

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Industrial



**Programación de la Producción para la Línea de Mermeladas en
Empresa Eckart Alimentos S.p.A.**

Por

Sussan Paola Bilbao Püschel

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Erik Schulze González

Diciembre, 2016

Agradecimientos

A la vida por colocar en mi camino a las personas que me llenan de alegrías, motivan y construyen mi red de apoyo, por enseñarme que la constancia y perseverancia son la clave de mis éxitos.

A mis padres, por inculcarme el estudio y la responsabilidad acompañándome en cada una de mis etapas entregando lo mejor de ellos; en especial a mi madre por no rendirse cuando se complicaron las cosas en la vida y contribuir a la persona que soy, por acompañarme en varias noches de estudio y hacerme sentir que todo lo puedo.

A Joan, por ser mi apoyo y pilar fundamental; por entregarme una palabra de aliento cada vez que fue necesaria, por complementarme con su mirada positiva, razonable y objetiva. Por entender mis tiempos, comprender mis decisiones y entregarme su amor.

A mis hermanos Silvana y Francisco, y primos Felipe, Benjamín y Maximiliano, por ser mi motivación aún quizás sin saberlo.

A mis tías; Betty por su amor sincero e incondicional y las innumerables veces que contribuyó en mis estudios y en la mujer en que me he convertido hoy en día; y Aleja por entregarme tantas enseñanzas de vida, por sus conocimientos académicos y colocar su cuota literaria en este trabajo. A ambas por ser un ejemplo en mi vida y motivo de orgullo. A mi Mami Juana, por estar siempre dispuesta a ayudarme, amarme y hacerme sentir que soy la mejor a pesar de mis defectos. A Vivi, por reencontrarnos nuevamente y acompañar cada una de mis metas, con su amabilidad, cariño y sobre todo comprensión.

A mis amigos, por acompañarme en este camino y entregarme tantos momentos lindos, llenando de felicidad mi día a día; en especial a Camila, por ser mi compañera de varias batallas y colaborar fielmente con este trabajo.

A ti Manu, por ser mi ejemplo de amor y lucha, por ser parte de mi vida y esperanza. A mi tata Püschel por su alegría que, aunque no esté presente físicamente, día a día inunda mi corazón.

En lo académico, agradezco sinceramente a mi profesor guía señor Erik Schulze quien siguió y orientó todo este trabajo de título, dándome el tiempo, la atención y las respuestas necesarias para llegar a buen término, y el señor Luis Seccatore por su inagotable paciencia para atenderme y aclarar mis dudas con su gran conocimiento. A la Empresa Eckart por confiar en mi trabajo, en especial a Paulina Soto y Pedro Vásquez; quienes siempre han estado dispuestos a colaborar.

A todas aquellas personas que han sido parte de este largo, pero hermoso y enriquecedor proceso.

“Lo único imposible es aquello que no intentas”

Índice

	Pág
Glosario.....	7
Lista de Abreviaturas y Siglas.....	8
Lista de Figuras.....	10
Lista de Tablas.....	11
Resumen.....	12
 INTRODUCCIÓN.....	 13
 CAPÍTULO I.....	 15
ANTECEDENTES DEL PROYECTO	
1.1 Descripción de la Empresa.....	15
1.2. Misión.....	16
1.3. Visión.....	16
1.4. Productos Elaborados.....	18
1.5. Proceso Productivo.....	20
 CAPÍTULO II.....	 24
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
2.1 Antecedentes Generales.....	24
2.1.1. Tratamiento de las Mermas.....	25
2.2. Descripción del Problema.....	27
2.3. Objetivos del Proyecto.....	31
2.3.1. Objetivo General.....	31
2.3.2. Objetivos Específicos.....	31
 CAPÍTULO III.....	 32
MARCO TEÓRICO	
3.1. Las cinco fases de la programación y control de la producción.....	32
3.1.1. La planificación estratégica o de largo plazo.....	32
3.1.2. Planificación Agregada.....	32
3.1.3. Plan Maestro de Producción.....	33
3.1.4. Programación y control de la producción a corto plazo.....	34
3.1.5. Ejecución y Control.....	34
3.2. Pronósticos.....	35
3.2.1. Pronóstico a corto plazo.....	35
3.2.2. Pronóstico a mediano plazo.....	35
3.2.3. Pronóstico a largo plazo.....	35
3.2.4. Etapas en el sistema de pronósticos.....	36
3.2.5. Métodos Cualitativos.....	36
3.2.6. Métodos Cualitativos de pronósticos.....	36
3.2.6.1. Opinión de Expertos.....	37
3.2.6.2. Composición de la fuerza de venta.....	37
3.2.6.3. Método Delphi.....	37

3.2.6.4. Estudios de Mercado.....	38
3.2.7. Métodos Cuantitativos.....	38
3.2.8. Métodos de Series de tiempo.....	39
3.2.8.1. Promedio Móvil Simple.....	39
3.2.8.2. Promedio Móvil Ponderado.....	39
3.2.8.3. Suavizamiento Exponencial simple.....	40
3.2.8.4. Suavizamiento Exponencial con ajuste de tendencia.....	41
3.2.9. Métodos Asociativos.....	42
3.2.9.1. Regresión Lineal Simple.....	42
3.3. Precisión de la Técnica de Pronóstico.....	42
3.4. Planificación Agregada.....	44
3.4.1. Métodos Analíticos Matemáticos.....	44
3.4.1.1. Programación Lineal.....	44
3.4.1.2. Método del Transporte de Bowman.....	46
3.4.2. Métodos Analíticos Heurísticos.....	47
3.4.2.1. Coeficientes de Gestión.....	47
3.4.2.2. Teoría de Grafos.....	47
3.4.2.3. Programación Paramétrica.....	47
3.4.2.4. Programación lineal entera.....	48
3.4.3. Reglas de Decisión.....	48
3.4.4. Técnicas de Simulación.....	49
3.4.5. Comparación entre Métodos.....	51
CAPÍTULO IV.....	52
METODOLOGÍA	
4.1. Definición del Problema y Recolección de datos.....	52
4.2 Formulación de un Modelo Matemático que represente el problema.....	56
4.2.1. Identificación de Variables.....	56
4.2.2. Identificación de Restricciones.....	56
4.2.2.1. Restricción capacidad de producción.....	56
4.2.2.2. Restricción capacidad de inventario.....	56
4.2.2.3. Restricción flujo de demanda.....	57
4.2.2.4. Pulpa Utilizada.....	57
4.2.2.5. Inventario inicial y final.....	57
4.2.2.6. Reproceso.....	57
4.2.2.7. Reproceso Utilizado.....	57
4.2.3. Definición de la función objetivo.....	58
4.3. Verificación de los resultados.....	64
CAPÍTULO V.....	67
RESULTADOS Y ANÁLISIS	
5.1. Resultados Obtenidos.....	67
CAPÍTULO VI.....	70
CONCLUSIONES	
6.1. Propuestas.....	70

BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	74
Anexo 1: Mermeladas endulzadas con azúcar.....	74
Anexo 2: Mermeladas endulzadas con azúcar y otros endulzantes.....	78
Anexo 3: Mermeladas sin azúcar.....	81
Anexo 4: Mermeladas con azúcar.....	84
Anexo 5: Mermeladas con azúcar y otros endulzantes.....	87 90
Anexo 6: Comparación niveles de <i>stock</i>	91
Anexo 7: Cantidad de recurso unitario requerido para la producción de los 12 productos.	
Anexo 8: Modelo en <i>What's Best</i>	93

Glosario

- **°Brix:** Los grados Brix (símbolo °Bx) sirven para determinar el cociente total de materia seca disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx contiene 25 g de sólido disuelto por 100 g de líquido. Los grados Brix se cuantifican con un refractómetro.
- **Aw:** Se denomina actividad acuosa a la relación que existe entre la presión de vapor de un alimento dado en relación con la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. La actividad acuosa es un parámetro estrechamente ligado a la humedad del alimento lo que permite determinar su capacidad de conservación, de proliferación microbiana, etc. Es decir, es el agua que necesita una célula para reproducirse. La unidad de medida rige entre 0 y 1.

La Aw menor a 0,4 indica menor posibilidad de actividad microbiológica.

- **GMO:** es un organismo cuyo material genético ha sido alterado usando técnicas de ingeniería genética. La ingeniería genética permite modificar organismos mediante la transgénesis o la cisgénesis, es decir, la inserción de uno o varios genes en el genoma. Los OGM incluyen microorganismos como bacterias o levaduras, insectos, plantas, peces y animales.
- **Setup:** tiempo en que se demora en reconfigurar una máquina en cada cambio de producto de distinta naturaleza.

Lista de Abreviaturas y Siglas

- **FSSC** : *Food Safety System Certification*.
- **HACCP** : *Hazard Analysis and Critical Control Points*. Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control.
- **SpA** : Sociedad por acciones.
- **ISO** : *International Organization of Standardization*. Organización Internacional de Normalización
- **Aw** : *water activity*.
- **GMO** : Organismo genéticamente modificado.
- **EPP** : Elementos de protección personal.
- **PCC** : Punto crítico de control.
- **PMP** : Plan maestro de producción.
- **MM.PP** : Materias primas.
- **POE** : Procedimiento Operativo Estandarizado.
- **NV** : Nota de venta.
- **Batch** : Procesamiento por lotes.

Lista de Figuras

Figura 1.1 Logo Eckart.....	15
Figura 1.2 Organigrama de la empresa.....	16
Figura 1.3 Diagrama de Flujo Proceso elaboración de mermeladas	20
Figura 2.1 Mapa Flujo de Valor	30
Figura 3.1 Proceso de planificación y control de la producción.	34
Figura 3.2 Representación de la interacción de un modelo.....	44
Figura 4.1 Pareto Tipos de Mermeladas.....	53

Lista de Tablas

Tabla 1.1 Descripción diagrama de flujo	21
Tabla 2.1 Producción mensual Concentrador 2.....	25
Tabla 2.2 Producción mensual Concentrador 3.....	25
Tabla 2.3 Detalle de costos relacionados a la merma.....	26
Tabla 2.4 Cuadro resumen pedidos año 2016	28
Tabla 2.5 Temporadas de fruta	29
Tabla 3.1 Clasificación Modelo PLE	48
Tabla 3.2 Comparación de los modelos de programación de la producción.....	51
Tabla 4.1 Detalle Diagrama Pareto	53
Tabla 4.2 Pronóstico de Ventas	55
Tabla 4.3 Descripción de Productos i.....	59
Tabla 4.4 Descripción Tipo de Recurso j	59
Tabla 4.5 Descripción Tipo Reproceso k	59
Tabla 4.6 Cantidad de Recurso Unitario requerido aij	60
Tabla 4.7 Cantidad de recuso disponible v_{jt}	60
Tabla 4.8 Cantidad de mermelada reprocesada disponible r_{kt}	61
Tabla 4.9 Capacidad de Producción por período u_t	61
Tabla 4.10 Capacidad total de Inventario por período z_t	61
Tabla 4.11 Demanda dit	62
Tabla 4.12 Costo Unitario (Kilogramo) de producción cit	62
Tabla 4.13 Costo Unitario (kilogramo) de Inventario q_{it}	63
Tabla 4.14 Costo Unitario de reproceso skt	63
Tabla 4.15 Valores Finales del Modelo para demanda pronosticada.....	64
Tabla 4.16 Resultados de la Variable Producción.....	64
Tabla 4.17 Resultados de la variable Inventario.....	65
Tabla 4.18 Recursos Utilizados.....	65
Tabla 4.19 Reproceso Utilizado.....	66
Tabla 5.1 Valores Finales para la situación actual	67

Tabla 5.2 Comparación de escenarios71
Tabla 5.3 Tasa de utilización de recursos.....73

Resumen

El objetivo de este proyecto de título es programar la línea de producción de mermeladas en la empresa Eckart Alimentos SpA., mediante la construcción de un modelo de programación, para esto se analizan las principales técnicas para programar. Después de haber optado por la técnica analítica basada en la programación matemática, se procede a la construcción del modelo bajo los lineamientos de Hillier y O'Sullivan, es decir, definiendo las variables del problema e identificando la función objetivo que se encuentra sujeta a restricciones.

El modelo utilizará como base los datos obtenidos entre las fechas de enero del 2012 a mayo del 2016 programando tres familias de productos, para sus cuatro sabores más vendidos. Para ello se realiza un pronóstico de ventas a través de una regresión lineal considerando las variaciones porcentuales reales de la empresa. Se programa la producción del proceso de elaboración de mermeladas mediante la minimización de costos de producción e inventario; con restricciones de inventario, demanda y capacidad, considerando el reproceso dentro del mismo, dado que bajo su nueva certificación FSCC 22.000 es importante dar cuenta de ello.

Los resultados obtenidos indican que el modelo optimiza en un 52% los costos totales de producción, considerando que se calculan los costos de reproceso por primera vez. Adicionalmente, los costos de producción se reducen en un 46% cumpliendo la restricción de demanda, permitiendo así a la empresa cumplir con los compromisos adquiridos con sus clientes.

Es por esto que finalmente se puede concluir que el modelo de programación de la producción es útil para la empresa, ya que disminuye costos, y proporciona información referente a la utilización de sus recursos, lo que permitirá tener en cuenta más variables a la hora de la toma de decisiones.

Palabras Clave: *programación, producción, pronósticos, regresión lineal, Planificación agregada, modelo matemático.*

Introducción

Actualmente en la industria alimentaria en Chile, es posible destacar el trabajo realizado por la empresa Eckart Alimentos SpA que nace como una empresa familiar elaborando mermeladas de frutas de manera artesanal, y que hoy en día se ha convertido en una industria sólida que elabora y distribuye sus productos a todo el territorio nacional mediante las empresas que han establecido relaciones comerciales con ella.

Es así como la empresa cuenta con dos certificaciones HACCP Codex Alimentarius y la recientemente adjudicada Certificación de Sistemas de Seguridad Alimentaria FSSC 22.000, las cuales aseguran el compromiso por entregar productos de calidad y la consecuente seguridad y confianza de sus clientes, que van desde grandes cadenas de retail a locales particulares.

Sin embargo, el proceso de elaboración de mermeladas no es eficiente para la empresa dado que el 99,54% del tiempo empleado en la fabricación de sus productos no agrega valor. Esto trae consigo varios problemas, dentro de los más importantes se pueden mencionar: el incumplimiento y/o atrasos en la entrega de los productos y el aumento de las mermas, incluyendo los costos asociados a ello.

Adicionalmente la complejidad del problema aumenta, pues muchos de los costos calculados no se realizan de la manera correcta o simplemente no se tienen, ya que la empresa no cuenta con un modelo de costeo estandarizado.

Dado el diagnóstico inicial es que se elabora esta propuesta estimando la demanda de venta a través de la regresión lineal siendo el objetivo principal de este proyecto de título, construir un modelo matemático, con el fin de programar la producción de la línea de mermeladas.

Para ello este proyecto se realiza mediante una comunicación directa con la empresa lo que permite desarrollar el modelo matemático que utilizará el pronóstico de las ventas y datos

históricos de la empresa, creando finalmente una programación que permita disminuir los costos de producción total.

El desarrollo de este trabajo se enmarca en la aplicación de herramientas de Ingeniería Industrial en el área de la producción, investigación y administración de operaciones; y control de la calidad, con el fin de realizar una adecuada estructuración del proyecto.

Capítulo I: Antecedentes del Proyecto

1.1 Descripción de la Empresa

Eckart Alimentos, es una empresa familiar creada hace más de 50 años dedicada a la elaboración de productos del mercado alimenticio, localizada en la comuna de Casablanca, Provincia de Valparaíso. Actualmente fabrica y vende mermeladas, dulces de fruta y dulce de leche.

La empresa se encuentra en continuo proceso de crecimiento y mejoramiento de la infraestructura, por lo mismo se ha puesto énfasis en el crecimiento productivo, adquiriendo maquinaria de alta tecnología para dar cumplimiento con altos estándares de calidad en la elaboración de productos y prestaciones de servicios.

Actualmente la empresa cuenta con Certificación de Sistemas de Seguridad Alimentaria FSSC 22.000, el cual es un sistema de certificación basado en las normas FSSC 22000, ISO 22000 y PAS 220 para fabricantes de alimentos, aceptado a nivel internacional para la auditoría y la certificación de la seguridad alimentaria en toda la cadena de suministro.

Además de estar certificada con HACCP *Codex Alimentarius*, un principio internacional que define los requisitos para un control efectivo de la seguridad alimentaria, demostrando el compromiso de la empresa con la producción y comercialización de alimentos seguros para los consumidores.



Figura 1.1 Logo Eckart
Fuente: www.eckart.cl

1.2 Misión

"Ser una compañía orientada a satisfacer a nuestros clientes y consumidores con productos de excelente relación precio-calidad, utilizando materias primas que cumpla con los estándares de calidad, con personal capacitado, alta tecnología, teniendo en cuenta el cuidado del medio ambiente."

1.3 Visión

"Ser una empresa de alimentos que crezca en el tiempo gracias a su eficiencia y productividad, con productos que satisfagan a nuestros clientes y consumidores. Lo anterior asegurado por los más exigentes estándares de calidad y gestión, apoyado por gente altamente capacitada y procesos automatizados. Ser reconocida por sus prácticas alineadas a la ética y la legalidad, enfocándose al mercado tanto interno como externo."

Eckart cuenta con más de 120 trabajadores, los cuales se dividen en administrativos, áreas de calidad, producción, desarrollo de productos y logística.

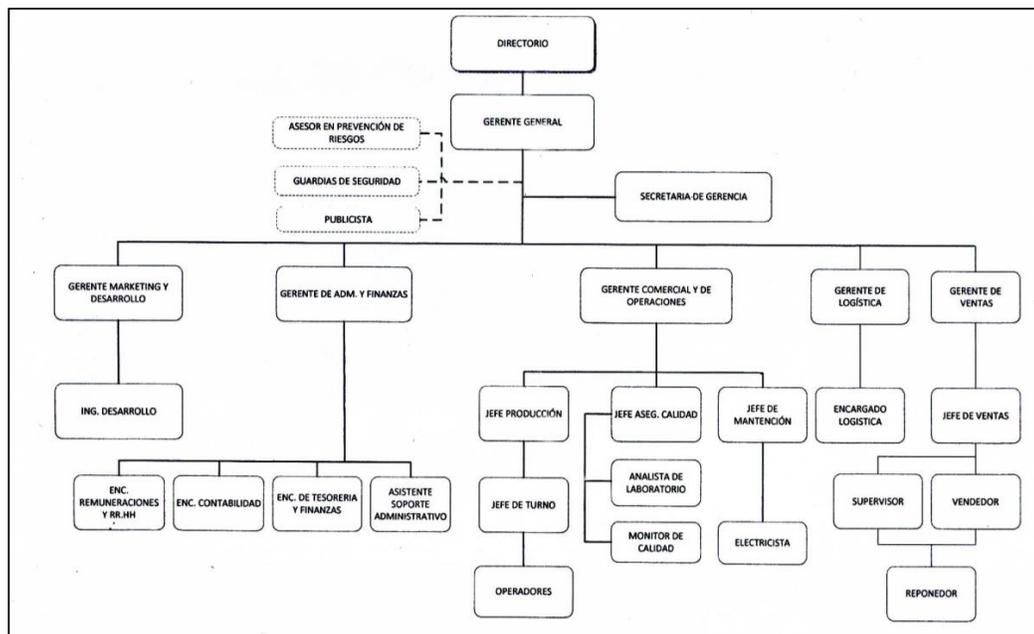


Figura 1.2 Organigrama de la empresa

Fuente: Elaboración Propia

Eckart posee tres procesos productivos: dulce de membrillo, dulce de leche y mermelada; los cuales son distribuidos en las principales cadenas de supermercados y diversas empresas del rubro alimenticio. En los últimos años la empresa ha aumentado su alcance productivo añadiendo nuevos clientes y convirtiéndose en el productor de marcas propias de los supermercados que componen su lista.

A continuación, se presenta la cartera de sus principales clientes.

- Walmart
- Santa Isabel
- Jumbo
- Puratos
- Unimarc
- Junaeb
- Nutrabien
- Campo Lindo
- Tottus
- Osku
- Bigger
- Ekono
- Erbi
- Mayorista 10
- Alvi

1.4 Productos Elaborados

Entre los productos que actualmente se ofrecen, se elaboran cuatro tipos principales de mermeladas:

1. Mermeladas con pulpa tamizada (Fruta caracterizante) / entera (sólo sabor mora) y azúcar.

a) Endulzadas sólo con azúcar: (Anexo 1):

- Tradicionales

- Acuenta
- Máxima
- Tía Lía
- Merkat
- Eckart

- Especiales

- Junaeb
- Pastelera
- Osku
- Puratos

b) Endulzadas con azúcar y otros endulzantes (*light*) (Anexo 2)

- Tía Lía *Light*
- Light Osku

2. Mermeladas con trozos (fruta caracterizante)

a) Mermelada sin azúcar (Anexo 3)

- En Línea sachet y frasco
- Sin azúcar Osku

b) Mermeladas con azúcar (Anexo 4)

- Pasteleras
- Eckart (en frasco o *Premium*)
- Eckart sachet

c) Mermeladas con azúcar y otros endulzantes (Anexo 5)

- Eckart *Light*

1.5 Proceso Productivo

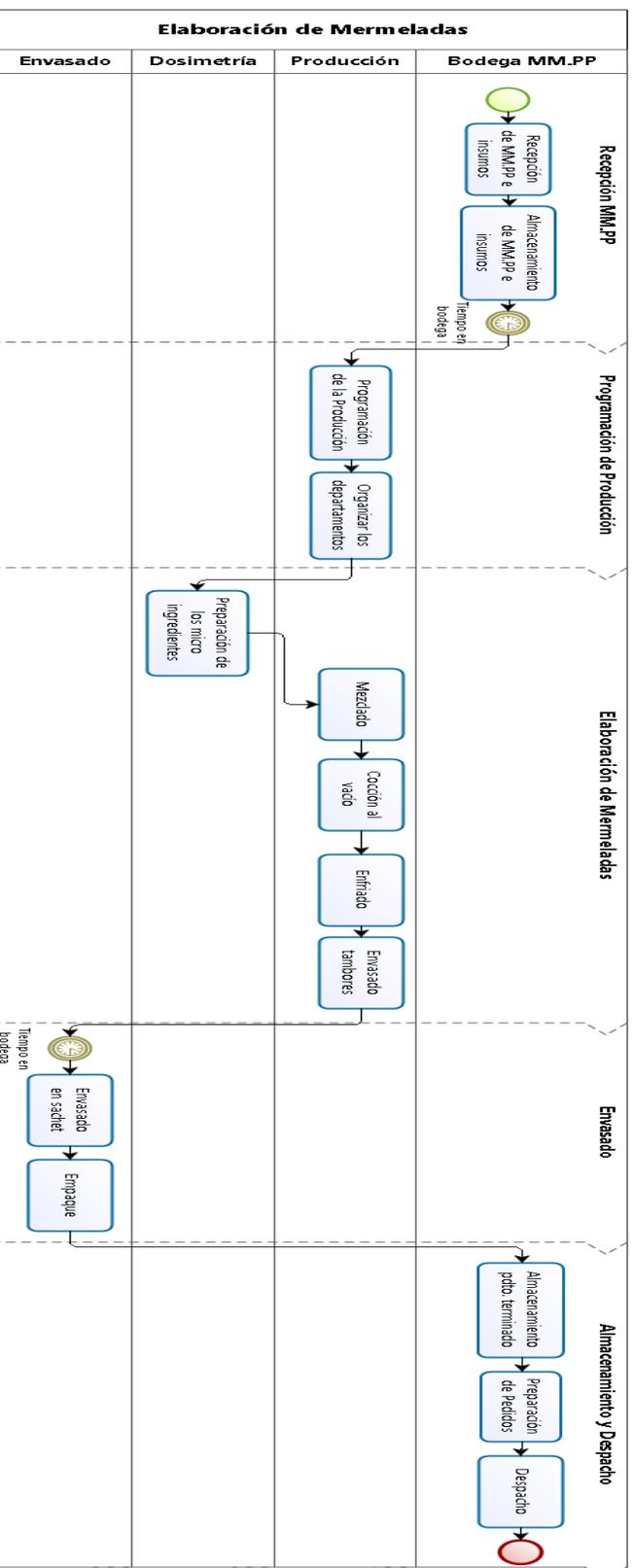


Figura 1.3 Diagrama de Flujo Proceso elaboración de mermeladas
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.1 Descripción diagrama de flujo

N°	Actividad	Área Responsable	Descripción
1	Recepción de MM. PP e insumos.	Bodega de MM.PP	1. Recepcionar las MM.PP e insumos en la planta. <ul style="list-style-type: none"> • A todos se les exige certificado de calidad, y en algunos casos se realizan ensayos de laboratorio (según criticidad). 2. Controlar en cuanto a su correspondencia y aspectos de calidad, según POE de Recepción de MM.PP.
2	Almacenamiento de MM.PP e insumos	Bodega de MM.PP	1. Almacenar las MM.PP e insumos en la bodega destinada para este fin en condiciones ambientales, con segregación por peligro de alérgenos.
3	Programación de la Producción	Producción	1. Programar la producción en conjunto con el departamento de calidad, desarrollo y ventas.
4	Organizar los departamentos	Producción	1. Delegar las tareas correspondientes a cada área para llevar a cabo la producción diaria.
5	Preparación de micro ingredientes	Dosimetría	1. Pesar los micro ingredientes según las fórmulas que se realizarán durante la producción de la jornada. 2. Clasificar según fondada y dejar a disposición de los operadores.
6	Mezclado	Producción	1. Agregar ingredientes, previamente dosificados, tales como las pulpas, azúcar, agua, preservantes, sucralosa, inulina, sorbitol, polidextrosa, según corresponda para cada tipo de mermelada.

N°	Actividad	Área Responsable	Descripción
7	Cocción al vacío	Producción	<p>Los ingredientes mezclados son bombeados a los concentradores respectivos. Se van midiendo los °Brix y 2 a 3 °Brix antes del término de la cocción, se adicionan ingredientes tales como el agar mezclado con el azúcar, y el agar mezclado con acesulfame y aspartame.</p> <p>Se cierra el paso del vapor, sube la presión llegando hasta presión normal, baja la temperatura llegando a 60°C aprox. Y se adiciona ácido cítrico y/o tartárico.</p>
8	Enfriado (Campana)	Producción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisar y lavar el filtro e imán. 2. Eliminar el vacío lentamente y direccionar el flujo a los enfriadores, va a las campanas, pasa a las trampas magnéticas y se adiciona saborizante. <p>En las mermeladas En Línea, se adiciona extracto de té verde y <i>stevia</i>. Esta etapa dura 30 a 40 min. aprox.</p>
9	Envasado en tambores	Producción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Envasar el producto en tambores, los cuales permanecen abiertos hasta la toma de muestras. 2. Cerrar manualmente la bolsa que va en contacto directo con el producto, procurando retirar la mayor cantidad del aire. 3. Colocar la tapa al tambor y la tarja, con la identificación del producto, fecha de elaboración, lote para la trazabilidad de éste.

N°	Actividad	Área Responsable	Descripción
10	Envasado en sachet	Envasado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vaciar la mermelada en la tinaja y accionar la dosificadora de envasadora automática para su envasado. 2. Realizar los controles de peso por cada tambor de mermelada envasado.
11	Empaque	Envasado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Empacar en cajas de cartón, conteniendo 24 unidades.
12	Almacenamiento en bodega de producto terminado	Bodega de producto terminado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Almacenados en la bodega de producto terminados los pallets.
13	Preparación de Pedidos	Bodega de producto terminado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Palletizar las cajas de mermeladas según orden de compra y almacenar en bodega de producto terminado, a la espera de ser despachados.
14	Despacho	Bodega de producto terminado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Despachar los productos según la orden de compra de los clientes.

Fuente: Elaboración Propia.

Capítulo II: Planteamiento del Problema

2.1 Antecedentes Generales

Eckart Alimentos S.p.A, empresa elaboradora de dulce de membrillo, dulce de leche y mermeladas; actualmente está experimentando grandes cambios, tales como la reciente obtención de la norma FSSC 22.000 y el aumento de la demanda de sus productos. Esto trae como consecuencia un reajuste en la producción y por consiguiente en sus procesos.

Dentro del proceso de aseguramiento de calidad del producto terminado, éste es inspeccionado visualmente por los operarios al ser envasado en el sachet, el que debe cumplir con ciertas condiciones establecidas por el Departamento de Calidad, estos son: una correcta impresión de la fecha de elaboración y número de lote, óptimo sellado del sachet e integridad del mismo.

En los últimos años algunos productos no cumplen con las especificaciones requeridas, tales como: correcto rotulado, sellado y peso del producto; lo que ha provocado un aumento en las pérdidas y en costos adicionales asociados al tratamiento de las mermas.

Actualmente Eckart, genera 36 toneladas anuales en mermas del formato sachet, lo que incluye productos Tía Lía, En Línea y marcas propias de sus clientes tales como Merkat, Máxima, Acuenta y Junaeb. Si se considera que se producen 175 toneladas anuales de mermelada, esta mermelada equivale a un 20,5% del total de producción.

Es necesario hacer hincapié en esto debido a que, bajo esta nueva norma, para efectos de trazabilidad, se debe contar con la información referente a la procedencia de la mermelada que se utiliza como reproceso, es decir, al número de lote, fecha de elaboración y sabor.

A continuación, se presenta un resumen de la producción de mermeladas, para el período marzo-junio 2016.

Tabla 2.1 Producción mensual Concentrador 2

Mes	Concentrador 2		
	Kg Reales por tambor	Kg Tambor teórico	Kg promedio Batch ¹
Marzo	238.330	250	768,81
Abril	229.505	306	750,02
Mayo	218.225	293	744,8
Junio	228.687	283	796,43

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2.2 Producción mensual Concentrador 3

Mes	Concentrador 3		
	Kg Reales por tambor	Kg Tambor teórico	Kg promedio Batch
Marzo	163.328	237	689,15
Abril	198.339	274	724,08
Mayo	171.653	242	709,31
Junio	177.773	251	796,43

Fuente: Elaboración Propia.

2.1.1 Tratamiento de las Mermas

El procedimiento para contabilizar y llevar a cabo el control de las mermas comienza cuando los operarios retiran de la línea los productos defectuosos. Éstos son depositados en un contenedor el cual, al finalizar la jornada, o a medida que se llene, es trasladado a la sala de devolución, en donde una operaria abre cada uno de los sachet clasificando la mermelada por sabor. Posteriormente cuando estos tambores con capacidad de 200 kilogramos se llenan, son cerrados y dispuestos dentro de la bodega hasta ser utilizados como reproceso dentro de la producción de un sabor en específico.

¹ En un batch se generan tres tambores de mermelada.

Cabe señalar que es posible utilizar mermelada de reproceso solamente en los productos que contienen azúcar y sólo en una cantidad en donde la composición del producto no se vea alterada; esto se traduce en no más de 40 kilogramos, por batch.

Este proceso conlleva incurrir en una serie de costos los cuales se detallan en la tabla 2.3 que se presenta a continuación:

Tabla 2.3 Detalle de costos relacionados a la merma.

CONCEPTO	VALOR ANUAL
Costo Oportunidad ²	\$ 67.910.187
Mano de obra	\$ 10.881.000
Bolsas negras	\$ 603.241
Bolsas transparentes	\$ 1.453.537
Film sachet	\$ 1.869.354
EPP	\$ 175.680
Costo Inventario	\$ 12.574.441
TOTAL	\$ 95.467.440

Fuente: Elaboración Propia

² Costo Oportunidad equivale al ingreso no percibido de esa mermelada que se deriva a reproceso.

2.2 Descripción del Problema

El problema radica en la incorrecta planificación de la producción que no se basa en los datos históricos, pues actualmente esta decisión es tomada intuitivamente teniendo como base los pedidos que cada día la empresa recibe. Esta responsabilidad recae en varias personas, tales como el Gerente de Ventas, Jefe de Producción, Departamento de Desarrollo, Departamento de Calidad y varias veces directamente en la dueña de la empresa. Lo anterior se ratifica mediante el Mapa de Flujo de Valor que se presenta en la figura 2.1 en donde se identifica que el 99.56% del tiempo empleado para la elaboración de sus productos no agrega valor, por consecuente sólo el 0,44% del tiempo es el que agrega valor.

Esta situación trae consigo consecuencias que se presentan a continuación:

1. **No cumplir, en algunas ocasiones, con los clientes en las fechas de entrega y volúmenes de pedidos.** El 31,05% del total de kilogramos de mermeladas, en el período enero-mayo 2016 están en situación de “pendientes³”, los que equivalen a 16.716 cajas.

A continuación, tabla resumen

Tabla 2.4 Cuadro resumen pedidos período Enero-Mayo 2016

	TOTAL GENERAL		PENDIENTES		FACTURADAS	
	Total NV ⁴	Total Kg	NV	Kilogramos	NV	Kilogramos
Total Mermeladas	264.974	331.479	16.716	102.930	248.258	228.546
Total Productos Eckart⁵	486.157	548.807	38.454	316.053	447.703	232.754

Fuente: Elaboración Propia

Donde, los 102.930 kilogramos de mermelada “pendiente” equivalen a \$133.349.555 los que se traducen en ingresos no percibidos.

³ “pendiente”, situación del pedido que equivale al envío incompleto u retraso completo del mismo.

⁴ NV, cantidad de cajas solicitados por el cliente.

⁵ Total Productos Eckart, incluye: Dulce de Leche, Mermelada y Dulce de Membrillo.

2. **Fallas en el proceso /máquina:** son fallas temporales como la caída del vapor, ausencia del personal, lavado del mezclador y/o concentrador (cuatro lavados mensuales en promedio, por concentrador), estos dan paso a tiempos muertos, generando un retraso en la producción y la capacidad planificada.

Si una máquina llega a fallar, los operarios que trabajan en ellas son enviados a otros talleres.

3. **Pedido de urgencia:** clientes generan pedidos de última hora los cuales causan un cambio o cancelación del programa ya establecido.

Los efectos negativos que se provocan cuando existe un retraso en la materia prima y pedidos de urgencia, son cambios del programa inicial los que generan “*setup*”.

- “*Setup*”: Esto se genera pues las máquinas deben ser limpiadas minuciosamente en cada cambio y más aún cuando se cambia de familia de materia prima. Este tiempo utilizado corresponde al lavado propiamente del mezclador y concentrador cuando existen cambios de productos con azúcar a productos *light*.

4. **Demanda estacionaria o producción estacionaria:** la empresa cuenta con dos mezcladores y concentradores para la elaboración de mermeladas, pero en “época de fruta” como indica la tabla 2.5 se debe combinar la elaboración de mermeladas y de pulpas.

Tabla 2.5 Temporadas de fruta

MES	FRUTA
Enero- Febrero	Mora, frutilla, piña, durazno, frambuesa
Marzo- Abril	Manzana, ciruela y membrillo

Fuente: Elaboración Propia.

5. **Producción por lote:** la empresa por limitaciones de espacio físico no cuenta con una línea de producción continua, por lo que se elabora la mermelada almacenándose en tambores, los cuales se envasan posteriormente esperando como máximo dos meses en bodega.

6. **Bodega de materia prima no existe FIFO:** es decir, actualmente la pulpa que se utiliza para la elaboración de los productos se retira al azar desde la bodega; en términos comunes se saca el tambor de pulpa “que esté a la mano” sin importar que existan otros con data más antigua.

Como se mencionó anteriormente, en la figura 2.1 se presenta el diagrama flujo de valor de la línea de mermeladas, en donde se indican todas las actividades que implican la elaboración de estas. En ella, en la parte inferior se muestran dos líneas de tiempo; la línea superior indica el tiempo correspondiente a actividades que no agregan valor (NVA), mientras que la línea inferior muestra el tiempo de las actividades que generan valor (VA). La suma de NVA es de 229,52 días, mientras que la suma de VA es de 15.720 segundos. De tal forma VA representa únicamente del tiempo de entrega total (229,52 días), por lo tanto, más del 99 % del tiempo total es desperdiciado en forma de tiempos de espera (como inventarios de materia prima, semi-terminado o producto terminado, etc).

Además se puede concluir que el tiempo de entrega total es de 229,52 días lo que considerando la frecuencia en que los clientes realizan el pedido es muy alto, esto se debe principalmente a la cantidad de tiempo que permanece la mermelada elaborada en espera de ser envasada, equivalente en promedio 28,7 días (tiempo que no agrega valor al proceso).

En tanto en cuanto a la materia prima (pulpas) que es recibida debe esperar al menos 6 meses para ser utilizada, por lo tanto, se concluye que la empresa solicita más de lo que necesita.

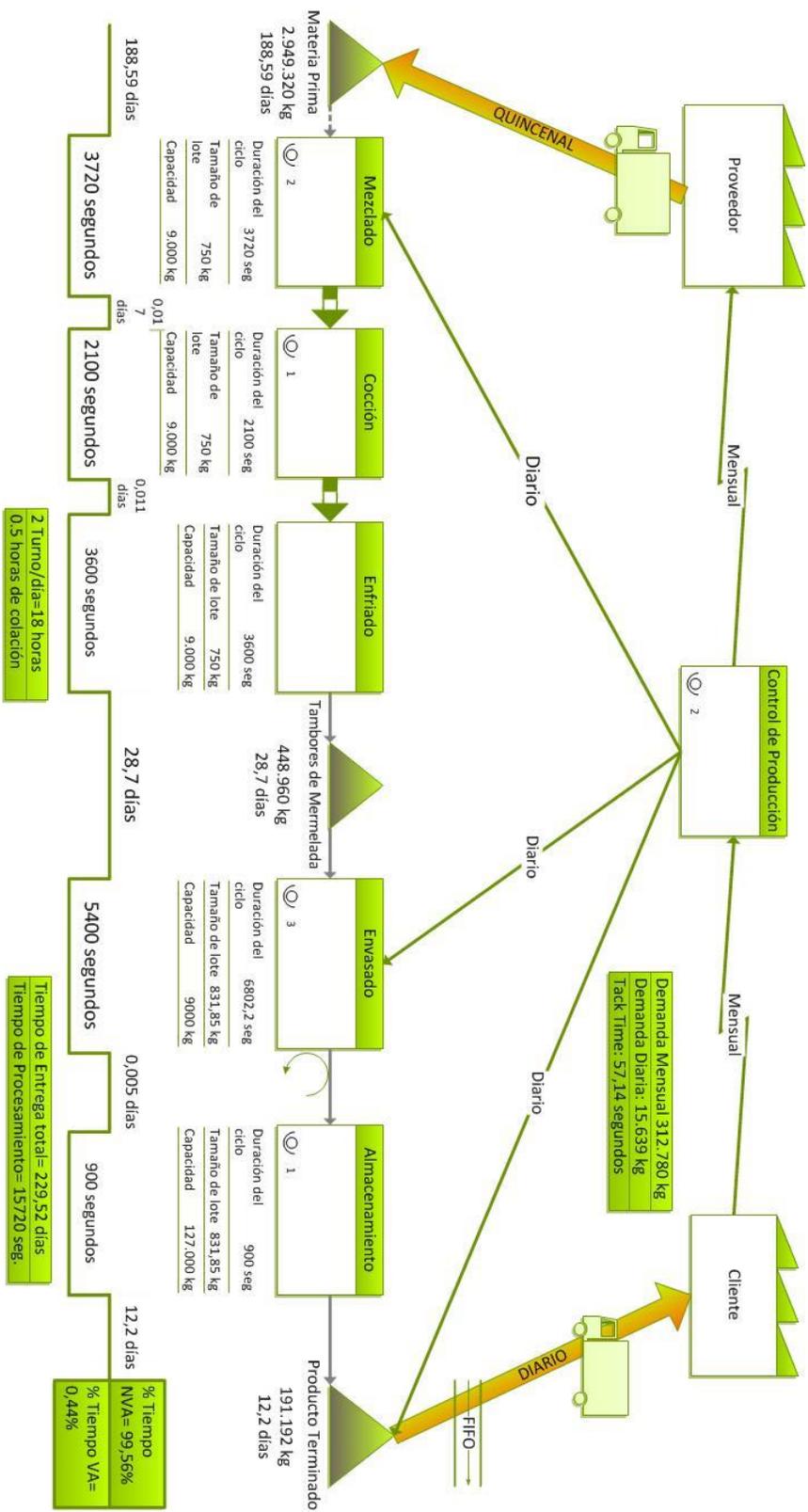


Figura 2.1 Mapa Flujo de Valor
 Fuente: Elaboración Propia

2.3 Objetivos del Proyecto

2.3.1 Objetivo General

- Desarrollar un modelo que permita la programación de la producción de mermeladas de Eckart Alimentos Spa, con el objeto de disminuir sus costos.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el funcionamiento del proceso de elaboración de mermeladas e identificar variables que inciden en esta.
- Establecer a través de modelos de pronóstico, la demanda del mercado con el fin de estructurar el proceso de producción de mermelada que responda a las necesidades de esta.
- Resolver la programación de la producción para los productos seleccionados y validar la solución obtenida.

Capítulo III: Marco Teórico

En este capítulo se presenta el resultado de un estudio bibliográfico con el fin de identificar las herramientas que permitirán desarrollar este trabajo. Este marco teórico está compuesto por diferentes autores, tales como, Domínguez, Heizer y Render, Chase, entre otros; de los cuales se utilizan sus teorías de forma general y a veces textual para referirnos a la programación de la producción.

3.1. Las Cinco Fases de la Programación y Control de la Producción

Básicamente las cinco fases que componen el proceso de planificación y control de la producción son [Domínguez95]:

3.1.1. La planificación estratégica o de largo plazo

La planificación estratégica es aquella en donde se establecen los objetivos, las estrategias y en general los planes a largo plazo, normalmente entre tres y cinco años. En este nivel se establece la capacidad instalada, es decir, instalaciones, proveedores, procesos productivos etc. Esta actividad es desarrollada por la alta dirección.

Dentro de estos objetivos o actividades de planificación se pueden mencionar:

- Desarrollo de productos
- Modificación de productos existentes
- Desarrollo y modificación de procesos
- Análisis de la conveniencia de abrir nuevas instalaciones

3.1.2. Planificación Agregada

La planificación agregada, “*es un método para determinar la cantidad de producción y su desarrollo en el tiempo a medio plazo*” [Heizer y Render09] donde se concretan los planes estratégicos y los objetivos globales de la empresa para cada una de las áreas. Se trata, pues, de una etapa en la que las actividades son más limitadas y abarcan un horizonte temporal relativamente corto, que puede ir de 18 meses o un año a varias

semanas, dependiendo de cada caso en concreto. Se puede definir, como un “*Plan de Producción a medio plazo, factible desde el punto de vista de la capacidad, que permita lograr el plan estratégico de la forma más eficaz posible en relación con los objetivos tácticos del Subsistema de Operaciones*” [Domínguez95].

Se pueden apreciar diversas funciones, tales como:

- Relacionar el departamento de operaciones con la alta dirección y el resto de la empresa.
- Ser el origen del proceso de planificación y control de producción.
- Ser instrumento de control para el Plan Estratégico.

Determina:

- Fuerza de trabajo necesaria
- Tasa de producción
- Nivel de stock
- Proveedores

3.1.3. Plan Maestro de Producción

Elaborado el plan agregado, el siguiente paso es la determinación del Programa Maestro de Producción (PMP). Éste determina la cantidad a fabricar de cada artículo, así como el momento en que se debe iniciar dicha producción, por lo que debe contener las necesidades de fabricación de cada ítem final, lo que implica, que de las necesidades se descuentan los ya fabricados y los que están en proceso de fabricación.

El PMP desarrolla dos funciones básicas [Domínguez95]:

- Concretar el plan agregado: tanto en las cantidades, como en el tiempo.

- Facilitar, por su mayor desagregación, la obtención de un plan aproximado de capacidad, lo que permitirá establecer la viabilidad del plan maestro y, con ello, la del plan agregado.

3.1.4. Programación y Control de la Producción a Corto Plazo

En esta etapa se procede a asignar la producción a cada centro de trabajo, se consideran los tiempos de servicio de los procesos, se controla el correcto cumplimiento de los plazos de entrega, etc.

3.1.5. Ejecución y Control

Esta es la última fase del proceso de planificación jerárquica, es donde cada trabajador debe saber cuál es su función para cumplir con el programa maestro. Teniendo claridad de lo que se debe hacer y quién lo debe realizar, permitirá crear un sistema de control que consiga realizar el seguimiento de las actividades.



Figura 3.1 Proceso de planificación y control de la producción.

Fuente: [Domínguez95]

3.2. Pronósticos

“Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Puede implicar el empleo de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático” [Heizer&Render09].

Los pronósticos se clasifican por el horizonte de tiempo futuro, el cual se divide en tres categorías:

3.2.1. Pronóstico a corto plazo. Abarcan un tiempo aproximado hasta un año, pero casi siempre es menor a tres meses. Se utilizan para planear compras, programar el trabajo, determinar niveles de mano de obra y decidir los niveles de producción.

3.2.2. Pronóstico a mediano plazo. Tiempo aproximado de decisión entre tres meses y tres años. Se utilizan para planear ventas, producción, presupuesto y analizar planes operativos.

3.2.3. Pronóstico a largo plazo. Decisiones referentes a un tiempo superior a tres años. Se utilizan para planear la fabricación de nuevos productos, gastos de capital, ubicación o expansión de las instalaciones, entre otras.

Las organizaciones utilizan tres tipos de pronósticos en la planeación de operaciones, los cuales se describen brevemente a continuación:

Económicos: son principalmente indicadores de planeación que son valiosos por ayudar a las organizaciones en la preparación de pronósticos de mediano y largo plazo. Por ejemplo, tasas de inflación, suministros de dinero, construcción de viviendas, y otros indicadores de planeación.

Tecnológicos: pronósticos a largo plazo relacionados con las tasas de progreso tecnológico.

De demanda: son pronósticos de demanda de productos o servicios de una compañía, también llamados proyecciones de las ventas para cada período situado en el horizonte de planeación. Orientan la producción, capacidad y sistemas de

programación de la empresa, y sirven como entrada de planeación financiera, de marketing y personal.

3.2.4. Etapas en el Sistema de Pronósticos

- Determinar la utilización del pronóstico.
- Seleccionar los artículos en los que se va a realizar en el pronóstico.
- Determinar el horizonte temporal del pronóstico.
- Seleccionar el o los modelos de pronóstico.
- Realizar el pronóstico.
- Validar e implementar los resultados.

Existen dos enfoques generales para pronosticar, definiéndose como pronósticos cuantitativos y cualitativos, a continuación, se presentan sus características.

3.2.5. Métodos Cualitativos

Los pronósticos cualitativos son subjetivos y normalmente se usan para predecir cambios en un patrón general de comportamiento (largo plazo). Se emplean cuando la situación no es clara y existen pocos datos, por ejemplo, para nuevos productos, nueva tecnología.

Presentan las siguientes características [Henaine-Abed96]:

- Se emplean comúnmente para largo plazo.
- Se requiere, con frecuencia, el empleo de expertos en su preparación.
- Los procedimientos empleados normalmente no incluyen fórmulas del tipo cuantitativo.
- Emplean pocos o ningún dato histórico numérico.
- Presentan el “efecto arrastre”, por la opinión de mayor jerarquía dentro del grupo de personas encargadas de elaborar el pronóstico.
- Son subjetivos, es decir, son afectados por emociones e intereses personales de las personas.

3.2.6. Métodos o Técnicas Cualitativas de Pronósticos

3.2.6.1. Opinión de Expertos

Normalmente es usado cuando se piensa lanzar un nuevo producto o servicio, con este método se hace un resumen de las opiniones, experiencias y conocimientos técnicos de uno o varios gerentes para llegar a un solo pronóstico.

3.2.6.2. Composición de la Fuerza de Venta

Son pronósticos compuestos a partir de estimaciones realizadas periódicamente por miembros del personal de ventas de las empresas. Esto se debe a que la mejor información sobre la demanda futura proviene de las personas que están más cerca de los clientes.

3.2.6.3. Método Delphi

Es un proceso para obtener el consenso dentro de un grupo de expertos, siempre respetando la confidencialidad de sus opiniones. Se usa para elaborar pronósticos a largo plazo de la demanda de productos y proyecciones de ventas de los nuevos productos.

Rand Corporation desarrolló este método en la década de 1950, estableciendo el siguiente paso a paso:

1. Elegir los expertos a participar. (Debe haber gran variedad de personas con conocimientos en distintas áreas)
2. Por medio de un cuestionario obtener las proyecciones de todos los participantes.
3. Resumir los resultados y redistribuirlos entre los participantes con las preguntas nuevas apropiadas.
4. Volver a resumir, refinar las proyecciones y condiciones, y una vez más plantear preguntas nuevas.

5. Repetir el paso 4, si es necesario. Distribuir los resultados finales entre todos los participantes.

3.2.6.4. Estudio de Mercado

Consiste en un “*método sistemático para determinar el grado de interés del consumidor externo por un producto o servicio, mediante la creación y puesta a prueba de diversas hipótesis por medio de encuestas encaminadas a la recopilación de datos*”. [Krajewski08].

Se utiliza sobre todo para la investigación de productos con el objetivo de buscar nuevas ideas, conocer los gustos y disgustos relacionados con los productos existentes.

3.2.7. Métodos Cuantitativos

Son objetivos y pueden utilizarse para corto, mediano y largo plazo. Pueden aplicarse cuando las siguientes condiciones existan:

- Hay información histórica.
- Esta información puede ser cuantificada en forma de datos.
- Se puede asumir que el patrón del pasado continuará en el futuro.

Presentan las siguientes características [Henaine-Abed96]:

- Se utilizan para pronósticos más detallados, a corto y mediano plazo.
- Emplean procedimientos matemáticos.
- Requieren información numérica previa o antecedentes históricos.
- Poseen mayor grado de detalle.
- Son fáciles de entender e interpretar por la gerencia de la empresa.
- Se pueden procesar con facilidad en máquinas computadoras.
- Son objetivos.

Estos se dividen en dos tipos modelos causales, los cuales utilizan datos históricos de variables independientes y análisis de series de tiempo siendo un método estadístico que depende en alto grado de datos históricos de la demanda, con los que se proyecta la magnitud futura de la misma, reconociendo tendencias y patrones estacionales.

3.2.8. Métodos de Series de Tiempo

Dentro de las diversas técnicas de pronósticos de series de tiempo las más empleadas son:

3.2.8.1. Promedio Móvil Simple

Según [Everett&Ronald78], “*un promedio móvil simple combina los datos de la demanda de varios períodos más recientes y su promedio se toma como el pronóstico para el período siguiente*”. Esta técnica asume que los datos presentan un comportamiento estacionario afectado por variaciones aleatorias, las que deben ser “suavizadas” o “atenuadas” con el fin de pronosticar de acuerdo con el patrón básico horizontal. Este suavizamiento se logra por medio del uso de los promedios de los valores más recientes.

Un promedio móvil de cuatro meses se encuentra simplemente al sumar la demanda medida durante los últimos cuatro meses y dividiéndola por la misma cantidad de períodos, es decir, por cuatro.

Al terminar cada mes, los datos del mes que concluye se adicionan a la suma de los 3 meses previos, y se elimina el mes más antiguo.

La expresión matemática que lo define es:

$$\text{Promedio Móvil (PM)} = \frac{\sum \text{últimas } n \text{ demandas}}{n}$$

3.2.8.2. Promedio Móvil Ponderado (PMP)

Se utiliza cuando se presenta una tendencia. Un promedio móvil ponderado permite asignar cualquier importancia a cada elemento, esto siempre y cuando la suma de las ponderaciones sume uno. Los datos anteriores pierden importancia relativa.

$$PMP = \frac{\sum (\text{Ponderación para el período } n)(\text{Demanda en el período } n)}{\sum \text{Ponderaciones}}$$

Sin embargo, presentan tres problemas [Heizer&Render09]:

1. Aumentar el tamaño de n suaviza de mejor manera las fluctuaciones repentinas, pero resta sensibilidad al método ante cambios reales en los datos.
2. No reflejan bien las tendencias. Porque son promedio, siempre se quedarán en niveles pasados, no predicen los cambios hacia niveles más altos ni más bajos, es decir, retrasan los valores reales.
3. Requieren amplios registros de datos históricos.

3.2.8.3. Suavizamiento Exponencial Simple

Para [Domínguez95] este es el método de pronóstico formal que se usa con mayor frecuencia por su sencillez y por la reducida cantidad de datos que requiere.

La suavización exponencial es la más utilizada de las técnicas de pronóstico, y se han aceptado en forma generalizada por seis razones principales [Chase09]:

1. Son sorprendentemente precisos.
2. Formular un modelo exponencial es relativamente fácil.
3. El usuario logra entender cómo funciona el modelo.
4. Se requieren muy pocos cálculos para utilizar el modelo.
5. Los requerimientos de almacenamiento en la computadora son bajos debido al uso limitado de datos históricos.
6. Es fácil calcular las pruebas de precisión relacionadas con el desempeño del modelo.

En este método, sólo se necesitan tres componentes para pronosticar: el pronóstico más reciente, la demanda real que ocurrió durante el período de pronóstico y una constante de uniformidad *alfa* (α) ($0 \leq \alpha \leq 1$). Esta constante determina el nivel de uniformidad y la velocidad de reacción a las diferencias entre los pronósticos y las ocurrencias reales.

La ecuación correspondiente a este pronóstico es:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

Donde,

A_t = Promedio exponencialmente suavizado de la serie en el período t .

T_t = Promedio exponencialmente suavizado de la tendencia en el período t .

α = Parámetro de suavización para el promedio, con un valor entre 0 y 1.

β = Parámetro de suavización para la tendencia, con un valor entre 0 y 1.

F_{t+1} = Pronóstico para el período $t + 1$.

“Esta forma de la ecuación muestra que el pronóstico para el período siguiente es igual al pronóstico del período actual más una proporción del error del pronóstico correspondiente al período actual” [Krajewski08].

3.2.8.4. Suavizamiento Exponencial con Ajuste de Tendencia

En una serie de tiempo, una tendencia consiste en un incremento o decremento sistemático de los promedios de la serie a través del tiempo.

Este enfoque, las estimaciones para promedio y la tendencia son suavizadas, por lo cual se necesitan dos constantes de suavizamiento. Se calcula promedio y tendencia para cada período:

$$A_t = \alpha(\text{Demanda en este período}) + (1 - \alpha)(\text{Promedio} + \text{Estimación de la tendencia en el último período})$$

$$= \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(\text{Promedio de este período} - \text{Promedio del último período}) + (1 - \beta)(\text{Estimación de la tendencia en el último período})$$

$$= \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$F_{t+1} = A_t + T_t$$

Donde,

A_t = Promedio exponencialmente suavizado de la serie en el período t .

T_t = Promedio exponencialmente suavizado de la tendencia en el período t .

α = Parámetro de suavización para el promedio, con un valor entre 0 y 1.

β = Parámetro de suavización para la tendencia, con un valor entre 0 y 1.

F_{t+1} = Pronóstico para el período $t + 1$.

3.2.9. Métodos Asociativos

Los métodos principales dentro de este modelo son (relaciones causales):

3.2.9.1. Regresión Lineal Simple

“Modelo matemático de línea recta usado para descubrir relaciones funcionales que hay entre variables dependiente e independiente” [Heizer&Render09].

La regresión lineal es útil para el pronóstico de largo plazo de eventos importantes, como la planeación agregada. Por ejemplo, demandas de familias de productos.

Primero es necesario graficar los datos para ver si aparecen lineales o si por lo menos parte de los datos son lineales. Las variables dependientes que se desean pronosticar serán \hat{y} . Pero la variable independiente, x . Por tanto, la ecuación se presenta de la siguiente manera:

$$\hat{y} = a + bx$$

Cuando,

\hat{y} = valor de la variable dependiente.

a = intersección con el eje y .

b = pendiente de la recta de regresión.

x = variable independiente.

3.3. Precisión de la Técnica de Pronóstico

La precisión de la técnica de pronóstico es una de las características importantes para la selección de la técnica a emplear.

Un objetivo en la aplicación de los pronósticos es minimizar las desviaciones entre los valores pronosticados y los observados. De aquí que el error del pronóstico se define como la diferencia entre el valor real y el pronóstico.

$$e_t = X_t - S_t$$

Donde,

$e_t =$ *Error del pronóstico.*

$X_t =$ *Valor real en el periodo t.*

$S_t =$ *Pronóstico para el periodo t.*

Existen varios tipos de medición de errores, los cuales se presentan a continuación:

- a) **Desviación absoluta media (MAD⁶):** se calcula utilizando las diferencias entre la demanda pronosticada sin importar el signo. Es igual a la suma de las desviaciones absolutas dividida entre el número de puntos de datos o, en forma de la siguiente ecuación,

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |X_t - S_T|$$

- b) **Error cuadrático medio (MSE⁷):** es el promedio de los cuadrados de las diferencias encontradas entre los valores pronosticados y los observados. Su fórmula es:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - S_T)^2$$

- c) **Error porcentual absoluto medio (MAPE⁸):** tanto con la MAD como el MSE, este es que sus valores dependen de la magnitud del elemento que se pronostica. Por ejemplo, si el elemento pronosticado se mide en millares, los valores pueden ser muy grandes. Con el fin de evitar este problema podemos usar este tipo de error. Éste se calcula como el promedio de las diferencias absolutas encontradas entre valores pronosticados y reales, y se expresa como un porcentaje.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{100|X_t - S_T|}{X_t}$$

⁶ MAD; *mean absolute deviation.*

⁷ MSE; *mean squared error.*

⁸ MAPE; *mean absolute porcentaje error.*

3.4. Planificación Agregada

Para la resolución de problemas de la planificación agregada de la producción, existen diversos métodos, los cuales en su mayoría se agrupan de la siguiente manera:

1. Métodos Analíticos.
 - Basados en la programación matemática, los cuales pretenden encontrar una solución “óptima”.
 - Heurísticos, que persiguen llegar a una solución satisfactoria.
2. Métodos que usan reglas de decisión.
3. Métodos de Simulación.

3.4.1. Métodos Analíticos - Matemáticos

3.4.1.1. Programación Lineal

“La programación lineal es una técnica de modelado matemático, diseñada para optimizar el empleo de recursos limitados” [Taha98]

Su construcción al igual que cualquier modelo de investigación de operaciones, incluye cuatro elementos básicos como se identifica la figura



Figura 3.2 Representación de la interacción de un modelo

Fuente: Elaboración Propia

a) **Variables** de decisión que se tratan de determinar: se deben tomar n decisiones cuantificables que se representan como variables de decisión para las cuales se deben determinar los valores respectivos. Entre las principales variables de decisión se pueden mencionar las siguientes:

- *Stock*
- Nivel de fuerza laboral
- Nivel de producción

b) **Objetivo** (meta) que se quiere optimizar: es una ecuación lineal que incluye las variables de decisión que identifican el objetivo en el esfuerzo de solución de un problema. La función objetivo puede ya sea maximizarse o minimizarse.

Algunos de los objetivos más comunes son:

- Minimizar el costo
- Minimizar el tiempo
- Maximizar las utilidades
- Maximizar el rendimiento
- Maximizar tasa de rendimiento de la inversión.

c) **Restricciones (limitaciones)** que se necesitan satisfacer: expresiones lineales que incluyen las variables de decisión que especifican las restricciones sobre las decisiones que puedan encontrarse. Casi siempre en forma de ecuaciones o desigualdades. Normalmente tales expresiones reciben el nombre de restricciones, las cuales pueden ser de distintos tipos, como:

- Especificaciones del producto con respecto a sus características físicas. Químicas y de calidad.
- Restricciones técnicas, como a capacidad de la máquina y las personas.

- Requerimientos del mercado, respecto a las fechas de entrega y a la necesidad de evitar quiebres de *stock*.
- Aspectos de operación relacionados con la capacidad y disponibilidad de instalaciones, problemas de flujo y almacenamiento debido a la distribución de las instalaciones, las horas de trabajo, la rapidez con la que el sistema se adapta a los cambios de ritmo de la producción y la flexibilidad con el uso de la mano de obra.

Existen algunos aspectos que pueden aumentar la dificultad de una aplicación realista:

- El número de familias de productos pueden ser superior a uno.
- Puede ser importante tener que diferenciar diferentes tipos de mano de obra.
- La utilización de esta técnica es compleja y requiere mucho tiempo.
- El número de datos a manejar y la exactitud requerida en los mismos pueden ser excesivos.

Y con ello uno de sus principales componentes son los **datos**, los cuales son la base para la construcción del modelo.

3.4.1.2. Método del Transporte de Bowman

Es un modelo que pretende minimizar el costo total y que fue desarrollado para disminuir la complejidad de los programas lineales existentes.

Efectúa la programación de la producción para satisfacer la demanda, con base en la capacidad de producción.

Permite diferenciar la producción en horario regular de trabajo, en sobretiempo y por subcontratación del trabajo. *“Al trabajar con este modelo se considera el número máximo de unidades que se pueden producir durante un periodo determinado con tiempo de trabajo regular, con horas extras, y con unidades subcontratadas”* [Boiteux07].

3.4.2. Métodos Analíticos - Heurísticos

*“Existen problemas que resultan ser extremadamente difíciles y para los cuales no se han desarrollado algoritmos, o bien, de existir, éstos tardan un tiempo excesivamente largo en encontrar una solución. Esto ha llevado al desarrollo de procedimientos que en un tiempo “razonable” son capaces de encontrar “buenas” aproximaciones de la solución. Estos procedimientos se conocen como **heurísticas**.” [Ortiz&Varas&Vera04].*

Dentro de las técnicas más utilizadas se encuentran: Los Coeficientes de Gestión, Teoría de Grafos, Programación Paramétrica y Programación Lineal Entera.

3.4.2.1. Coeficientes de Gestión

Este modelo toma una serie de datos de mano de obra, producción e inventarios de exitosas decisiones pasadas y, mediante técnicas de regresión, las convierte a aquellas ecuaciones que mejor se ajustan a los datos históricos. Así el planificador dispondrá de una regla de decisión heurística que aplicará en el futuro, la que es menos restrictiva y de más fácil obtención que las reglas de decisión lineales.

3.4.2.2. Teoría de Grafos

“Los grafos representan conjuntos de objetos que no tienen restricción de relación entre ellos, tienen estructura finita y se pueden utilizar para analizar relaciones y sus aplicaciones en distintas situaciones” [Leiva&González09].

3.4.2.3. Programación Paramétrica

La aplicación de la programación paramétrica a la planificación agregada es propuesta por Jones en 1967. Se emplea una rutina de búsqueda de una norma de decisión de mano de obra y producción, pudiendo emplear funciones de costos cuadráticos que habría que minimizar. Por tanto, es un modelo flexible con respecto a las restricciones productivas, es decir, independiente de los procesos productivos, se pueden agregar más aspectos específicos sin ningún problema.

3.4.2.4. Programación Lineal Entera

En muchos modelos, algunas o todas las variables de decisión deben ser enteras. Estos modelos son conocidos como modelos de programación lineal entera (PLE).

A primera vista podría parecer más fácil resolver problemas con restricción de enteros, ya que transforman un problema continuo en un problema discreto. Sin embargo, los algoritmos que permiten resolver los problemas PLE son más complejos y requieren mucho más tiempo computacional.

Estos modelos se pueden clasificar en:

Tabla 3.1 Clasificación Modelo PLE

Modelo	Tipo de Variable de decisión
Completamente Entero	Todas son enteras
Mixto	Algunas, pero no todas son enteras.
Binaria	Todas son binarias (0 o 1)

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3. Reglas de Decisión

La regla de decisión lineal (LDR, por sus siglas en inglés), desarrollada por Holt, Modigliani, Muth y Simon (1995), es un importante aporte al desarrollo de modelos matemáticos para planificación agregada [Boiteux07]. Este modelo especifica una tasa óptima de producción y un nivel de mano de obra durante un período específico. Minimiza los costos totales de nómina, contratación, despidos, horas extras e inventarios, mediante series de curvas cuadráticas de costos (parábolas simétricas).

Como las funciones cuadráticas son diferenciables, la solución se obtiene igualando a cero la primera derivada de la función de costo.

“Estas reglas de decisión lineal son ecuaciones que están compuestas de una serie de términos con los pronósticos de demanda para un número de períodos futuros, acompañado cada uno por coeficientes constantes, y cada regla tiene en cuenta los niveles actuales de fuerza de trabajo y de stock” [Boiteux07].

Con el tiempo, al modelo de regla de decisión lineal, se le agregaron nuevas variantes, tales como, el Modelo de los coeficientes de la dirección (1963) desarrollado por Bowman; la hecha por Sypkens (1967) quien incorporó la capacidad de la planta como una variable de decisión además de la fuerza de trabajo y el índice de la producción.

En tanto Taubert (1968) propone la construcción del modelo de costos y beneficios lo más real posible, expresándolo como una subrutina de computadora que sea capaz de calcular el costo asociado, con cualquier conjunto dado de valores de las variables de decisión.

En 1970 Chang y Jones, generalizaron el método LDR, para aplicarlo tanto a la programación agregada como detallada, en una situación de múltiples productos y ampliaron el marco conceptual para manejar situaciones en que el inicio y fin de la producción no puede verificarse en el mismo período.

3.4.4. Técnicas de Simulación

La simulación es un enfoque alternativo para modelar un sistema complejo. Los cálculos de simulación, aunque son generalmente simples, son excesivos. Por lo que es impensable ejecutar un modelo de simulación sin utilizar la computadora.

“Se trata de elaborar un modelo representativo del sistema estudiado, con el cual se simula el resultado que en éste se obtendría al tomar determinados valores las variables que lo integran; por medio de sucesivas pruebas se intentan llegar a una solución satisfactoria” [Domínguez95].

Los modelos de simulación se utilizan comúnmente para analizar decisión bajo incertidumbre, es decir, un modelo en el cual el comportamiento de uno o más factores no se conoce con certeza; por ejemplo la demanda de un producto el mes siguiente, el rendimiento de una inversión, etc.

El modelo más conocido es el llamado Regla de Búsqueda, en el cual se toma como punto de partida un plan agregado caracterizado por una serie de valores de producción, horas extras, subcontratación, etc., calculando los costos totales correspondientes. Luego, siguiendo

reglas programadas de búsqueda, se selecciona otra combinación y se deducen los costos; así el proceso continúa secuencialmente hasta que no se puedan conseguir mejoras significativas en los costos.

Otro modelo, también de gran importancia, es la simulación Monte Carlo, llamada así en alusión a la capital europea de los juegos de azar, por los números aleatorios que se usan para generar los acontecimientos de simulación. Este método se utiliza para resolver problemas que dependen de la probabilidad, en los que la experimentación física es impracticable o sumamente costosa.

Para preparar la simulación de un sistema complejo, es necesario tener un modelo de simulación detallado para formular y describir el funcionamiento del sistema y cómo debe simularse, lo cual consta de varios pasos de construcción básico [Hillier&O'Sullivan01]:

1. Definir el estado del sistema, por ejemplo, el número de clientes en un sistema de colas.
2. Identificar los estados posibles del sistema que puedan ocurrir.
3. Identificar los posibles eventos que cambian el estado del sistema, por ejemplo, las llegadas y terminaciones en un sistema de colas.
4. Definir un reloj de simulación, localizado en alguna dirección del programa de simulación, que registrará el paso del tiempo simulado.
5. Un método para generar eventos de manera aleatoria de los distintos tipos.
6. Una fórmula para identificar las transacciones de los estados que generan los diferentes tipos de eventos.

En simulación se trabaja con diversas herramientas computacionales como son:

- Promodel: www.promodel.com
- Arena: www.arenasimulation.com
- Simulink & Matlab: www.mathworks.com

3.4.5. Comparación entre Métodos

Para la elección del modelo que se desarrollará en este trabajo, a continuación, se presenta una comparación entre las dos técnicas que reúnen características acordes a la problemática que se ha presentado, estas son la Analítica y Simulación.

Tabla 3.2 Comparación de los modelos de programación de la producción

	Técnicas Analíticas		Simulación
	Programación Matemática	Heurística	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Permite encontrar la solución óptima. • Se plantean restricciones que ayudan a delimitar el problema. • Existe diversidad de <i>software</i> para resolver los modelos. • Los datos deben ser determinísticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden obtener resultados en corto tiempo. • La resolución del modelo no implica necesariamente cálculos matemáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los componentes no se relacionan matemáticamente. • El objetivo no es optimizar, si no simular. • Existen diversidad de <i>software</i> para resolver el modelo. • Los datos son aleatorios.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • El modelo puede ser muy complejo y tardar mucho tiempo en encontrar la solución, debido al número de variables. 	<ul style="list-style-type: none"> • La solución sólo es satisfactoria. • Al tener un enfoque intuitivo se necesita un profesional con experiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suele ser una técnica costosa. • Puede ser lenta en el proceso de encontrar soluciones.

Fuente: [Leiva&González09]

Luego de analizadas las dos técnicas presentadas anteriormente, y dado los antecedentes obtenidos, se ha decidido construir un modelo para programar la producción de la empresa basado en la programación matemática, específicamente de programación lineal.

Uno de los principales argumentos que sustentan la elección, es el tipo de datos que se utilizan en cada una de las técnicas, puesto que en la simulación se usan datos aleatorios y en este caso los datos son conocidos, por tanto, se adecua más a la técnica analítica.

Capítulo IV: Metodología

La revisión bibliográfica de los diferentes modelos y trabajos realizados por varios autores, permitió establecer las similitudes y diferencias que poseían algunos con la situación en particular, por lo cual, se consideraron para desarrollar el problema definido modelos de programación agregada: Modelos Analíticos (Matemáticos y Heurísticos), Reglas de Decisión y Simulación, siendo elegida la Programación lineal, en el marco de un modelo matemático para modelar la solución de este problema en particular.

Para describir la metodología propuesta, se tomó como base bibliográfica el texto “Investigación de Operaciones” de los autores Hillier y O’Sullivan, los cuales plantean una serie de pasos para construir un modelo:

1. Definición del problema y recolección de datos.
2. Formulación de un modelo que represente el problema.
3. Solución del modelo.
4. Prueba del modelo o Validación
5. Preparación para la aplicación del modelo.
6. Implementación y control

En este capítulo se explicará detalladamente la metodología del modelo de programación de la producción, mediante los primeros cuatro pasos. El paso cinco se reflejará en el capítulo donde se exponen los resultados, y el paso seis le corresponde a la empresa en cuestión, por tanto, no será abordado en esta memoria.

4.1 Definición del Problema y Recolección de Datos.

Para efectos del desarrollo del problema los diferentes tipos de mermeladas⁹ se clasificaron en los siguientes grupos según sus características; Eckart, En Línea, Sachet, Frasco, Junaeb, Light, Pastelera, Pastelera 5 kg, Pastelera Alcayota, Premium y Puratos. Cada una con sus respectivos sabores.

⁹ Definidas en la sección 1.4 Tipos de Mermeladas

Para identificar la importancia a nivel de ventas y proceder a realizar el pronóstico de las mismas se analizaron mediante un Diagrama de Pareto, como muestra la figura 4.1.

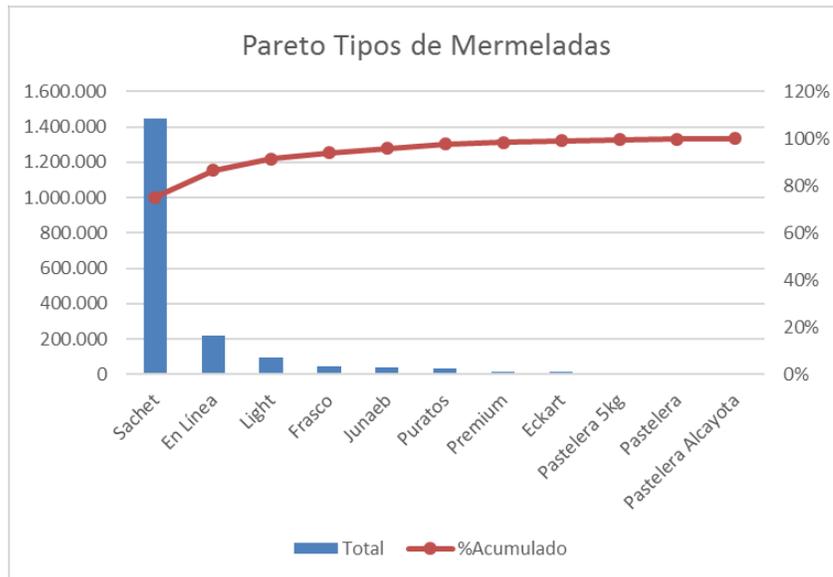


Figura 4.1 Pareto Tipos de Mermeladas

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.1 Detalle Diagrama Pareto

Tipo	Total (Kg)	%Acumulado
Sachet	1.444.903	75%
En Línea	218.111	86%
Light	95.999	91%
Frasco	47.401	94%
Junaeb	37.241	96%
Puratos	34.076	98%
Premium	14.351	98%
Eckart	13.872	99%
Pastelera 5kg	9.227	100%
Pastelera	5.364	100%
Pastelera Alcayota	2.241	100%

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que para la formulación del modelo se decidió trabajar con los productos Sachet, En Línea y Light, cada una con sus respectivos sabores¹⁰.

Para definir el horizonte temporal en el cual se basa el modelo de optimización lineal, se eligió un período que contuviera toda la información referente a la demanda y producción. Con respecto a los periodos se tomó en consideración cuatro, de un mes cada uno, ya que se busca soluciones a corto plazo, por lo que con el modelo se busca identificar cuanto realmente producir, no teniendo así excesos de inventario.

1. El primer paso fue estudiar la demanda histórica de la empresa para los últimos cuatro años de funcionamiento para los productos que llevan más tiempo en el mercado, es decir, los sachet y los productos light; en tanto Puratos y En Línea son productos que sus ventas se encuentran registradas desde el año 2014.

Analizando el comportamiento de las ventas durante un período de tiempo que comprende datos históricos desde enero 2012 a mayo 2016, se identificaron elementos estacionales y variaciones inesperadas, por lo que la proyección para el período entre junio 2016 y mayo 2017 se realizó en base a los crecimientos orgánicos de cada año o cada mes. Debido a la comparación entre los crecimientos, la variación mensual es la que mejor se adecua a los antecedentes históricos con los que se cuenta.

¹⁰ Mora, Damasco, Durazno y Frutilla.

Finalmente, la demanda está dada según la tabla 4.2, para los productos seleccionados.

Tabla 4.2 Pronóstico de Ventas

Tipo	Mes	Durazno	Damasco	Frutilla	Mora
SACHET	jun-16	66.438	38.201	46.206	40.020
	jul-16	63.449	40.794	54.835	42.311
	ago-16	68.731	39.165	49.389	39.309
	sep-16	52.873	38.228	46.786	33.008
	oct-16	68.643	47.986	57.305	44.412
	nov-16	60.722	25.866	45.736	32.602
	dic-16	60.271	39.703	49.436	36.611
	ene-17	53.356	33.636	41.000	26.608
	feb-17	39.500	31.860	36.958	16.628
	mar-17	49.418	31.841	40.475	22.337
	abr-17	51.626	31.292	43.869	31.736
	may-17	57.988	37.705	44.884	35.238
EN LINEA	jun-16	4.595	4.285	6.334	4.757
	jul-16	5.429	5.563	8.244	6.427
	ago-16	5.704	4.691	9.997	6.135
	sep-16	4.990	4.492	7.161	5.293
	oct-16	5.733	6.054	9.061	5.122
	nov-16	4.364	5.006	7.688	5.949
	dic-16	6.088	6.280	9.048	6.222
	ene-17	5.006	4.655	6.569	2.837
	feb-17	4.802	5.155	7.737	4.742
	mar-17	6.101	6.049	8.416	5.009
	abr-17	5.855	5.122	8.408	6.622
	may-17	5.339	5.062	8.642	5.792
LIGHT	jun-16	9.672	7.020	7.425	7.228
	jul-16	7.326	6.722	6.587	6.095
	ago-16	6.978	5.627	6.068	8.483
	sep-16	9.352	7.848	4.889	10.439
	oct-16	9.721	7.074	11.481	10.700
	nov-16	8.034	6.415	6.663	11.436
	dic-16	7.084	6.429	6.734	12.359
	ene-17	8.312	6.013	5.960	8.125
	feb-17	7.231	5.949	6.152	8.453
	mar-17	8.239	7.325	7.237	11.652
	abr-17	9.713	9.195	8.458	10.975
	may-17	6.937	5.504	4.420	7.895

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Formulación de un Modelo Matemático que Represente el Problema.

Una vez definido el problema, la siguiente etapa consiste en reformularlo de manera conveniente para su análisis. Esta forma convencionalmente es construir un modelo matemático que lo represente de manera esencial.

“El modelo matemático de un problema industrial es el sistema de ecuaciones y expresiones y expresiones matemáticas relacionadas que describen la esencia problema.”

[Hillier y O’Sullivan01]

Parámetros

$i = 1, \dots, m$ Número de Productos.

$m = 12$

$j = 1, \dots, n$ Número de Recursos.

$n = 5$

$k = 1, \dots, K$ Tipo de Reproceso.

$K = 4$

$t = 1, \dots, T$ Número de Períodos, expresados en meses.

$T = 4$

c_{it} = Costo de fabricación por kilogramo de producto i en el período t .

q_{it} = Costo de almacenamiento por kilogramo de producto i en el período t .

s_{kt} = Costo de reproceso k utilizado por kilogramo en el período t .

a_{jt} = Cantidad de Recurso j requerido por unidad de producto i .

v_{jt} = Cantidad total de recurso j disponible en el período t .

p_{ikt}

= Cantidad de mermelada reprocesada k para el producto i en el período t (kilogramos).

r_{kt} = Cantidad de mermelada reprocesada k , disponible en el período t .

d_{it} = Demanda del producto i en el período t , expresada en kilogramos.

u_t = Capacidad de producción en el período t , expresada en kilogramos.

z_t = Capacidad de inventario en el período t , expresada en kilogramos.

4.2.1 Identificación de Variables

- y_{it} : Cantidad de inventario de producto i en el período t , expresado en kilogramos.
- x_{it} : Cantidad de producto i producido en el período t , expresado en kilogramos.

4.2.2 Identificación de Restricciones

Las restricciones representan las limitaciones que debe imponerse a las decisiones consideradas. A continuación, se explican cada una de ellas.

4.2.2.1. Capacidad de Producción: La capacidad total de línea de mermeladas corresponde a su suma de sus concentradores, lo que equivale a 360.000 kilogramos, por lo tanto, no se puede producir más de esa cantidad considerando todos los productos.

$$\sum_{i=1}^m x_{it} \leq 360.000 \quad \forall_t$$

4.2.2.2. Capacidad de Inventario: La capacidad total de la bodega de productos terminados mensualmente es de 212.400 kilogramos, esto considerando el almacenamiento de los 12 productos.

$$\sum_{i=1}^m y_{it} \leq 212.400 \quad \forall_t$$

4.2.2.3. Demanda: La función de esta restricción es satisfacer la demanda de un período dado (un mes), cumpliendo con la condición de lo que se produce más lo que se tiene en inventario, menos el inventario del próximo período sea igual a la demanda en cada período.

$$y_{it} + x_{ij} - y_{i,(T+1)} = d_{ij} \quad \forall_{i,t}$$

4.2.2.4. Pulpa Utilizada: Cantidad de Pulpa j , para producir i producto en el período t , menos la cantidad de reproceso utilizado k por período t , debe ser menor o igual a la cantidad de pulpa disponible para un determinado período

$$\sum_{i=1}^m a_{jt} x_{it} - \sum_{i=1}^m p_{ikt} \leq v_{jt} \quad \forall_{j,k,t}$$

4.2.2.5. Inventario Inicial y Final: El límite de inventario tanto inicial y final para todos los períodos será considerado el valor del *stock* de seguridad.

$$y_{i1} \leq 30.000 \text{ kg} \quad \forall_i$$

$$y_{i,(T+1)} \leq 30.000 \text{ kg} \quad \forall_i$$

4.2.2.6. Reproceso: La cantidad de mermelada reprocesada que se puede utilizar sin alterar la composición del producto final, es de 40 kilogramos; lo que se traduce a 0,0533 kilogramos por unidad de productos, es decir, para producir un kilogramo de mermelada.

$$p_{ikj} \leq 0,0533 \text{ kg} \quad \forall_{i,k,t}.$$

4.2.2.7. Reproceso Utilizado: Suma de la mermelada reprocesada utilizada para la producción de los productos en cada uno de los períodos

$$\sum_{i=1}^m p_{ikt} \leq r_{kt} \quad \forall_{k,t}$$

4.2.3 Definición de la Función Objetivo

Es una ecuación lineal que incluye las variables de decisión que identifican el objetivo en el esfuerzo de solución de un problema. La función objetivo puede ya sea maximizarse o minimizarse.

En el caso de este trabajo, la función objetivo busca minimizar los costos de producción, inventario y reproceso, produciendo una cantidad de cada producto en un determinado período de tiempo de forma de satisfacer la demanda modelado por restricciones de capacidad, demanda e inventario, minimizando los costos de producción e inventario.

$$\text{Min } C = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T (c_{it} * x_{it} + q_{it} * y_{it}) + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T p_{ikt} * s_{kt}$$

A continuación, se muestran las tablas de datos del modelo y se detalla paso a paso la forma en la cual se construyeron.

Tabla 4.3 Descripción de Productos *i*.

N°	Producto
1	Sachet Damasco
2	Sachet Durazno
3	Sachet Frutilla
4	Sachet Mora
5	En Línea Damasco
6	En Línea Durazno
7	En Línea Frutilla
8	En Línea Mora
9	Light Damasco
10	Light Durazno
11	Light Frutilla
12	Light Mora

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.4 Descripción Tipo de Recurso *j*.

N°	Tipo Recurso
1	Pulpa Manzana
2	Pulpa Damasco
3	Pulpa Durazno
4	Pulpa Frutilla
5	Pulpa Mora

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.5 Descripción Tipo Reproceso *k*.

N°	Tipo de Reproceso
1*	Pulpa Damasco
2*	Pulpa Durazno
3*	Pulpa Frutilla
4*	Pulpa Mora

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.6 Cantidad de Recurso Unitario requerido (kilogramos) a_{ijt}

Producto	Recurso	Periodos			
		1	2	3	4
1	1	0,373	0,373	0,373	0,373
	2	0,093	0,093	0,093	0,093
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	1*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533
2	1	0,373	0,373	0,373	0,373
	2	0	0	0	0
	3	0,093	0,093	0,093	0,093
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	2*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4.6 resume la cantidad de recurso j por unidad de producto i (kilogramo) en el período t . La cantidad, en este caso, está representada bajo un coeficiente de producción, para identificar cuánto recurso es requerido para un kilogramo de mermelada. En el Anexo N°7, se puede apreciar la tabla para los demás productos. Si bien es cierto en la elaboración de mermelada se consideran otros recursos, estos son despreciables para la utilidad del modelo, al considerarse “micro ingredientes¹¹”.

Tabla 4.7 Cantidad de recurso disponible (kilogramos) v_{jt}

Recurso	Períodos t			
	1	2	3	4
1	1.253.120	1.159.840	673.600	86.400
2	472.560	272.360	15.840	17.600
3	428.560	347.600	278.080	2.640
4	216.480	77.880	54.120	175.560
5	271.040	165.440	30.000	71.280

Fuente: Elaboración Propia

¹¹ Micro ingrediente, refiérase a recursos que para la elaboración un kilogramo de mermelada, se necesita aproximadamente menos de cinco gramos.

La tabla 4.7 resume la cantidad de recurso j disponible en el período t , es decir, la cantidad disponible para un mes. La tabla se construyó con los antecedentes entregados por la empresa.

Tabla 4.8 Cantidad de mermelada reprocesada disponible (kilogramos) r_{kt}

Reproceso	Períodos t			
	1	2	3	4
1*	1.251	2.471	3.217	2.391
2*	367	3.448	1.264	860
3*	624	2.397	3.008	2.636
4*	617	1.663	2.423	3.093

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4.8 resume la cantidad de mermelada reprocesada k disponible en el período t , expresada en kilogramos.

Tabla 4.9 Capacidad de Producción por período (kilogramo) u_t .

Capacidad Total de Producción	Períodos t			
	1	2	3	4
Kg de Mermelada mensuales	360.000	360.000	360.000	360.000

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 4.9 resume la capacidad total de producción en el período t , en donde se necesita el dato de la capacidad de producción en cada período.

Tabla 4.10 Capacidad total de Inventario por período z_t .

Capacidad Total de Inventario	Períodos t			
	1	2	3	4
Kg de Mermelada mensuales	212.400	212.400	212.400	212.400

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 4.10 resume la capacidad total de inventario en el período t . Se considera la capacidad de inventario en cada período considerando el almacenamiento de los 12 productos al mismo tiempo.

Tabla 4.11 Demanda, expresada en kilogramos d_{it} .

Productos	Períodos			
	1	2	3	4
1	53.356	39.500	49.418	51.626
2	33.636	31.860	31.841	31.292
3	41.700	36.958	40.475	43.869
4	26.608	16.628	22.337	31.736
5	5.006	4.802	6.101	5.855
6	4.655	5.155	6.049	5.122
7	6.569	7.737	8.416	8.408
8	2.837	4.742	5.009	6.622
9	8.312	7.231	8.239	9.713
10	6.013	5.949	7.325	9.195
11	5.960	6.152	7.237	8.458
12	8.125	8.453	11.652	10.975

Fuente: Elaboración Propia.

La demanda fue mencionada en la página 55 bajo el número de tabla 4.2, detallando la forma en la cual se obtuvo. Cabe mencionar, que la demanda usada en el modelo es para el período enero 2017-abril 2017.

Tabla 4.12 Costo Unitario (\$/Kilogramo) de producción c_{it}

Productos	Períodos t			
	1	2	3	4
1	288	243	413	289
2	269	274	466	326
3	340	334	568	397
4	324	314	534	374
5	595	551	937	656
6	512	556	945	662
7	923	839	1.426	998
8	1.055	960	1.632	1.142
9	346	339	576	403
10	342	332	564	395
11	391	342	581	407
12	462	422	717	502

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 4.12 resume el costo de producción en pesos chilenos por kilogramo de producto i , en el período t . Fue construida a partir de la información entregada por la empresa de los costos unitario de cada recurso.

Tabla 4.13 Costo Unitario (kilogramo) de Inventario q_{ij} .

Productos	Períodos t			
	1	2	3	4
1	499	472	505	771
2	509	292	511	750
3	523	425	523	764
4	522	288	528	564
5	235	1.035	936	880
6	298	1.030	1.001	878
7	346	1.100	999	919
8	334	1.148	1.127	944
9	283	632	981	1.330
10	250	633	1.016	1.399
11	183	657	1.131	1.605
12	328	717	1.106	1.495

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4.13 representa el costo de almacenamiento expresado en pesos chilenos, por kilogramo de producto i en el período t . Para efectos de la memoria se consideran los costos de la bodega de productos terminados.

Tabla 4.14 Costo Unitario de reproceso (\$/Kilogramo) s_{kt} .

k	Períodos t			
	1	2	3	4
1	426	426	426	426
2	426	426	426	426
3	426	426	426	426
4	426	426	426	426

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 4.14 resume los costos asociados a la mermelada reprocesada k , utilizada en el periodo t . Estos costos se adicionan al de producción, es decir, que de ser utilizado este costo se suma al de producción.

Los costos de reproceso son fijos porque sólo se consideran los costos asociados al “reproceso” no a su etapa de producción.

4.3 Verificación de los Resultados

A continuación, se presentan las salidas del modelo el cual se muestra por completo en el Anexo N°8.

Tabla 4.15 Valores finales del modelo para demanda pronosticada.

Función Objetivo	
Costo de Producción	\$ 297.049.055
Costo de Inventario	\$ 70.713.910
Costo de Reproceso	\$ 9.879.462
Costo Total	\$ 377.642.427

Fuente:Elaboración Propia

Tabla 4.16 Resultados de la Variable Producción (Kilogramos)

Productos	Períodos			
	1	2	3	4
1	23.462	39.500	56.212	44.831
2	6.880	31.860	31.841	31.292
3	11.700	36.965	40.475	43.869
4	11.563	27.845	22.337	341.736
5	0	4.802	6.101	5.855
6	0	5.155	6.049	5.122
7	0	7.737	8.416	8.408
8	0	4.742	5.009	6.622
9	0	7.231	8.239	9.713
10	0	5.949	7.325	9.195
11	0	6.152	7.237	8.458
12	0	8.453	11.652	10.975
Total	53.605	175.166	210.892	216.076

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4.16 presenta la opción obtenida a través del modelo desarrollado, con respecto a la cantidad de mermelada que se debe producir en cada período, permitiendo cumplir con la demanda pronostica de los productos.

Tabla 4.17 Resultados de la variable Inventario (Kilogramos)

Productos	Períodos			
	1	2	3	4
1	29.894	0	0	6.795
2	26.756	0	0	0
3	29.473	0	0	0
4	18.108	0	0	0
5	5.006	0	0	0
6	4.655	0	0	0
7	6.569	0	0	0
8	2.837	0	0	0
9	8.312	0	0	0
10	6.013	0	0	0
11	5.960	0	0	0
12	8.125	0	0	0
Total	149.174	0	0	6.795

Fuente: Elaboración Propia

En tanto, en la tabla 4.17 se muestra la cantidad de producto (mermelada) que se debe almacenar en la bodega de productos terminados según sea el producto. Para el caso de esta variable, la restricción de capacidad indica un máximo de 212.400 kilogramos, almacenando todos los productos en un período correspondiente.

Tabla 4.18 Pulpa Utilizada (Kilogramos).

Reproceso	Períodos			
	1	2	3	4
1	19.995	69.757	79.190	81.444
2	1.815	4.121	7.418	6.422
3	16	3.127	2.457	3.039
4	471	5498	5.830	5.755
5	1.075	3.788	4.699	6.005

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 4.18 permite observar la cantidad de pulpa j utilizada por período t , indicando la utilización real de este recurso en base a la producción que el modelo programó. Lo que conlleva a corroborar que la empresa tiene almacenada más cantidad de pulpa de la que necesita.

Dentro de las restricciones que tiene el modelo, se encuentra el reproceso, donde se busca la utilización de la mermelada reprocesada que en la actualidad la empresa no está aprovechando por diferentes razones anteriormente mencionadas. Por motivos de elaboración de los productos estas no pueden tener en su composición más de 0,0533 kilogramos de material procesado, condición que cumplió el modelo. La utilización del material reprocesado se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.19 Cantidad de Mermelada Rerocesada Utilizada (Kilogramos).

Reproceso	Períodos			
	1	2	3	4
1	1.251	2.107	2.998	2.391
2	367	1.699	449	448
3	624	1.971	2.159	2.340
4	617	887	1.191	1.693

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 4.19 se muestra la cantidad de mermelada reprocesada que fue utilizada para elaborar los diferentes tipos de productos en los cuatro períodos. Al realizar una comparación con la tabla 4.8 podemos observar que la utilización de este recurso es de un 76% promedio. Es así como en el primer período se utiliza todo lo disponible dejando en cero el inventario de mermelada reprocesada.

Capítulo V: Análisis

5.1 Resultados Obtenidos

Con el objetivo de realizar un análisis del modelo y comparar la situación actual de la empresa con los datos entregados por éste, es que se utilizaron los datos del períodos enero 2016- abril 2016 como base. A continuación, se muestran los valores entregados por el modelo:

Tabla 5.1 Valores Finales del modelo para la situación actual

Función Objetivo	
Costo de Producción	\$ 324.230.189
Costo de Inventario	\$ 94.386.393
Costo de Reproceso	\$ 10.929.855
Costo Total	\$ 429.546.436

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores indicados en la tabla 5.1 representan el costo total de producción de los 12 tipos de mermelada para los cuatro períodos programados (enero 16-abril 16), el cual se divide en tres ítemes, costo de producción, costo de inventario y los costos del material reprocesado utilizado.

A continuación, se presenta una comparación de escenarios verificando el ahorro y por tanto disminución de los costos que entrega la utilización del modelo desarrollado.

Tabla 5.2 Comparación de escenarios

Costos	Escenario Actual	Escenario modelo	Ahorro	%
Costo de Producción	\$ 597.976.099	\$ 324.230.189	\$ 273.745.910	46%
Costo de Inventario	\$ 261.551.918	\$ 94.386.393	\$ 167.165.525	64%
Costo de Reproceso	\$31.822.480	\$ 10.929.855	\$ 20.892.625	66%
Costo Total	\$ 891.350.497	\$ 429.546.436	\$ 461.804.061	52%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5.2 se puede apreciar que los costos de producción totales disminuyeron un 52% al optimizar la programación de la producción con el modelo propuesto. Si se analiza el costo de producción propiamente tal, estos disminuyeron en un 46%, siendo este un concepto de gran envergadura, puesto que con el modelo propuesto se logra concretar la demanda, en tanto que en la actualidad los costos son ascienden a \$597.976.099 sin cumplir con la demanda actual de la empresa; es por esto que Eckart cuenta con muchos pedidos incompletos como se presentó en la situación actual de la empresa.

Es por ello que con el modelo se pretende cumplir con el stock de productos, permitiendo así cumplir con los compromisos contraídos con sus clientes en el tiempo y cantidad acordados. En tanto el costo de inventario en el escenario actual representan un 66% de ahorro en comparación con la situación actual en que se encuentra la empresa.

Con respecto al reproceso, como se mencionó anteriormente la utilización de este recurso es importante por dos razones:

1. La norma FSSC 22.000 les indica declarar todos sus procedimientos para la elaboración de sus productos, con el fin de otorgar seguridad a sus clientes, es por esto que con el modelo la empresa está en condiciones de identificar entre sus componentes este recurso y la cantidad que se utiliza para lo mismo.
2. La mermelada reprocesada hoy en día no tiene un lugar específico donde ser almacenada, por lo que los costos ascienden a 31.822.480 pesos en el período enero 2016-abril 2016, en tanto el modelo nos permite la utilización de este con un costo de 10.929.855 pesos, es decir, al utilizar las mermas se permite aprovechar este recursos en un 66%, ya que estos costos de almacenamiento se convierten en utilidades para la empresa.

Si bien es cierto la empresa cuenta con los recursos (pulpa) suficientes para dar cumplimiento a la demanda de sus productos, el modelo indica la utilización real de los mismos, como lo indica la tabla 5.3, en donde por ejemplo para el período uno, la mermelada de frutilla prácticamente no se utilizó. Es por esto que este dato recobra gran importancia, dado que les permitirá optimizar sus recursos y el espacio físico que disponen para ello, disminuyendo sus costos de inventario de materia prima.

Tabla 5.3 Tasa de utilización de Pulpas.

Recurso	Períodos			
	1	2	3	4
1	2,9%	6,1%	13,7%	98,4%
2	1,1%	1,9%	53,3%	44,8%
3	0,8%	1,3%	3,7%	123,2%
4	0,4%	5,6%	7,7%	2,2%
5	0,6%	3,8%	26,9%	14,2%

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo VI: Conclusiones

Eckart Alimentos SpA. ha presentado diversos problemas con respecto a la programación de la producción, debido a esto, se ha generado una serie de pedidos incompletos o atrasados los que equivalen a \$ 438.705.305, además de los costos asociados al tratamiento de las mermas sin poder utilizarlas, incurriendo anualmente en \$ 95.467.440.

Dada la cantidad de períodos que se programarían fue necesario estimar la demanda futura, para ello se utilizaron las variaciones porcentuales reales de las ventas desarrollando una regresión lineal con ello, concretando uno de los objetivos específicos.

Luego, se diseñó el modelo de programación lineal a través de What's Best de LINDO, el cual consideró un horizonte de evaluación de cuatro períodos de un mes cada uno, en caso de aumentar los períodos será necesario buscar otra herramienta que permita la solución dado los límites de este programa.

Se puede concluir que se cumplió el objetivo general de la presente trabajo de título, es decir, desarrollar un modelo que permita la programación de la producción de mermeladas de Eckart Alimentos Spa, pues hoy en día la empresa puede contar con un modelo que le permitiría cumplir con sus compromisos de demanda utilizando sus recursos de manera óptima.

Los resultados arrojados por el modelo indicaron una disminución del 52% de los costos totales de producción, en tanto en su desglose permite identificar la disminución de un 46% de los costos de producción propiamente tal y un 64% de sus costos de inventario.

Dado el cumplimiento de la demanda estimada, permite cumplir con la totalidad de sus pedidos, por lo que consecuentemente, se proyectaría una mejor imagen de la empresa ante sus clientes.

6.1 Propuestas

- Realizar un pronóstico de la demanda que se adecue a las condiciones propias de la empresa, de esta forma se estará mejor preparado ante los pedidos solicitados por sus clientes.

- Contar con un mayor control de la ejecución de las tareas referente al tratamiento de las mermas, logrando una comunicación fluida entre departamentos permitiendo utilizar la mermelada reprocesada en el momento oportuno, sin tener que incurrir en gastos de inventario.
- En caso de aumentar la demanda será necesaria la adquisición de un concentrador y/o aumentar a tres turnos para aumentar la capacidad de su producción. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta los límites de capacidad con los que cuenta la empresa antes de adquirir compromisos con nuevos clientes.

Bibliografía

- Acevedo, G y Gutiérrez, C (2015) **Propuesta de Planificación Mensual de la Producción para la línea de Dulce de Membrillo en la Empresa Eckart Alimentos Ltda.** Trabajo de título para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y Título de Ingeniero Civil Industrial. Universidad de Valparaíso. Valparaíso.
- [Boiteux07] Boiteux, O. (2007) **Estado del arte sobre la planificación agregada de la producción.** Instituto de organización y control de sistemas industriales. Universidad de Cataluña. Barcelona.
- [Chase09] Chase, B.; Jacobs, R. y Aquilano, N. (2009). **Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros.** México: McGraw-Hill.
- [Domínguez95] Domínguez, J.; García, S.; Domínguez, M. Ruiz, A y Álvarez, M. (1995) **Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios.** España: McGraw-Hill.
- [Heizer&Render09] Heizer, J y Render, B. (2009) **Dirección de la producción y de operaciones. Direcciones estratégicas.** (8ª ed.) México: Pearson Educación
- [Hillier&O'Sullivan01] Hillier, F y Lieberman, G. (2001) **Investigación de Operaciones** (7ª ed.) México: McGraw-Hill.
- [Henaine-Abed96] Henaine-Abed, M. (1996) **Planeación y control de la Producción.** México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Hernández, J y Vizón, A. (2013) **Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación.** Fundación EOI. Madrid.
- [Herramientas de calidad09] **Herramientas para la Mejora de la Calidad.** Uruguay.
- [Krajewski08] Krajewski, L; Ritzman, L y Malhotra, M. (2008) **Administración de Operaciones.** (8va ed.) México: Pearson Educación.
- [Leiva&González09] Leiva, E y González, H (2009) **Programación de la Producción en el Proceso de Extrusión en Snaploc Chile S.A.** Tesis para optar al título de

Ingeniero Civil Industrial y Grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería.
Universidad de Valparaíso. Valparaíso.

- [Ortiz&Varas&Vera04] Ortiz Z., Carmen & Varas G., Samuel & Vera A., Jorge. (2004) **Optimización y modelos para la gestión**. Chile: Editorial Lom Ediciones.
- [Taha98] Taha, H (1998) **Investigación de Operaciones, una introducción**. (6ta ed.) México: Prentice Hall.

Anexos

Anexo 1: Mermeladas endulzadas sólo con azúcar

PRODUCTO	Mermeladas con pulpa tamizada (fruta caracterizante) / entera (sólo sabor mora) y azúcar
DESCRIPCION	<p>Mermelada de frutas, es el producto de consistencia semisólida o parcialmente gelificada, obtenido por cocción y concentración de pulpa de fruta molida o triturada y eventualmente trozos de fruta o fruta entera, con adición de azúcar y otros componentes permitidos por la Autoridad Competente (Norma Chilena NCh. 456 of 2004).</p> <p>Este producto se elabora principalmente en base a pulpa de manzana tamizada, pulpa de fruta tamizada, caracterizante, exceptuando el sabor a mora, cuya pulpa es entera y no se tamiza. Se caracteriza por ser endulzada sólo con azúcar.</p> <p>El producto se elabora a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pulpa tamizada de manzana • Pulpa tamizada de fruta • Pulpa entera (sólo para el sabor de mora) • Agua (en algunos casos, la mermelada Pastelera no se le adiciona, según formulación) • Azúcar: saborizante • Benzoato de sodio: preservante • Sorbato de potasio: preservante • Ácido cítrico: estabilizante • Ácido tartárico: estabilizante • Colorantes: proporciona color característico de la fruta. Mermelada Junaeb no lleva colorante. • Saborizantes: proporciona sabor característico de la fruta <p>Sabores a damasco, durazno, ciruela, frutilla, mora</p>
VARIEDADES	<p>Tradicionales: Acuenta, Máxima, Tía Lía, Merkat y Eckart</p> <p>Especiales: Junaeb, Osku, Pastelera y Puratos</p>

ESTRUCTURA FÍSICO QUÍMICA	<p>Producto de consistencia semisólida con pulpa de fruta triturada. Debe presentar integración de sus sólidos y líquidos constitutivos, y leve cristalización de azúcares.</p> <p>No debe presentar coloraciones anormales de ningún tipo y debe corresponder al color de la especie caracterizante en su grado de madurez industrial. Se permite opacidad, leve presencia de áreas descoloridas y/u oxidadas.</p> <p>Sabor y aroma característicos de la especie caracterizante, sin presentar sabores ni olores de ningún origen. Debe presentar una relación equilibrada de acidez dulzor que resulte de un sabor agradable a la especie caracterizante.</p> <p>El producto contiene una Aw de 0,9.</p> <p>Dependiendo del tipo de sabor debe presentar un pH que varía de 3,0 a 4,0, un contenido de sólidos solubles de 52 °Brix en caliente.</p>	
TRATAMIENTO MICROBIOSTÁTICO	Cocción a vacío y un alto grado de sólidos solubles.	
TIPO DE ENVASE	Mermeladas A Cuenta, Máxima, Tía Lía, Merkat, Eckart, Tía Lía, Tía Lía Light, Eckart Light, Junaeb: sachet 250 g.	<p>Envase primario: sachet bilaminado, con sello térmico.</p> <p>Envase secundario: caja de cartón corrugado</p>
	Mermelada Pastelera, galón	Galón plástico con tapa y sello de seguridad, en formato de 5 y 25 Kg. Envase secundario: cartón corrugado (sólo para 2 envases de 5Kg).
	Puratos, Osku	<p>Puratos:</p> <p>Envase primario: balde de 5 y 25 kg. (ver material del balde)</p> <p>Osku: Tambores 200 K</p>

USO PREVISTO	Forma de consumo	Producto para ser consumido en forma directa o bien para ser utilizado como materia prima en la industria alimentaria.
	Alérgenos	El producto contiene sulfitos y está elaborado en instalaciones donde se también procesan lácteos
	GMO	El producto NO contiene GMO
	Potenciales consumidores	Todo tipo de público, exceptuando grupos vulnerables.
	Grupos vulnerables	Diabéticos y personas sensibles a aditivos alimenticios como el colorante amarillo crepúsculo, tartrazina. Personas alérgicas a los sulfitos.
ALMACENAMIENTO	Temperatura ambiente	
VIDA ÚTIL	<u>Tradicionales</u>	
	• A Cuenta	18 meses
	• Máxima	18 meses
	• Tía Lía	18 meses
	• Merkat	18 meses
	• Eckart	18 meses
	<u>Especiales</u>	
• Junaeb	24 meses	
• Osku	12 meses	

	<ul style="list-style-type: none"> • Pastelera 	12 meses																							
	<ul style="list-style-type: none"> • Puratos 	12 meses																							
CONDICIONES DE TRANSPORTE	Camión cubierto, limpio, a temperatura ambiente.																								
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS	De acuerdo a las exigencias requeridas por el Reglamento Sanitario de los Alimentos (DS 977/96).																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parámetro</th> <th rowspan="2">Categoría</th> <th rowspan="2">Clases</th> <th colspan="2">Plan de muestreo</th> <th rowspan="2">Límite gramo m</th> <th rowspan="2">por M</th> </tr> <tr> <th>n</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mohos</td> <td>y</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>102</td> </tr> <tr> <td>Levaduras</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>103</td> </tr> </tbody> </table>		Parámetro	Categoría	Clases	Plan de muestreo		Límite gramo m	por M	n	c	Mohos	y	3	3	5	1	102	Levaduras						103
Parámetro	Categoría	Clases				Plan de muestreo				Límite gramo m	por M														
			n	c																					
Mohos	y	3	3	5	1	102																			
Levaduras						103																			

Fuente: Plan HACCP Eckart Alimentos.

Anexo 2: Mermeladas endulzadas con azúcar y otros endulzantes

PRODUCTO	Mermeladas Light
DESCRIPCION	<p>Mermelada de frutas, es el producto de consistencia semisólida o parcialmente gelificada, obtenido por cocción y concentración de pulpa de fruta molida o triturada y eventualmente trozos de fruta o fruta entera, con adición de azúcar y otros componentes permitidos por la Autoridad Competente (Norma Chilena NCh 456 of 2004).</p> <p>Este producto se elabora principalmente en base a pulpa de manzana tamizada, fruta tamizada y entera, caracterizante. Las mermeladas Light son endulzadas con azúcar y edulcorantes artificiales.</p> <p>El producto se elabora a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pulpa tamizada de manzana • Pulpa tamizada de fruta • Pulpa entera de fruta (sólo mora) • Agua • Azúcar: saborizante • Benzoato de sodio: preservante • Sorbato de potasio: preservante • Sucralosa: edulcorante • Ácido cítrico: estabilizante • Ácido tartárico: estabilizante • Colorantes: proporciona color característico de la fruta. • Saborizantes: proporciona sabor característico de la fruta <p>Sabores a damasco, durazno, frutilla, ciruela y mora.</p>
VARIEDADES	Light Tía Lía.
	Light Osku.

ESTRUCTURA FÍSICO QUÍMICA	<p>Producto de consistencia semisólida con pulpa de fruta tamizada y entera. Debe presentar integración de sus sólidos y líquidos constitutivos, y leve cristalización de azúcares.</p> <p>No debe presentar coloraciones anormales de ningún tipo y debe corresponder al color de la especie caracterizante en su grado de madurez industrial. Se permite opacidad, leve presencia de áreas descoloridas y/u oxidadas.</p> <p>Sabor y aroma característicos de la especie caracterizante, sin presentar sabores ni olores de ningún origen. Debe presentar una relación equilibrada de acidez dulzor que resulte de un sabor agradable a la especie caracterizante.</p> <p>El producto contiene una Aw aproximado de 0,9.</p> <p>Dependiendo del tipo de sabor debe presentar un pH que varía de 3,0 a 4,0, un contenido de sólidos solubles en caliente de 32 °Brix.</p>	
TRATAMIENTO MICROBIOSTÁTICO	Cocción a vacío y un alto grado de sólidos solubles.	
TIPO DE ENVASE	Osku Light	Envase primario: bolsa de polipropileno Envase secundario: Tambor de 200 K
	Light Tía Lía	Envase primario: sachet bilaminado, con sello térmico. Envase secundario: caja de cartón corrugado
USO PREVISTO	Forma de consumo	Producto para ser consumido en forma directa o bien para ser utilizado como materia prima en la industria alimentaria.
	Alérgenos	El producto contiene sulfitos y está elaborado en instalaciones donde se también procesan lácteos.
	GMO	El producto NO contiene GMO
	Potenciales consumidores	Todo tipo de público, exceptuando grupos vulnerables.

	Grupos vulnerables	Diabéticos (contiene azúcar) y personas sensibles a aditivos alimenticios como el colorante amarillo crepúsculo, tartrazina. Personas alérgicas a los sulfitos.						
ALMACENAMIENTO	Temperatura ambiente							
VIDA ÚTIL	Osku Light	6 meses						
	Light Tía Lía	6 meses						
CONDICIONES DE TRANSPORTE	Camión cubierto, limpio, a temperatura ambiente.							
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS	De acuerdo a las exigencias requeridas por el Reglamento Sanitario de los Alimentos (DS 977/96).							
				Plan de muestreo			Límite	por
	Parámetro	Categoría	Clases	n	c	m	M	
Mohos Levaduras	y	3	3	5	1	102	103	

Fuente: Plan HACCP Eckart Alimentos.

Anexo 3: Mermeladas sin azúcar

PRODUCTO	Mermeladas sin azúcar
DESCRIPCION	<p>Mermelada de frutas es el producto de consistencia semisólida o parcialmente gelificada, obtenido por cocción y concentración de pulpa de fruta molida o triturada y eventualmente trozos de fruta o fruta entera, con adición de azúcar y otros componentes permitidos por la Autoridad Competente (Norma Chilena NCh 456 of 2004).</p> <p>Este producto se elabora principalmente en base a pulpa de manzana tamizada, fruta tamizada y entera, caracterizante. Las mermeladas en Línea no contienen azúcar. Son endulzadas artificialmente, contienen antioxidantes y prebióticos.</p> <p>El producto se elabora a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pulpa tamizada de manzana • Pulpa tamizada de fruta • Pulpa entera de fruta • Agua • Sorbitol: saborizante • Inulina: Prebiótico • Polidextrosa: Prebiótico • Benzoato de sodio: preservante • Sorbato de potasio: preservante • Stevia: edulcorante • Extracto de té verde: antioxidante • Sucralosa: edulcorante • Ácido cítrico: estabilizante • Ácido tartárico: estabilizante • Colorantes: proporciona color característico de la fruta. • Saborizantes: proporciona sabor característico de la fruta <p>Sabores a damasco, durazno, frambuesa, frutilla y mora.</p>

VARIEDADES	En Línea, sachet y frasco. Sabores: Durazno, Damasco, Frutilla, Mora y Frambuesa.	
	Osku sin azúcar, sabor Durazno.	
ESTRUCTURA FÍSICO QUÍMICA	<p>Producto de consistencia semisólida con pulpa de fruta tamizada y entera. Debe presentar integración de sus sólidos y líquidos constitutivos.</p> <p>No debe presentar coloraciones anormales de ningún tipo y debe corresponder al color de la especie caracterizante en su grado de madurez industrial. Se permite opacidad, leve presencia de áreas descoloridas y/u oxidadas.</p> <p>Sabor y aroma característicos de la especie caracterizante, sin presentar sabores ni olores de ningún origen. Debe presentar una relación equilibrada de acidez dulzor que resulte de un sabor agradable a la especie caracterizante.</p> <p>El producto contiene una Aw de 0,9</p> <p>Dependiendo del tipo de sabor debe presentar un pH que varía de 3,0 a 4,0, un contenido de sólidos solubles promedio en caliente de 32°Brix.</p>	
TRATAMIENTO MICROBIOSTÁTICO	Cocción al vacío.	
TIPO DE ENVASE	En Línea	Envase primario: sachet bilaminado de 200 g. Envase secundario: Caja de cartón corrugado.
	Osku sin azúcar	Envase primario: bolsa de polipropileno Envase secundario: Tambor de 200 K
USO PREVISTO	Forma de consumo	Producto para ser consumido en forma directa.
	Alérgenos	El producto está elaborado en instalaciones donde se también procesan lácteos.
	GMO	El producto NO contiene GMO
	Potenciales consumidores	Todo tipo de público, exceptuando grupos vulnerables.

	Grupos vulnerables	Personas sensibles a aditivos alimenticios como el colorante amarillo crepúsculo, tartrazina. Contiene sucralosa. No apto para consumo de niños menores de 2 años.						
ALMACENAMIENTO	Temperatura ambiente							
VIDA ÚTIL	En Línea	6 meses						
CONDICIONES DE TRANSPORTE	Camión cubierto, limpio, a temperatura ambiente.							
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS	De acuerdo a las exigencias requeridas por el Reglamento Sanitario de los Alimentos (DS 977/96).							
		Plan de muestreo					Límite	por
	Parámetro	Categoría	Clases	n	c	gramo	M	
Mohos Levaduras	y	3	3	5	1	102	103	

Fuente: Plan HACCP Eckart Alimentos.

Anexo 4: Mermeladas con azúcar

PRODUCTO	Mermeladas Pulpa Entera con azúcar
DESCRIPCION	<p>Mermelada de frutas es el producto de consistencia semisólida o parcialmente gelificada, obtenido por cocción y concentración de pulpa de fruta molida o triturada y eventualmente trozos de fruta o fruta entera, con adición de azúcar y otros componentes permitidos por la Autoridad Competente (Norma Chilena NCh 456 of 2004).</p> <p>Este producto se elabora principalmente en base a pulpa de manzana tamizada, pulpa de fruta entera, caracterizante. Las mermeladas Premium son endulzadas sólo con azúcar y contienen pulpa de fruta.</p> <p>El producto se elabora a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pulpa tamizada de manzana Pulpa entera de fruta Agua (algunas no llevan, según tipo de fruta) Azúcar: saborizante Benzoato de sodio: preservante Sorbato de potasio: preservante Ácido cítrico: estabilizante Ácido tartárico: estabilizante Colorantes: proporciona color característico de la fruta. Saborizantes: proporciona sabor característico de la fruta Agar (algunas no llevan: mermelada de naranja y alcayota) Antiespumante (sólo frutilla) <u>Sabores según variedad:</u> Pasteleras: guinda, frutilla, frambuesa, duraznos, damascos, frutos del bosque. Frascos de vidrio: naranja, alcayota, frutilla, damasco, durazno, mora y ciruela. Sachet: mora, frutilla, ciruela, damasco y durazno
VARIEDADES	<p>Pasteleras</p> <hr/> <p>Eckart Premium (Frascos de vidrio)</p> <hr/> <p>Eckart (sachet)</p>

ESTRUCTURA FÍSICO QUÍMICA	<p>Producto de consistencia semisólida con pulpa de fruta entera. Debe presentar integración de sus sólidos y líquidos constitutivos, y leve cristalización de azúcares.</p> <p>No debe presentar coloraciones anormales de ningún tipo y debe corresponder al color de la especie caracterizante en su grado de madurez industrial. Se permite opacidad, leve presencia de áreas descoloridas y/u oxidadas.</p> <p>Sabor y aroma característicos de la especie caracterizante, sin presentar sabores ni olores de ningún origen. Debe presentar una relación equilibrada de acidez dulzor que resulte de un sabor agradable a la especie caracterizante.</p> <p>El producto contiene una Aw aprox. de 0.9.</p> <p>Dependiendo del tipo de sabor debe presentar un pH que varía de 3,0 a 4,0, un contenido de sólidos solubles promedio en caliente de 60 °Brix.</p>	
TRATAMIENTO MICROBIOSTÁTICO	Cocción a vacío y un alto grado de sólidos solubles.	
TIPO DE ENVASE	Pasteleras	Envase primario: baldes de 5 y 25 Kg (ver material)
	Eckart: sachet	Envase primario: sachet bilaminado de 250 g. Envase secundario: Caja de cartón corrugado.
	Frasco <i>premium</i>	Envase primario: frasco de vidrio de 330 g. Envase secundario: Caja de cartón corrugado
USO PREVISTO	Forma de consumo	Producto para ser consumido en forma directa.
	Alérgenos	El producto contiene sulfitos y está elaborado en instalaciones donde se también procesan lácteos.
	GMO	El producto NO contiene GMO
	Potenciales consumidores	Todo tipo de público, exceptuando grupos vulnerables.

	Grupos vulnerables	Diabéticos y personas sensibles a aditivos alimenticios como el colorante amarillo crepúsculo, tartrazina. Personas alérgicas a los sulfitos.					
ALMACENAMIENTO	Temperatura ambiente						
VIDA ÚTIL	Pasteleras baldes: 1 año Frasco de vidrio: 3 años Eckart: sachet: 1 año						
CONDICIONES DE TRANSPORTE	Camión cubierto, limpio, a temperatura ambiente.						
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS	De acuerdo a las exigencias requeridas por el Reglamento Sanitario de los Alimentos (DS 977/96).						
		Plan de muestreo				Límite por	
	Parámetro	Categoría	Clases	n	c	gramo m	M
	Mohos Levaduras	y3	3	5	1	102	103

Fuente: Plan HACCP Eckart Alimentos.

Anexo 5: Mermelada con azúcares y otros endulzantes

PRODUCTO	Mermeladas Pulpa Entera Light
DESCRIPCION	<p>Mermelada de frutas es el producto de consistencia semisólida o parcialmente gelificada, obtenido por cocción y concentración de pulpa de fruta molida o triturada y eventualmente trozos de fruta o fruta entera, con adición de azúcar y otros componentes permitidos por la Autoridad Competente (Norma Chilena NCh 456 of 2004).</p> <p>Este producto se elabora principalmente en base a pulpa de manzana tamizada, pulpa de fruta entera, caracterizante. Las mermeladas Eckart <i>light</i> son endulzadas con azúcar, acesulfame y aspartame. Contienen pulpa de fruta.</p> <p>El producto se elabora a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pulpa tamizada de manzana • Pulpa entera de fruta • Agua (algunas no llevan, según tipo de fruta) • Azúcar: saborizante • Benzoato de sodio: preservante • Sorbato de potasio: preservante • Sucralosa: endulzante • Ácido cítrico: estabilizante • Ácido tartárico: estabilizante • Colorantes: proporciona color característico de la fruta. • Saborizantes: proporciona sabor característico de la fruta • Agar (algunas no llevan: mermelada de naranja y alcayota) <p>Sabores: damasco, durazno, frutilla, mora y ciruela.</p>

VARIEDADES	Eckart <i>Light</i> sachet	
ESTRUCTURA FÍSICO QUÍMICA	<p>Producto de consistencia semisólida con pulpa de fruta entera. Debe presentar integración de sus sólidos y líquidos constitutivos, y leve cristalización de azúcares.</p> <p>No debe presentar coloraciones anormales de ningún tipo y debe corresponder al color de la especie caracterizante en su grado de madurez industrial. Se permite opacidad, leve presencia de áreas descoloridas y/u oxidadas.</p> <p>Sabor y aroma característicos de la especie caracterizante, sin presentar sabores ni olores de ningún origen. Debe presentar una relación equilibrada de acidez dulzor que resulte de un sabor agradable a la especie caracterizante.</p> <p>El producto contiene una Aw aprox. de 0.9.</p> <p>Dependiendo del tipo de sabor debe presentar un pH que varía de 3,0 a 4,0, un contenido de sólidos solubles promedio en caliente de 64°Brix.</p>	
TRATAMIENTO MICROBIOSTÁTICO	Cocción a vacío y un alto grado de sólidos solubles.	
TIPO DE ENVASE	Eckart <i>light</i>	Envase primario: sachet bilaminado de 250 g. Envase secundario: Caja de cartón corrugado.
USO PREVISTO	Forma de consumo	Producto para ser consumido en forma directa.
	Alérgenos	El producto contiene sulfitos y está elaborado en instalaciones donde se también procesan lácteos.
	GMO	El producto NO contiene GMO
	Potenciales consumidores	Todo tipo de público, exceptuando grupos vulnerables.

	Grupos vulnerables	Diabéticos y personas sensibles a aditivos alimenticios como el colorante amarillo crepúsculo, tartrazina. Personas alérgicas a los sulfitos.						
ALMACENAMIENTO	Temperatura ambiente							
VIDA ÚTIL	Eckart light sachet: 6 meses							
CONDICIONES DE TRANSPORTE	Camión cubierto, limpio, a temperatura ambiente.							
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS	De acuerdo a las exigencias requeridas por el Reglamento Sanitario de los Alimentos (DS 977/96).							
		Plan de muestreo					Límite	por
	Parámetro	Categoría	Clases	n	c	gramo	M	
Mohos Levaduras	y	3	3	5	1	102	103	

Fuente: Plan HACCP Eckart Alimentos.

Anexo 6: Comparación niveles de *stock*.

ITEM	MARZO 2016		MAYO 2016	
	Cantidad Tambores	kg	Cantidad Tambores	kg
MANZANA 2015	1.256	276.320	552	121.440
MANZANA 2016	1.592	350.240	2.084	458.480
MEMBRILLO 2015	3.408	749.760	2.713	596.860
MEMBRILLO 2016	1.504	330.880	4.725	1.039.500
FRAMBUESA 2016	448	98.560	277	60.940
DAMASCO TAMIZADO 2016	668	146.960	-	-
DAMASCO TAMIZADO 2015	406	89.320	619	136.180
PRESERVADO DAMASCO	60	13.200	26	5.720
DURAZNO TAMIZADO 2016	974	214.280	790	173.800
PRESERVADO DURAZNO	54	11.880	7	1.540
DURAZNO CUBO	632	139.040	6	1.320
DURAZNO PICADO 2016 (COCEDOR)	80	17.600	-	-
DURAZNO TROZO (MARMITA)	56	12.320	127	27.940
FRUTILLA TAMIZADA 2016	492	108.240	177	38.940
FRUTILLA ENTERA 2016	123	27.060	399	87.780
MORA 2016	616	135.520	376	82.720
MORA SILVESTRE 2016	162	35.640	106	23.320
CIRUELA TAMIZADA 2016	204	44.880	302	66.440
PIÑA PEQUEÑA	8	1.760	5	1.100
PIÑA GRANDE	2	440	-	-
PIÑA TAMIZADA	2	440	-	-
GUINDA	27	5.940	27	5.940
DURAZNO CONGELADO	52	11.440	48	10.560
DAMASCO CONGELADO	36	7.920	40	8.800

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Cantidad de recurso unitario requerido para la producción de los 12 productos.

Producto	Recurso	Períodos			
		1	2	3	4
1	1	0,373	0,373	0,373	0,373
	2	0,093	0,093	0,093	0,093
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	1*	0,05333333	0,05333333	0,05333333	0,05333333
2	1	0,373	0,373	0,373	0,373
	2	0	0	0	0
	3	0,093	0,093	0,093	0,093
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	2*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533
3	1	0,373	0,373	0,373	0,373
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0,093	0,093	0,093	0,093
	5	0	0	0	0
	3*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533
4	1	0,373	0,373	0,373	0,373
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0,093	0,093	0,093	0,093
	4*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533
5	1	0,267	0,267	0,267	0,267
	2	0,307	0,307	0,307	0,307
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
6	1	0,267	0,267	0,267	0,267
	2	0	0	0	0
	3	0,307	0,307	0,307	0,307
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0

Producto	Recurso	Períodos			
		1	2	3	4
7	1	0,267	0,267	0,267	0,267
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0,307	0,307	0,307	0,307
	5	0	0	0	0
8	1	0,267	0,267	0,267	0,267
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0,307	0,307	0,307	0,307
9	1	0,467	0,467	0,467	0,467
	2	0,093	0,093	0,093	0,093
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
10	1	0,467	0,467	0,467	0,467
	2	0	0	0	0
	3	0,093	0,093	0,093	0,093
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
11	1	0,467	0,467	0,467	0,467
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0,093	0,093	0,093	0,093
	5	0	0	0	0
12	1	0,467	0,467	0,467	0,467
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0,093	0,093	0,093	0,093

Anexo 8: Modelo en What's Best

	C.Producción	C.Inventario	C.Reproceso	Total Final
Función Objetivo	297.049.055	70.713.910	9.879.462	377.642.427

Producción

Productos	Períodos			
	1	2	3	4
1	23.462	39.500	56.212	44.831
2	6.880	31.860	31.841	31.292
3	11.700	36.958	40.475	43.869
4	11.563	16.628	22.337	31.736
5	0	4.802	6.101	5.855
6	0	5.155	6.049	5.122
7	0	7.737	8.416	8.408
8	0	4.742	5.009	6.622
9	0	7.231	8.239	9.713
10	0	5.949	7.325	9.195
11	0	6.152	7.237	8.458
12	0	8.453	11.652	10.975

Costo Producción

Productos	Períodos			
	1	2	3	4
1	288	243	413	289
2	269	274	466	326
3	340	334	568	397
4	324	314	534	374
5	595	551	937	656
6	512	556	945	662
7	923	839	1.426	998
8	1.055	960	1.632	1.142
9	346	339	576	403
10	342	332	564	395
11	391	342	581	407
12	462	422	717	502

Inventario

Productos	Períodos			
	1	2	3	4
1	29.894	0	0	6.795
2	26.756	0	0	0
3	30.000	0	0	0
4	15.045	0	0	0
5	5.006	0	0	0
6	4.655	0	0	0
7	6.569	0	0	0
8	2.837	0	0	0
9	8.312	0	0	0
10	6.013	0	0	0
11	5.960	0	0	0
12	8.125	0	0	0

Costo Inventario

Productos	Períodos			
	1	2	3	4
1	499	472	505	771
2	509	292	511	750
3	523	425	523	764
4	522	288	528	564
5	235	1.035	936	880
6	298	1.030	1.001	878
7	346	1.100	999	919
8	334	1.148	1.127	944
9	283	632	981	1.330
10	250	633	1.016	1.399
11	183	657	1.131	1.605
12	328	717	1.106	1.495

- Demanda

Balance Demanda

Productos	Períodos			
	1	2	3	4
1	53.356	39.500	49.418	51.626
2	33.636	31.860	31.841	31.292
3	41.700	36.958	40.475	43.869
4	26.608	16.628	22.337	31.736
5	5.006	4.802	6.101	5.855
6	4.655	5.155	6.049	5.122
7	6.569	7.737	8.416	8.408
8	2.837	4.742	5.009	6.622
9	8.312	7.231	8.239	9.713
10	6.013	5.949	7.325	9.195
11	5.960	6.152	7.237	8.458
12	8.125	8.453	11.652	10.975

=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=
=	=	=	=

Demanda Pronósticada

Productos	Períodos			
	1	2	3	4
1	53.356	39.500	49.418	51.626
2	33.636	31.860	31.841	31.292
3	41.700	36.958	40.475	43.869
4	26.608	16.628	22.337	31.736
5	5.006	4.802	6.101	5.855
6	4.655	5.155	6.049	5.122
7	6.569	7.737	8.416	8.408
8	2.837	4.742	5.009	6.622
9	8.312	7.231	8.239	9.713
10	6.013	5.949	7.325	9.195
11	5.960	6.152	7.237	8.458
12	8.125	8.453	11.652	10.975

- Recursos

Recurso Utilizado

Recursos	Períodos				<=	<=	<=	<=
	1	2	3	4				
1	19.995	65.571	79.190	81.444	<=	<=	<=	<=
2	1.815	4.121	7.418	6.422	<=	<=	<=	<=
3	16	3.128	2.457	3.039	<=	<=	<=	<=
4	471	5.498	5.830	5.755	<=	<=	<=	<=
5	1.075	3.788	4.699	6.005	<=	<=	<=	<=

Recurso Disponible

Productos	Períodos			
	1	2	3	4
1	1.253.120	1.159.840	673.600	86.400
2	472.560	272.360	15.840	17.600
3	428.560	347.600	278.080	3.252
4	216.480	77.880	54.120	175.560
5	271.040	165.440	30.000	71.280

- Recurso Utilizado

Producto	Recurso	Períodos			
		1	2	3	4
1	1	8.751	14.734	20.967	16.722
	2	2.182	3.674	5.228	4.169
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	1*	1.251	2.107	2.998	2.391
2	1	2.566	11.884	11.877	11.672
	2	0	0	0	0
	3	640	2.963	2.077	2.951
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
	2*	367	1.699	449	448

3	1	4.364	13.785	15.097	16.363
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	1.088	3.437	3.764	4.080
	5	0	0	0	0
	3*	624	1.971	2.159	2.340
4	1	4.313	6.202	8.332	11.837
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	1.075	1.546	2.077	2.951
	4*	617	887	1.191	1.693
5	1	0	1.282	1.629	1.563
	2	0	1.474	1.873	1.797
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
6	1	0	1.376	1.615	1.368
	2	0	0	0	0
	3	0	1.582	1.857	1.573
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
7	1	0	2.066	2.247	2.245
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	2.375	2.584	2.581
	5	0	0	0	0
8	1	0	1.266	1.337	1.768
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	1.456	1.538	2.033
9	1	0	3.377	3.847	4.536
	2	0	673	766	903
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0

10	1	0	2.778	3.421	4.294
	2	0	0	0	0
	3	0	553	681	855
	4	0	0	0	0
	5	0	0	0	0
11	1	0	2.873	3.380	3.950
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	572	673	787
	5	0	0	0	0
12	1	0	3.947	5.442	5.125
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	5	0	786	1.084	1.021

- Reproceso

Restricción Reproceso

Reproceso	Períodos			
	1	2	3	4
1*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533
2*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533
3*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533
4*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533

=<=	=<=	=<=	=<=
=<=	=<=	=<=	=<=
=<=	=<=	=<=	=<=
=<=	=<=	=<=	=<=

Reproceso	Períodos			
	1	2	3	4
1*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533
2*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533
3*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533
4*	0,0533	0,0533	0,0533	0,0533

Cantidad Utilizada Reproceso

Reproceso	Períodos			
	1	2	3	4
1*	1.251	2.107	2.998	2.391
2*	367	1.699	449	448
3*	624	1.971	2.159	2.340
4*	617	887	1.191	1.693

=<=	<=	<=	=<=
=<=	<=	<=	<=
=<=	<=	<=	<=
=<=	<=	<=	<=

Cantidad Disponible Reproceso (Kilogramos)

Reproceso	Períodos			
	1	2	3	4
1*	1.251	2.471	3.217	2.391
2*	367	3.448	1.264	860
3*	624	2.397	3.008	2.636
4*	617	1.663	2.423	3.093

Costo Reproceso (\$ chilenos)

Reproceso	Períodos			
	1	2	3	4
1	426	426	426	426
2	426	426	426	426
3	426	426	426	426
4	426	426	426	426