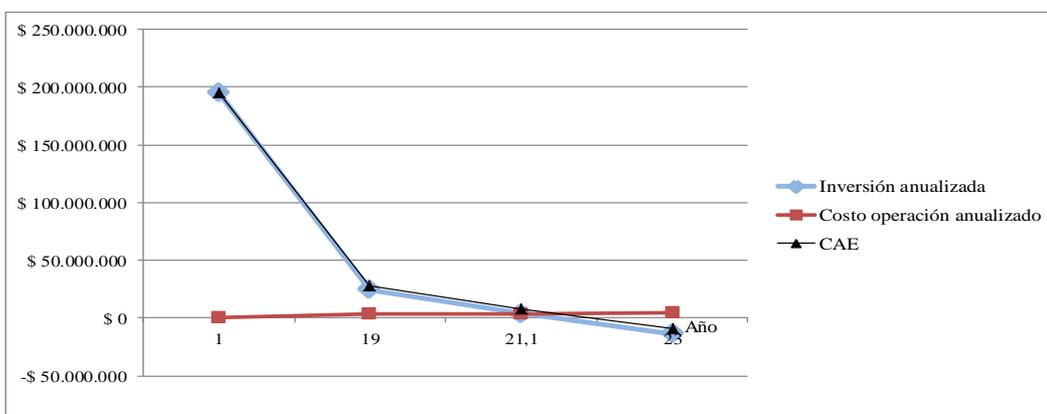
Proyección Inversión anualizada y= -13.963.536
Costo operación anualizado y= 1.336.888

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 5.

Envasadora 5					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2000	año 1	\$ 173.784.928			1,125
2018	año 19		\$ 5.974.000	\$ 19.524.884	0,140

Año	1	19	21,1	23
Inversión anualizada	\$ 195.508.044	\$ 24.317.411	\$ 3.991.649	-\$ 13.724.952
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 3.568.013	\$ 3.991.649	\$ 4.360.905
CAE	\$ 195.508.044	\$ 27.885.424	\$ 7.983.299	-\$ 9.364.047



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	195.508.044	19	24.317.411
			x0	y0

pendiente= -9.510.591
c= 205.018.635

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	19	3.568.013

pendiente= 198.223
c= -198.223

Punto intersección
x= 21,1
y= 3.991.649

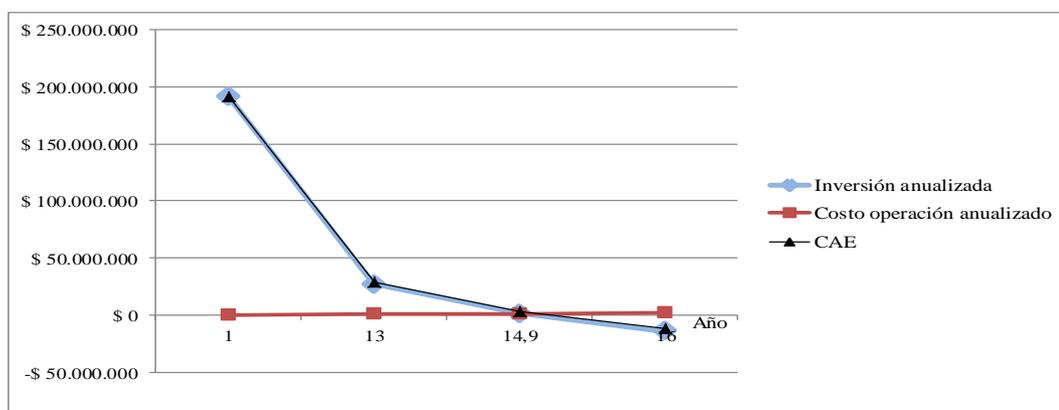
Proyección
Inversión anualizada y= -13.724.952
Costo operación anualizado y= 4.360.905

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 6.

Envasadora 6					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2006	año 1	\$ 170.536.127			1,125
2018	año 13		\$ 824.000	\$ 7.687.547	0,159

Año	1	13	14,9	16
Inversión anualizada	\$ 191.853.143	\$ 27.199.800	\$ 1.568.881	-\$ 13.963.536
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 1.357.556	\$ 1.568.881	\$ 1.696.945
CAE	\$ 191.853.143	\$ 28.557.356	\$ 3.137.763	-\$ 12.266.590



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	191.853.143	13	27.199.800
			x0	y0

pendiente= -13.721.112
c= 205.574.254

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	13	1.357.556

pendiente= 113.130
c= -113.130

Punto intersección
x= 14,9
y= 1.568.881

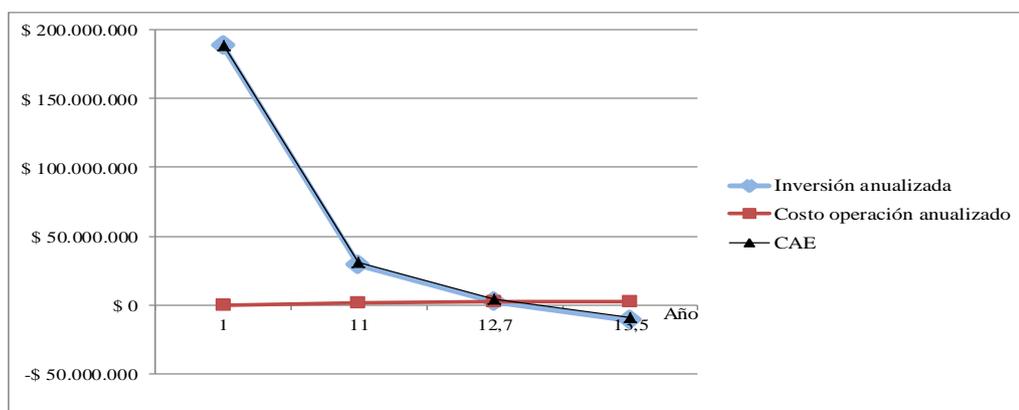
Proyección
Inversión anualizada y= -13.963.536
Costo operación anualizado y= 1.696.945

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18: Detalle momento óptimo de reemplazo envasadora 8.

Envasadora 8					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantención	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2008	año 1	\$ 167.596.410			1,125
2018	año 11		arreglo manual	\$ 10.433.844	0,172

Año	1	11	12,7	13,5
Inversión anualizada	\$ 188.545.961	\$ 28.845.400	\$ 2.096.576	-\$ 11.079.740
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 1.795.793	\$ 2.096.576	\$ 2.244.741
CAE	\$ 188.545.961	\$ 30.641.193	\$ 4.193.153	-\$ 8.835.000



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	188.545.961	11	28.845.400
			x0	y0

pendiente= -15.970.056
c= 204.516.017

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	11	1.795.793

pendiente= 179.579
c= -179.579

Punto intersección
x= 12,7
y= 2.096.576

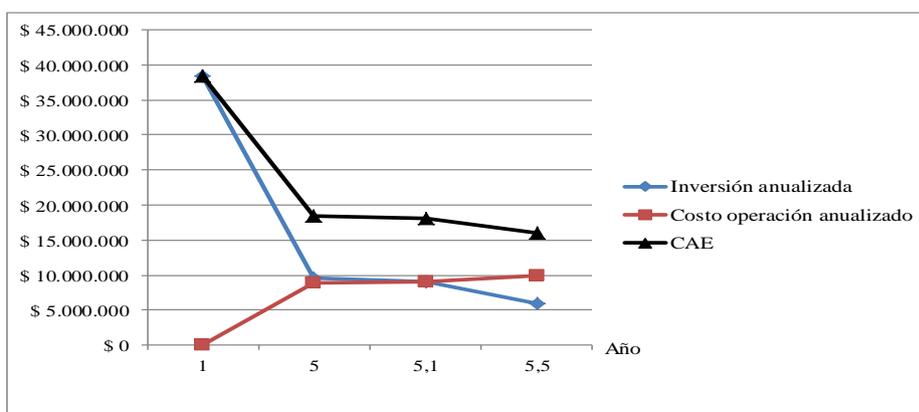
Proyección
Inversión anualizada y= -11.079.740
Costo operación anualizado y= 2.244.741

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19: Detalle momento óptimo de reemplazo protec.

		Protec			
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2014	año 1	\$ 34.226.519	\$ 0	\$ 0	1,125
2018	año 5	-	\$ 19.467.000	\$ 12.062.510	0,281

Año	1	5	5,1	5,5
Inversión anualizada	\$ 38.504.834	\$ 9.612.656	\$ 9.032.885	\$ 6.001.134
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 8.855.190	\$ 9.032.885	\$ 9.962.089
CAE	\$ 38.504.834	\$ 18.467.846	\$ 18.065.770	\$ 15.963.223



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	38.504.834	5	9.612.656
			x0	y0

pendiente= -7.223.045
c= 45.727.879

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	5	8.855.190

pendiente= 2.213.798
c= -2.213.798

Punto intersección
x= 5,1
y= 9.032.885

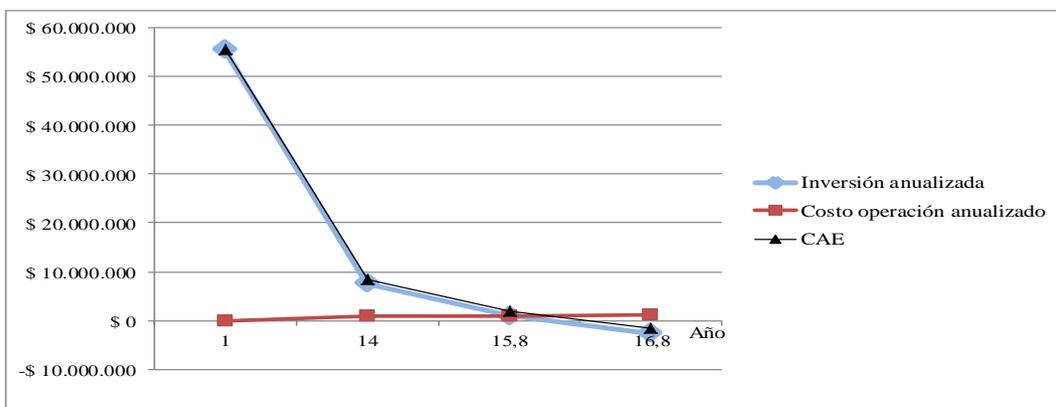
Proyección
Inversión anualizada y= 6.001.134
Costo operación anualizado y= 9.962.089

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20: Detalle momento óptimo de reemplazo raytec 4.

Raytec 4					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantención	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2005	año 1	\$ 49.287.995	\$ 0	\$ 0	1,125
2018	año 14	-	\$ 1.854.000	\$ 3.861.474	0,155

Año	1	14	15,8	16,8
Inversión anualizada	\$ 55.448.995	\$ 7.627.352	\$ 1.006.920	-\$ 2.672.694
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 884.474	\$ 1.006.920	\$ 1.074.976
CAE	\$ 55.448.995	\$ 8.511.826	\$ 2.013.841	-\$ 1.597.718



Ecuación de la recta

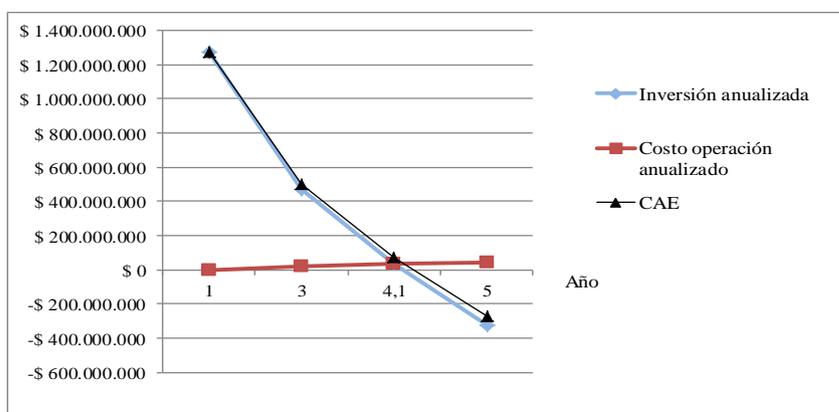
	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	55.448.995	14	7.627.352
			x0	y0
pendiente=	-3.678.588			
c=	59.127.583			
Costo operación anualizado	1	0	14	884.474
pendiente=	68.036			
c=	-68.036			
Punto intersección	x=	15,8		
	y=	1.006.920		
Proyección	Inversión anualizada	y= -2.672.694		
	Costo operación anualizado	y= 1.074.976		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 21: Detalle momento óptimo de reemplazo zenith 2.

Zenith 2					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantención	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2016	año 1	\$ 1.129.461.210	\$ 0	\$ 0	1,125
2018	año 3		\$ 30.797.000	\$ 24.970.016	0,420

Año	1	3	4,1	5
Inversión anualizada	\$ 1.270.643.861	\$ 474.295.635	\$ 36.298.517	-\$ 322.052.592
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 23.418.292	\$ 36.298.517	\$ 46.836.584
CAE	\$ 1.270.643.861	\$ 497.713.927	\$ 72.597.034	-\$ 275.216.008



Ecuación de la recta

Inversión anualizada

x1	y1	x2	y2
1	1.270.643.861	3	474.295.635
		x0	y0

pendiente= -398.174.113
c= 1.668.817.974

Costo operación anualizado

x1	y1	x2	y2
1	0	3	23.418.292

pendiente= 11.709.146
c= -11.709.146

Punto intersección

x= 4,1
y= 36.298.517

Proyección

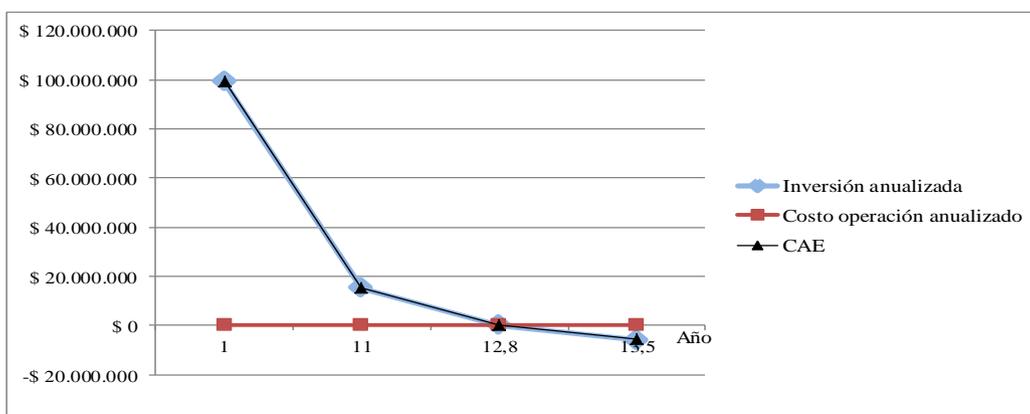
Inversión anualizada y= -322.052.592
Costo operación anualizado y= 46.836.584

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 22: Detalle momento óptimo de reemplazo tamizadora 4.

Tamizadora 4 (HX 100)					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2008	año 1	\$ 88.118.140			1,125
2018	año 11		arreglo manual	\$ 446.719	0,172

Año	1	11	12,8	13,5
Inversión anualizada	\$ 99.132.907	\$ 15.166.214	\$ 90.690	-\$ 5.825.460
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 76.886	\$ 90.690	\$ 96.107
CAE	\$ 99.132.907	\$ 15.243.100	\$ 181.380	-\$ 5.729.352



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	99.132.907	11	15.166.214
			x0	y0

pendiente= -8.396.669
c= 107.529.577

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	11	76.886

pendiente= 7.689
c= -7.689

Punto intersección
x= 12,8
y= 90.690

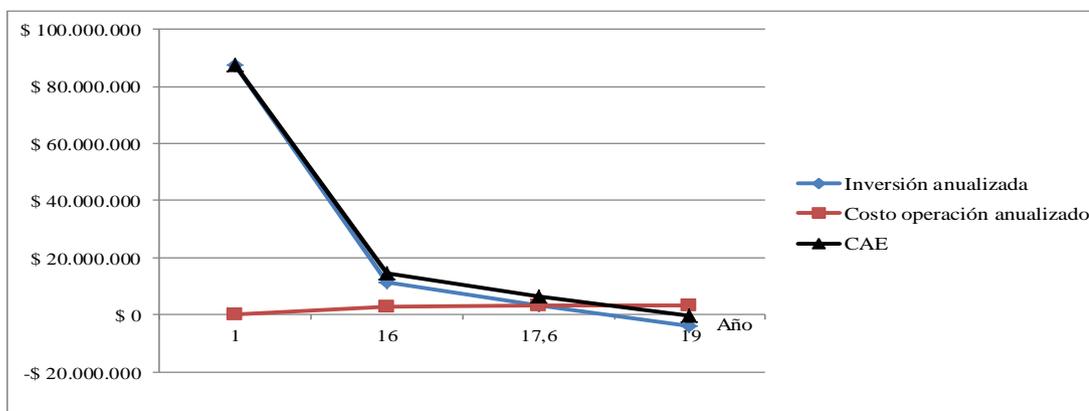
Proyección
Inversión anualizada y= -5.825.460
Costo operación anualizado y= 96.107

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 23: Detalle momento óptimo de reemplazo tamizadora 6.

Tamizadora 6 (HX 100)					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantención	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2003	año 1	\$ 77.860.162			1,125
2018	año 16		\$ 19.467.000	-	0,147

Año	1	16	17,6	19
Inversión anualizada	\$ 87.592.683	\$ 11.475.684	\$ 3.181.844	-\$ 3.747.715
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 2.869.210	\$ 3.181.844	\$ 3.443.052
CAE	\$ 87.592.683	\$ 14.344.894	\$ 6.363.688	-\$ 304.664



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	87.592.683	16	11.475.684
			x0	y0

pendiente= -5.074.467
c= 92.667.149

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	16	2.869.210

pendiente= 191.281
c= -191.281

Punto intersección
x= 17,6
y= 3.181.844

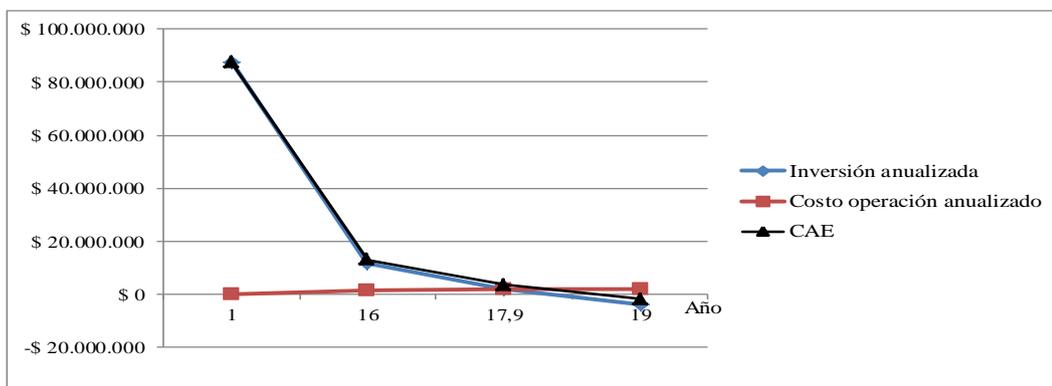
Proyección
Inversión anualizada y= -3.747.715
Costo operación anualizado y= 3.443.052

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 24: Detalle momento óptimo de reemplazo tamizadora 7.

Tamizadora 7 (HX 100)					
Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación	
2003	año 1	\$ 77.860.162	\$ 0	1,125	
2018	año 16		\$ 10.506.000	\$ 496.355	0,147

Año	1	16	17,9	19
Inversión anualizada	\$ 87.592.683	\$ 11.475.684	\$ 1.827.174	-\$ 3.747.715
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 1.621.619	\$ 1.827.174	\$ 1.945.943
CAE	\$ 87.592.683	\$ 13.097.304	\$ 3.654.348	-\$ 1.801.772



Ecuación de la recta

Inversión anualizada

x1	y1	x2	y2
1	87.592.683	16	11.475.684
		x0	y0

pendiente= -5.074.467
c= 92.667.149

Costo operación anualizado

x1	y1	x2	y2
1	0	16	1.621.619

pendiente= 108.108
c= -108.108

Punto intersección

x= 17,9
y= 1.827.174

Proyección

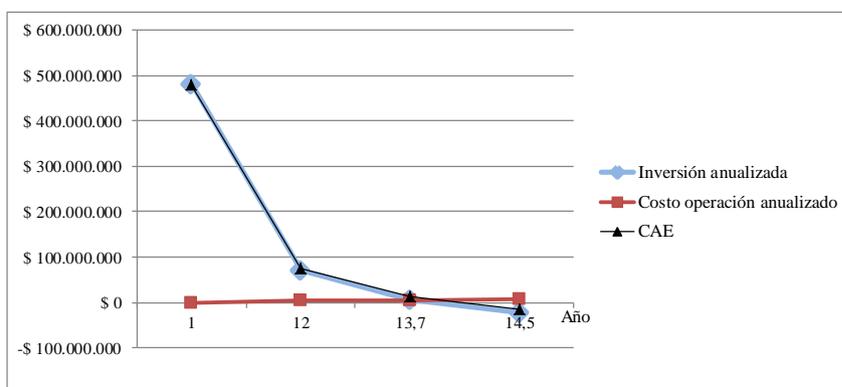
Inversión anualizada y= -3.747.715
Costo operación anualizado y= 1.945.943

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 25: Detalle momento óptimo de reemplazo esterilizador monoblock.

Monoblock					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantención	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2007	año 1	\$ 427.431.640			1,125
2018	año 12		\$ 31.209.000	\$ 374.781	0,165

Año	1	12	13,7	14,5
Inversión anualizada	\$ 480.860.596	\$ 70.609.287	\$ 6.038.653	-\$ 22.629.646
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 5.217.462	\$ 6.038.653	\$ 6.403.249
CAE	\$ 480.860.596	\$ 75.826.749	\$ 12.077.306	-\$ 16.226.398



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	480.860.596	12	70.609.287
			x0	y0

pendiente= -37.295.573
c= 518.156.169

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	12	5.217.462

pendiente= 474.315
c= -474.315

Punto intersección
x= 13,7
y= 6.038.653

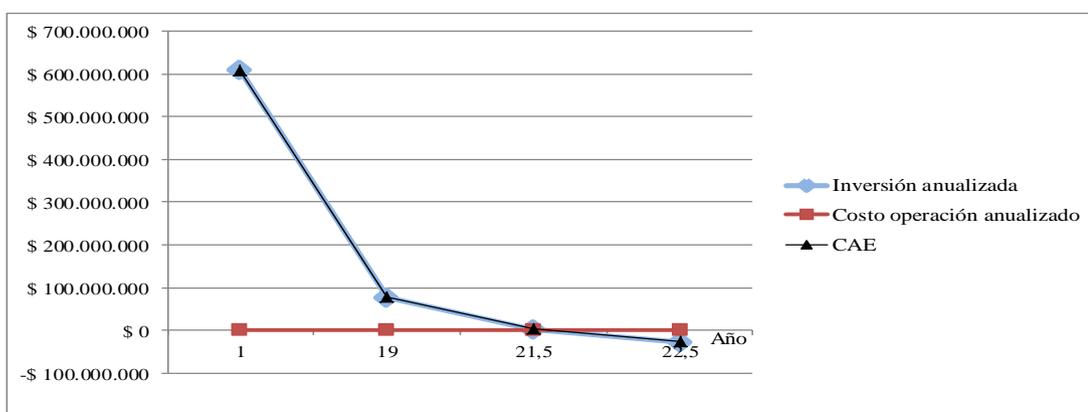
Proyección
Inversión anualizada y= -22.629.646
Costo operación anualizado y= 6.403.249

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 26: Detalle momento óptimo de reemplazo esterilizador flash cooler 1.

Flash cooler 1					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
2000	año 1	\$ 539.875.401	\$ 0	\$ 0	1,125
2018	año 19		\$ 6.489.000	\$ 2.668.257	0,140

Año	1	19	21,5	22,5
Inversión anualizada	\$ 607.359.826	\$ 75.543.790	\$ 1.459.856	-\$ 27.864.883
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 1.281.358	\$ 1.459.856	\$ 1.530.512
CAE	\$ 607.359.826	\$ 76.825.149	\$ 2.919.713	-\$ 26.334.372



Ecuación de la recta

	x1	y1	x2	y2
Inversión anualizada	1	607.359.826	19	75.543.790
			x0	y0

pendiente= -29.545.335
c= 636.905.161

	x1	y1	x2	y2
Costo operación anualizado	1	0	19	1.281.358

pendiente= 71.187
c= -71.187

Punto intersección x= 21,5
y= 1.459.856

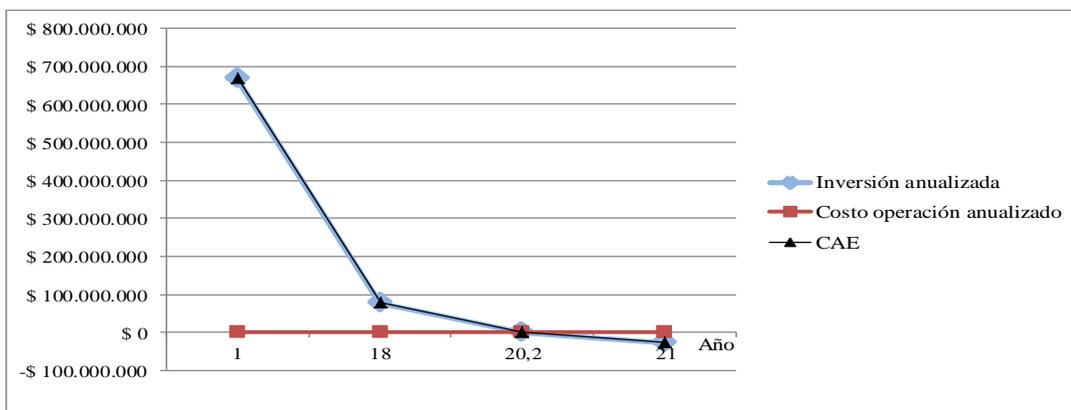
Proyección Inversión anualizada y= -27.864.883
Costo operación anualizado y= 1.530.512

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27: Detalle momento óptimo de reemplazo esterilizador flash cooler 2.

Flash cooler 2					
	Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	Costo de oportunidad	Factor de recuperación
1989	año 1	\$ 594.515.832			1,125
2018	año 30		arreglo manual	\$ 1.178.453	0,129

Año	1	18	20,2	21
Inversión anualizada	\$ 668.830.310	\$ 76.549.951	\$ 171.305	-\$ 27.970.112
Costo operación anualizado	\$ 0	\$ 151.738	\$ 171.305	\$ 178.515
CAE	\$ 668.830.310	\$ 76.701.689	\$ 342.611	-\$ 27.791.597



Ecuación de la recta

Inversión anualizada

x1	y1	x2	y2
1	668.830.310	18	76.549.951
x0	y0		

pendiente= -34.840.021
c= 703.670.332

Costo operación anualizado

x1	y1	x2	y2
1	0	18	151.738

pendiente= 8.926
c= -8.926

Punto intersección

x= 20,2
y= 171.305

Proyección

Inversión anualizada y= -27.970.112
Costo operación anualizado y= 178.515

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 28: Evaluación económica sub proceso despaletizado.

FLUJO DE CAJA (dólar)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	0	43.150	43.150	43.150	43.150	43.150	43.150	43.150	43.150	43.150	43.150
Egresos	0	-8.987	-13.707	-13.707	-13.707	-13.707	-13.707	-13.707	-13.707	-13.707	-13.707
Depreciación	0	-87.344	-87.344	-87.344	-87.344	-87.344	0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuesto	0	-53.180	-57.900	-57.900	-57.900	-57.900	29.444	29.444	29.444	29.444	29.444
Impuesto	0	14.359	15.633	15.633	15.633	15.633	-7.950	-7.950	-7.950	-7.950	-7.950
Utilidad después de impuesto	0	-38.821	-42.267	-42.267	-42.267	-42.267	21.494	21.494	21.494	21.494	21.494
Depreciación	0	87.344	87.344	87.344	87.344	87.344	0	0	0	0	0
Inversión activos	-414.770	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo neto	-414.770	48.522	45.077	45.077	45.077	45.077	21.494	21.494	21.494	21.494	21.494
Flujo neto actualizado	-414.770	43.131	40.068	40.068	40.068	40.068	19.106	19.106	19.106	19.106	19.106
Flujo acumulado	-414.770	-371.639	-331.571	-291.503	-251.435	-211.367	-192.261	-173.156	-154.050	-134.944	-115.839

VAN	-208.740
TREMA	12,5%
TIR	-4%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 29: Evaluación económica volcador de bins.

FLUJO DE CAJA (dólar)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	0	1.628.915	1.628.915	1.628.915	1.628.915	1.628.915	1.628.915	1.628.915	1.628.915	1.628.915	1.628.915
Egresos	0	-133.448	-144.082	-144.082	-144.082	-144.082	-144.082	-144.082	-144.082	-144.082	-144.082
Depreciación	0	-196.920	-196.920	-196.920	-196.920	-196.920	0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuesto	0	1.298.547	1.287.914	1.287.914	1.287.914	1.287.914	1.484.833	1.484.833	1.484.833	1.484.833	1.484.833
Impuesto	0	-350.608	-347.737	-347.737	-347.737	-347.737	-400.905	-400.905	-400.905	-400.905	-400.905
Utilidad después de impuesto	0	947.940	940.177	940.177	940.177	940.177	1.083.928	1.083.928	1.083.928	1.083.928	1.083.928
Depreciación	0	196.920	196.920	196.920	196.920	196.920	0	0	0	0	0
Inversión activos	-984.598	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo neto	-984.598	1.144.859	1.137.097	1.137.097	1.137.097	1.137.097	1.083.928	1.083.928	1.083.928	1.083.928	1.083.928
Fujo neto actualizado	-984.598	1.017.653	1.010.752	1.010.752	1.010.752	1.010.752	963.492	963.492	963.492	963.492	963.492
Flujo acumulado	-984.598	33.055	1.043.807	2.054.560	3.065.312	4.076.065	5.039.556	6.003.048	6.966.540	7.930.032	8.893.523

VAN	5.212.705
TREMA	12,5%
TIR	116%
PRI	1

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 30: Evaluación económica selector de color.

FLUJO DE CAJA (dólar)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	0	116.944	127.820	139.707	152.700	166.901	182.423	199.388	217.931	238.199	260.351
Egresos	0	-1.753	-1.916	-2.094	-2.289	-2.502	-2.735	-2.989	-3.267	-3.571	-3.903
Depreciación	0	-32.464	-32.464	-32.464	-32.464	-32.464	0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuesto	0	82.727	93.439	105.149	117.947	131.935	179.688	196.399	214.664	234.628	256.448
Impuesto	0	-22.336	-25.229	-28.390	-31.846	-35.622	-48.516	-53.028	-57.959	-63.350	-69.241
Utilidad después de impuesto	0	60.391	68.211	76.758	86.101	96.312	131.172	143.371	156.705	171.278	187.207
Depreciación	0	32.464	32.464	32.464	32.464	32.464	0	0	0	0	0
Inversión activos	-162.322	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo neto	-162.322	92.855	100.675	109.223	118.565	128.777	131.172	143.371	156.705	171.278	187.207
Flujo neto actualizado	-162.322	82.538	89.489	97.087	105.391	114.468	116.598	127.441	139.293	152.248	166.407
Flujo acumulado	-162.322	-79.784	9.705	106.792	212.183	326.651	443.249	570.690	709.984	862.231	1.028.638

VAN	527.583
TREMA	12,5%
TIR	64%
PRI	2

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 31: Evaluación económica cocedor.

FLUJO DE CAJA (dólar)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	0	203.674	222.616	243.319	265.948	290.681	317.714	347.261	379.557	414.856	453.437
Egresos	0	-3.445	-3.766	-4.116	-4.499	-4.917	-5.375	-5.874	-6.421	-7.018	-7.670
Depreciación	0	-63.804	-63.804	-63.804	-63.804	-63.804	0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuesto	0	136.425	155.046	175.399	197.645	221.960	312.340	341.387	373.136	407.838	445.767
Impuesto	0	-36.835	-41.862	-47.358	-53.364	-59.929	-84.332	-92.175	-100.747	-110.116	-120.357
Utilidad después de impuesto	0	99.590	113.184	128.041	144.281	162.031	228.008	249.213	272.389	297.722	325.410
Depreciación	0	63.804	63.804	63.804	63.804	63.804	0	0	0	0	0
Inversión activos	-319.019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo neto	-319.019	163.394	176.987	191.845	208.085	225.834	228.008	249.213	272.389	297.722	325.410
Flujo neto actualizado	-319.019	145.239	157.322	170.529	184.964	200.742	202.674	221.522	242.124	264.641	289.253
Flujo acumulado	-319.019	-173.780	-16.457	154.071	339.036	539.777	742.451	963.973	1.206.097	1.470.738	1.759.991

VAN	887.283
TREMA	12,5%
TIR	58%
PRI	3

Fuente: Elaboración propia

GLOSARIO

- Grados brix** : parámetro para medir el dulzor que tiene un determinado alimento en función de una tabla específica (Agriculturers, 2018).
- Pallet** : plataforma rígida portátil que se usa para consolidar envíos y permitir el fácil traslado de carga.
- Carozo** : hueso del durazno y otras frutas (RAE, 2016).
- Automatizar** : convertir ciertos movimientos en movimientos automáticos o indeliberados (RAE, 2016).
- Modernizar** : hacer que alguien o algo pase a ser moderno (RAE, 2016).
- Despaletizar** : acción que permite el desmonte de dos tambores que se encuentran uno sobre otro (Robotics, 2018).
- Presurizar** : mantener la presión atmosférica normal en un recinto, independientemente de la presión exterior (RAE, 2016).
- CAE** : costo anual equivalente, es un indicador económico utilizado para el análisis de reemplazo de equipos, que considera los costos operacionales de un proyecto de inversión ((División de planificación, 2005).