



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DESARROLLO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA LA REDUCCIÓN
DE COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA
COMERCIALIZADORA DE HELADO**

Erick Eduardo Meneses Najarro

Asesorado por el Ing. Carlos Leonel Muñoz Lemus

Guatemala, octubre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA LA REDUCCIÓN
DE COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA
COMERCIALIZADORA DE HELADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERICK EDUARDO MENESES NAJARRO
ASESORADO POR EL ING. CARLOS LEONEL MUÑOZ LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

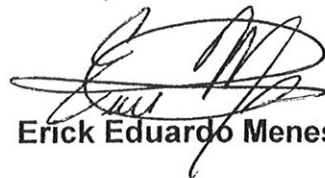
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADORA	Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DESARROLLO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE HELADO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 19 de enero 2017.



Erick Eduardo Meneses Najarro

Guatemala, 2 de Febrero del 2017

Ingeniero

José Francisco Gómez Rivera

Director de Escuela Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad San Carlos de Guatemala

Presente

Por este medio me permito informar que se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado: **“DESARROLLO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE HELADO”**, elaborado por el estudiante **ERICK EDUARDO MENESES NAJARRO** quien se identifica con No de carnet: **2013-13744**.

Luego de su revisión y corrección considero que, a mi criterio, cumple con los objetivos trazados por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente




Ing. Carlos Leonel Muñoz Lemus

Colegiado No. 10,568



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DESARROLLO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE HELADO**, presentado por el estudiante universitario **Erick Eduardo Meneses Najarro**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Alberto Eulaffo Hernández García
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.167.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DESARROLLO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE HIELADO**, presentado por el estudiante universitario **Erick Eduardo Meneses Najarro**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.498-2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DESARROLLO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE HELADO**, presentado por el estudiante universitario: **Erick Eduardo Meneses Najarro**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, octubre de 2017

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por su infinito amor, comprensión, paciencia, protección y misericordia, porque aun sin merecerlo Él ha permanecido fiel conmigo. Mi Padre, Rey de reyes y Señor de señores.

Mis padres

Luis Meneses e Ingrid de Meneses. Por todo su amor, dedicación, comprensión, paciencia, honestidad, apoyo, entrega y esmero a lo largo de estos 21 años, gracias por enseñarme cómo se debe amar a un hijo y cómo ser un buen padre.

Mi abuela

Antonieta Salazar. Por todo el amor, apoyo y cuidados que me ha brindado, así como sus constantes oraciones.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por proveerme de todo lo necesario para completar mis estudios universitarios, si en Él nada puedo.
Mis padres	Por el apoyo incondicional que siempre me han dado, gracias por ser mi motivación para seguir adelante día con día.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme se parte de esta casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por la preparación académica.
BBA. Bill Zachrisson	Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación en las instalaciones de la empresa a su cargo
Ing. Carlos Leonel Muñoz Lemus	Por brindarme su amistad, apoyo, consejo, tiempo y conocimientos para culminar este trabajo.
Dr. Sc. José Víctor Quiroa Noriega	Por brindarme su amistad, apoyo y tiempo.

	1.2.2.1.2.	Media ponderada	9
	1.2.2.2.	Medidas de dispersión	10
	1.2.2.2.1.	Varianza	10
	1.2.2.2.2.	Desviación estándar	10
	1.2.2.2.3.	Coeficiente de variación.....	11
1.3.		Pronóstico	11
	1.3.1.	Tipos de pronósticos	12
	1.3.1.1.	Método cualitativo	12
	1.3.1.2.	Causales.....	12
	1.3.1.3.	Simulación	13
	1.3.1.4.	Métodos de series de tiempo	13
	1.3.1.4.1.	Promedio aritmético	13
	1.3.1.4.2.	Promedio móvil	14
	1.3.1.4.3.	Promedio móvil ponderado.....	14
	1.3.1.4.4.	Alisado exponencial	15
	1.3.1.4.5.	Alisado exponencial con ajuste de tendencia	16
	1.3.1.4.6.	Alisado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad	17
	1.3.2.	Error de pronóstico	20
	1.3.2.1.	Desviación absoluta media (DAM)	20
	1.3.2.2.	Error cuadrático medio (MSE).....	21

	1.3.2.3.	Error porcentual medio absoluto (MAPE)	21
1.4.		Inventario.....	22
	1.4.1.	Tipos de inventario.....	22
		1.4.1.1. Inventario normal o de ciclo.....	22
		1.4.1.2. Inventario de seguridad.....	22
		1.4.1.3. Inventario máximo	23
	1.4.2.	Gestión de inventario	23
		1.4.2.1. Costos de la gestión de inventario.....	24
		1.4.2.1.1. Costos de almacenaje	24
		1.4.2.1.2. Costos de aprovisionamiento o de pedido.....	25
	1.4.3.	Sistemas de gestión de inventario	25
		1.4.3.1. Modelo de cantidad fija con inventario de seguridad	25
		1.4.3.2. Modelo de periodos fijos con inventario de seguridad	28
2.		SITUACIÓN ACTUAL.....	31
	2.1.	Departamento de ventas.....	31
		2.1.1. Estimación de la demanda por parte del departamento de ventas.....	32
		2.1.1.1. Consecuencias en el abastecimiento de los puntos de venta	33
		2.1.1.2. Consecuencias en el nivel de servicio al cliente	33

2.2.	Cadena de suministro	34
2.2.1.	Departamento de producción	34
2.2.1.1.	Proceso de producción	35
2.2.1.1.1.	Materia prima utilizada	37
2.2.1.1.2.	Diagrama de flujo del proceso	37
2.2.1.1.3.	Capacidad instalada	38
2.2.1.2.	Plazos para la entrega de requerimientos de producto.....	39
2.2.2.	Departamento de almacenaje.....	39
2.2.2.1.	Descripción del proceso de almacenaje	40
2.2.3.	Departamento de distribución	41
2.2.3.1.	Descripción del proceso de distribución.....	41
2.2.4.	Departamento de control de calidad	45
2.2.4.1.	Análisis de materia prima utilizada.....	45
2.2.4.2.	Análisis del producto final	46
2.3.	Análisis de los costos actuales de la cadena de suministro.....	46
2.3.1.	Costos de derivados de la carencia de un modelo de pronóstico	46
3.	PROPUESTA DEL MODELO DE PRONÓSTICO POR DESARROLLAR	53
3.1.	Recopilación de datos históricos de ventas.....	53
3.2.	Pronóstico de la demanda.....	53
3.2.1.	Métodos de series de tiempo.....	54

3.2.2.	Análisis del error de pronóstico de cada método....	61
3.2.2.1.	Elección del método	65
3.3.	Comparación del pronóstico de ventas con la capacidad instalada	65
3.4.	Clasificación ABC/XYZ para cada producto	66
3.4.1.	Análisis del impacto en las ventas (ABC)	67
3.4.2.	Análisis de la variabilidad de la demanda (XYZ)	68
3.5.	Asignación del nivel de servicio a cada producto	69
3.5.1.	Según clasificación ABC/XYZ	69
3.6.	Selección del modelo de control de inventario	71
3.6.1.	Modelo de cantidad fija con inventario de seguridad	72
3.7.	Análisis de los beneficios del modelo de desarrollado	76
4.	DESARROLLO DEL MODELO DE PRONÓSTICO	79
4.1.	Historial de ventas	79
4.2.	Pronóstico de la demanda utilizando métodos de series de tiempo.....	80
4.2.1.	Método de promedio aritmético	81
4.2.2.	Media móvil.....	82
4.2.3.	Media móvil ponderada.....	83
4.2.4.	Alisado exponencial	84
4.2.5.	Alisado exponencial con ajuste de tendencia	85
4.2.6.	Alisado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad	86
4.3.	Análisis del error de pronóstico y selección del método	87
4.3.1.	Desviación absoluta media	87
4.3.2.	Error cuadrático medio.....	90

4.3.3.	Error porcentual medio absoluto (MAPE)	92
4.3.4.	Selección del método con mayor precisión.....	94
4.4.	Evaluar la capacidad de la planta en comparación con el pronóstico de ventas	114
4.5.	Cálculo del coeficiente de variación de la demanda de cada producto	116
4.6.	Análisis ABC/XYZ de los productos en estudio	117
4.6.1.	Asignación del nivel de servicio a cada producto según la clasificación anterior	119
4.7.	Control de inventario	120
4.7.1.	Modelo de cantidad fija con inventario de seguridad.....	120
4.7.1.1.	Cantidad óptima de pedido	120
4.7.1.2.	Inventario de seguridad según nivel de servicio deseado.....	122
4.7.1.3.	Punto de reorden con inventario de seguridad	123
4.8.	Planeación de las ventas y las operaciones	124
4.8.1.	Programación de reuniones del departamento de ventas y la cadena de suministro.....	124
4.8.2.	Análisis de lo pronosticado frente a lo requerido.....	125
4.9.	Análisis de los resultados del modelo desarrollado	125
4.9.1.	Administración de la demanda y control de inventario.....	126
4.9.2.	Impacto en los costos de operación de la cadena de suministro	131
4.9.2.1.	Análisis de los costos del departamento de producción.....	131

4.9.2.1.1.	Costo de producción previo al desarrollo del modelo.....	131
4.9.2.1.2.	Costo de producción posterior al desarrollo del modelo.....	132
4.9.2.1.3.	Reducción del costo de tiempo extraordinario.....	133
4.9.2.1.4.	Reducción del Costo de alimentación	134
4.9.2.1.5.	Reducción del costo de transporte	135
4.9.2.2.	Análisis de los costos del departamento de almacenaje	135
4.9.2.2.1.	Costo de Almacenaje previo al desarrollo del modelo.....	135
4.9.2.2.2.	Costo de Almacenaje posterior al desarrollo del modelo.....	136

4.9.2.2.3.	Reducción del costo de tiempo extraordinario	137
4.9.2.2.4.	Reducción del costo de alimentación	138
4.9.2.2.5.	Reducción del costo de espacio e instalaciones	139
4.9.2.2.6.	Reducción del costo de obsolescencia por caducidad.....	139
4.9.2.3.	Análisis de los costos del departamento de distribución.....	140
4.9.2.3.1.	Costo de distribución previo al desarrollo del modelo	140
4.9.2.3.2.	Costo de distribución posterior al desarrollo del modelo	141
4.9.2.3.3.	Reducción del costo de tiempo extraordinario...	142

	4.9.2.3.4.	Reducción del costo de transporte	143
	4.9.2.3.5.	Reducción del costo por órdenes pendientes y faltantes.....	144
4.9.2.4.		Análisis de los costos del departamento de calidad	145
	4.9.2.4.1.	Costo de la calidad previo al desarrollo del modelo	145
	4.9.2.4.2.	Costo de la calidad posterior al desarrollo del modelo.....	146
	4.9.2.4.3.	Reducción del costo de tiempo extraordinario	146
	4.9.2.4.4.	Reducción del costo de alimentación	147
4.9.2.5.		Análisis del costo de operación de la cadena de suministro.....	148
5.		MEJORA DEL MODELO	155
5.1.		Evaluación del método de pronóstico utilizado	155
	5.1.1.	Señal de rastreo.....	157
5.2.		Evaluación del nivel de cumplimiento	159

5.2.1. Fill Rate160

CONCLUSIONES165

RECOMENDACIONES169

BIBLIOGRAFÍA173

APÉNDICES175

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	3
2.	Comportamiento de la demanda de banana en Italia desde 2000 al 2014.....	18
3.	Diagrama de flujo del proceso de producción de helado	37
4.	Resumen del análisis ABC	68
5.	Historial de ventas de octubre del 2014 a noviembre del 2016.....	149
6.	Costo de operación de la cadena de suministro desde octubre del 2014 hasta noviembre del 2016.....	151

TABLAS

I.	Descripción del equipo disponible en la planta de producción.....	39
II.	Resumen de los costos del departamento de producción de la cadena de suministro	47
III.	Resumen de los costos de distribución de la cadena de suministro.....	48
IV.	Resumen de los costos de almacenaje de la cadena de suministro.....	50
V.	Resumen de los costos del control calidad de la cadena de suministro.....	51
VI.	Historial de ventas de helado cremoso sabor vainilla	55
VII.	Pronóstico y error de pronóstico generado por el Winters en la estimación de la demanda real de helado cremoso con sabor a vainilla	62
VIII.	Nivel de servicio deseado	70

IX.	Historial de ventas por sabor octubre del 2014 a septiembre del 2015.....	79
X.	Historial de ventas por sabor octubre del 2015 a septiembre del 2016.....	80
XI.	Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de promedio aritmético	81
XII.	Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de media móvil	82
XIII.	Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de media móvil ponderada	83
XIV.	Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de alisado exponencial	84
XV.	Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de alisado exponencial con ajuste de tendencia (Holt)	85
XVI.	Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de alisado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad (Winters)	86
XVII.	Desviación media absoluta media de cada sabor según el método de pronóstico utilizado	87
XVIII.	Error cuadrático medio de cada sabor según el método de pronóstico utilizado	90
XIX.	Error porcentual medio absoluto de cada sabor según el método de pronóstico utilizado	92
XX.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado Para la franja simulada del sabor vainilla	95
XXI.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor chocolate	96
XXII.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor galleta.....	97

XXIII.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor café.....	98
XXIV.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor fresa.....	99
XXV.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor ron con pasas	100
XXVI.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor pistacho	101
XXVII.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor chocomenta	102
XXVIII.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor <i>brownie</i>	103
XXIX.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor queso fresa	104
XXX.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor cereza	105
XXXI.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor Chocochip.....	106
XXXII.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor almendra.....	107
XXXIII.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor chicle	108
XXXIV.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor banano.....	109
XXXV.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor coco	110
XXXVI.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor dulce de leche.....	111
XXXVII.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado	

	para la franja simulada del sabor algodón de azúcar	112
XXXVIII.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor leche condensada.....	113
XXXIX.	Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor napolitano	114
XL.	Comparación del volumen de ventas estimado para los próximos tres meses frente a la capacidad de producción de la empresa.....	115
XLI.	Coeficiente de variación correspondiente a cada sabor	116
XLII.	Clasificación ABC de cada producto de conformidad con el impacto en ventas de octubre del 2015 a septiembre del 2016	117
XLIII.	Clasificación XYZ de conformidad con el coeficiente de variación de las ventas octubre del 2015 a septiembre del 2016	118
XLIV.	Nivel de servicio designado a cada producto según análisis ABC/XYZ	119
XLV.	Lote óptimo de pedido para cada producto de conformidad con el modelo de inventario seleccionado	121
XLVI.	Inventario de seguridad asignado a cada producto.....	122
XLVII.	Punto de reorden para cada producto.....	123
XLVIII.	Comparación de horas-hombre extraordinarias invertidas por el departamento de producción.....	127
XLIX.	Comparación de horas-hombre extraordinaria invertidas por el departamento de calidad.....	128
L.	Comparación de horas-hombre extraordinarias invertidas por el departamento de almacenaje.....	129
LI.	Comparación de horas-hombre extraordinarias invertidas por el departamento de distribución	129
LII.	Costo de operación del departamento de producción (agosto-septiembre).....	132

LIII.	Costo de operación del departamento de producción (octubre-noviembre)	133
LIV.	Costo de operación del departamento de almacenaje (agosto-septiembre)	136
LV.	Costo de operación del departamento de almacenaje (octubre-noviembre)	137
LVI.	Costos de operación del departamento de distribución (agosto-septiembre)	141
LVII.	Costo de operación del departamento de distribución (agosto-septiembre)	142
LVIII.	Costo de operación del departamento de calidad (agosto-septiembre)	145
LIX.	Costo de operación del departamento de calidad (octubre-noviembre)	146
LX.	Ventas de la empresa de octubre del 2014 a noviembre del 2016.....	148
LXI.	Costo de operación de la cadena de suministro desde octubre del 2014 a noviembre del 2016	150
LXII.	Comparación del costo de operación	152
LXIII.	Comparación de las ventas	152
LXIV.	Error de pronóstico para agosto y septiembre	155
LXV.	Medición del desempeño de los pronósticos realizados para agosto y septiembre	156
LXVI.	Señal de rastreo aplicada al pronóstico de agosto y septiembre	158
LXVII.	Información correspondiente a la orden número 829	161

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Cantidad de producto que debe pedirse para un periodo de tiempo previamente establecido.
CV	Coeficiente de variación.
\bar{d}	Demanda diaria promedio de un producto.
σ	Desviación estándar de una serie de datos.
E	Error de pronóstico.
S_t	Factor de estacionalidad para el mes en estudio.
SS	Inventario de seguridad.
μ	Media aritmética de una serie de datos.
L_{t-1}	Nivel de la demanda en el mes de estudio del año anterior.
Z	Número de desviaciones estándar de acuerdo con la tabla de la distribución normal Z.
F_t	Pronóstico de demanda para el periodo actual.
ST	Señal de rastreo.
N	Tamaño de la serie de datos por analizarse.
T_{t-1}	Tendencia de la demanda en el mes de estudio del año anterior Interés.
$ E $	Valor absoluto del error de pronóstico.

GLOSARIO

<i>Fill Rate</i>	Indicador de producto disponible en inventario
Holt	Modelo de pronóstico utilizado para estimar las ventas de productos con tendencia creciente o decreciente en la demanda.
Inventario	Producto en proceso o culminado que se tiene almacenado a la espera de ser utilizado o comercializado.
MAD	Desviación absoluta media.
MAPE	Error porcentual absoluto medio.
MSE	Error cuadrático medio.
Señal de rastreo	Medida utilizada para determinar si el pronóstico sobrestima o subestima la demanda de un producto.
Winters	Modelo de pronóstico utilizado para estimar las ventas de productos con tendencia y estacionalidad en la demanda.

RESUMEN

La empresa en estudio se dedica a la comercialización de helado cremoso a nivel internacional desde hace más de 30 años. El helado es un postre predilecto de alto valor nutricional con demanda creciente en los últimos años. La empresa que lo produce tiene una marca reconocida en constante crecimiento, con 67 puntos de venta propios, presencia en las principales cadenas de supermercados, tiendas de consumo, restaurantes y hoteles del país. Por lo anterior, es necesario un pronóstico de demanda preciso, basado en métodos cuantitativos.

Sin embargo, la empresa carece de un modelo para la estimación de ventas. La cadena de suministro realiza todas las operaciones en respuesta a los requerimientos del departamento de ventas los cuales están basados en juicios personales e intuición, lo que se traduce en costos improvisados para esta.

Con la finalidad de contribuir a la reducción de costos de la cadena de suministro, el presente trabajo consiste en el desarrollo de un modelo de pronóstico que permita estimar la demanda de helado con la mayor precisión posible a través de varios métodos cuantitativos de series de tiempo basados en el historial de ventas de la empresa. Asimismo, establece los criterios para una clasificación de productos de acuerdo con el impacto financiero y la variabilidad de la demanda que posteriormente se empleará para un control de inventario basado en cantidad con reserva de seguridad.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un modelo de pronóstico para reducir los costos de la cadena de suministro

Específicos

1. Determinar el método de pronóstico con mayor precisión para el producto analizado mediante la medición del error de pronóstico.
2. Evaluar la demanda de producto pronosticada en comparación con la capacidad instalada en la planta de producción.
3. Seleccionar el modelo de inventario que se adapte a las necesidades de la empresa.
4. Clasificar cada producto de acuerdo con el impacto financiero de cada uno en las ventas.
5. Especificar un nivel de servicio para cada producto según su impacto en las ventas y el porcentaje de variabilidad de la demanda.
6. Analizar el costo de operación de la cadena de suministro en la actualidad, para identificar áreas de mejora.

7. Reducir costos de la cadena de suministro.

INTRODUCCIÓN

El helado cremoso o crema helada consiste en una preparación alimenticia a base de leche, mantequilla, colorantes, saborizantes, endulzantes procesados y mezclados con aire para proporcionar la textura y estado deseados. En consumo moderado es una rica fuente de diferentes vitaminas, proteínas de alto valor biológico así como de minerales.

La empresa en estudio es una empresa dedicada a la producción y distribución de helado cremoso a nivel internacional desde hace más de 30 años. Se encuentra en constante crecimiento estableciendo nuevos puntos de venta, abasteciendo nuevos clientes mayoristas como hoteles, restaurantes y cadenas de supermercados.

La cadena de suministro de la empresa es el departamento encargado del aprovisionamiento de insumos y materiales, producción, almacenaje, control de calidad y distribución del producto terminado. Sin embargo, esta carece de un modelo de pronóstico de ventas futuras, por lo que realiza los procesos de aprovisionamiento, producción, almacenaje y distribución de acuerdo con los requerimientos del departamento de ventas.

Por tal razón, el presente trabajo de graduación propone un modelo de pronóstico cuantitativo basado en datos históricos, modelos matemáticos y análisis de variables para planificar y ejecutar adecuadamente las operaciones de la cadena de suministro a un menor costo.

El contenido del trabajo está dividido en cinco capítulos, el primero expone una breve información de la empresa en estudio, definición y explicación de algunos conceptos básicos de estadística e ingeniería Industrial.

El segundo capítulo describe cómo trabaja cada área funcional de la cadena de suministro, la relación que existe entre cada una de estas, las atribuciones y responsabilidades del departamento de ventas en la actualidad. Además, da una explicación de cómo la imprecisión en la proyección de ventas de este último departamento, impacta negativamente en el funcionamiento y costo de operación de la cadena de suministro.

En el tercer capítulo se encuentra la propuesta de un modelo de pronóstico de ventas con la descripción de las actividades que deben realizarse, los métodos e indicadores que deben establecerse en cada etapa del mismo, con la finalidad de mejorar el funcionamiento de la cadena de suministro e incrementar la rentabilidad.

El desarrollo del modelo propuesto se ubica en el cuarto capítulo. En esta sección se muestra paso a paso cómo aplicar cada etapa del modelo a la industria del helado y la comparación de los costos estimados utilizando el modelo con los costos actuales.

Por último, en el quinto capítulo se expone cómo verificar el desempeño del método y analizar si este sigue cumpliendo con la función para la que fue ideado.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Antecedentes generales de la empresa

A continuación algunos datos relevantes de la empresa.

1.1.1. Ubicación

Las oficinas centrales de la empresa y la planta de producción en estudio se encuentran ubicadas a inmediaciones de la zona 13 de la ciudad de Guatemala, Guatemala. Las heladerías se encuentran ubicadas en la ciudad capital y en las cabeceras departamentales.

1.1.2. Historia

La empresa nace con la idea de proporcionar al consumidor un helado cremoso de calidad “*Súper Premium*”, utilizando materias primas y procedimientos de elaboración de con altos estándares de calidad.

Inició operaciones en Guatemala a inicios de la década de 1970 con una heladería ubicada en la zona 12 y una planta de producción en la zona 13 de la ciudad de Guatemala. Actualmente cuenta con más de 60 heladerías a nivel nacional y más de 120 a nivel internacional.

1.1.3. Misión

Producir y comercializar helado cremoso de alta calidad con excelencia y eficiencia, ofreciendo a los clientes momentos de satisfacción y alegría en ambientes agradables y limpios.

1.1.4. Visión

Ser una empresa líder en la producción y comercialización de helado cremoso de alta calidad a nivel latinoamericano, ofreciendo a los consumidores productos innovadores, saludables y nutritivos.

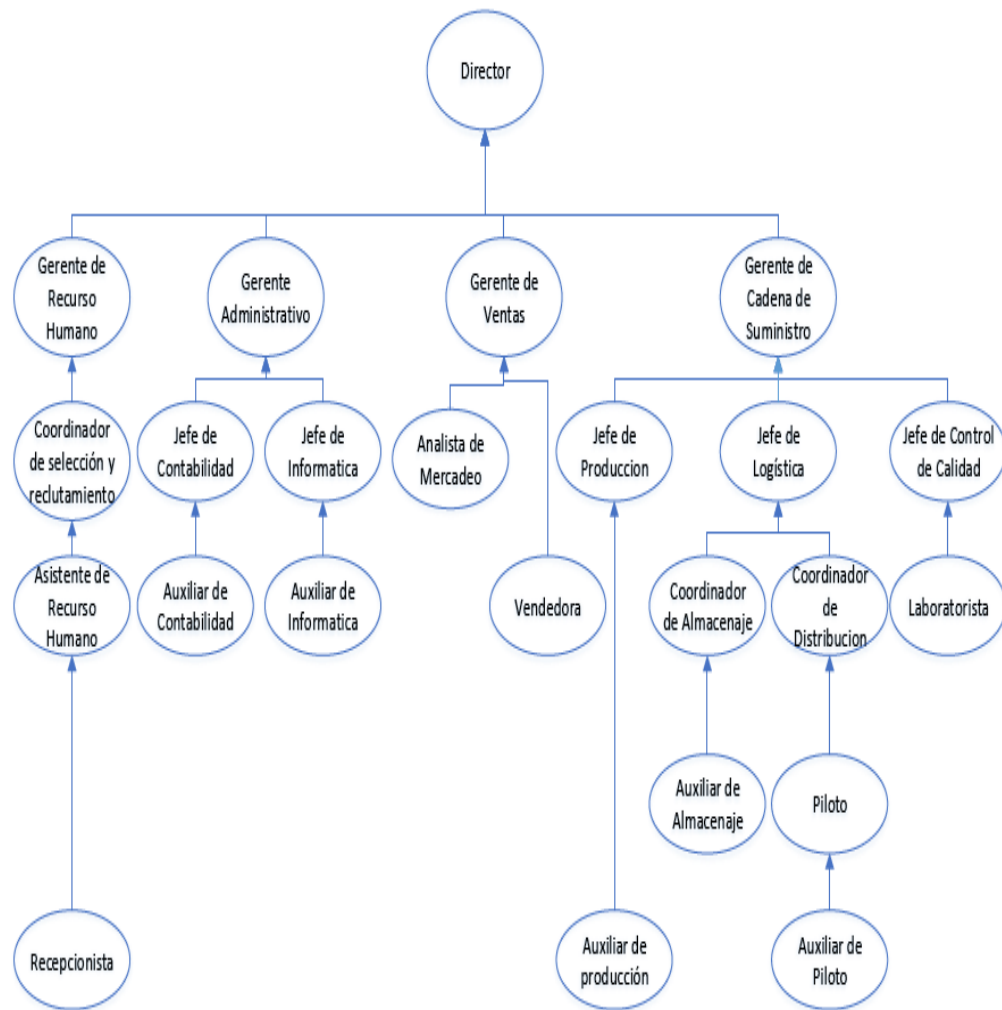
1.1.5. Valores

- Respeto: reconocer el valor de las otras personas y su contribución para la empresa.
- Integridad: actuar de forma sincera, transparente y honrada en todas nuestras labores.
- Liderazgo: comprender que un futuro mejor depende de uno mismo, nuestras decisiones alcanzan a todos en la empresa.
- Colaboración: potencializar talento grupal trabajando juntos para obtener mejores resultados.
- Responsabilidad: lograr que cada quien asuma las consecuencias de sus actos.
- Pasión: estar comprometidos con la misión y visión de la empresa para alcanzar un futuro mejor.

1.1.6. Estructura organizacional

A continuación se presenta un esquema para ilustrar la organización.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

1.1.7. Cadena de suministro

La cadena de suministro se puede definir como el conjunto de funciones, procesos y actividades involucradas directa o indirectamente en la transformación de materia prima en productos o servicios entregables para satisfacer las necesidades del cliente final. Los procesos de una cadena de suministro pueden dividirse en dos, dependiendo de si estos se ejecutan en respuesta al pedido de un cliente o en anticipación a este, denominándose procesos de tirón o empuje respectivamente.

La administración de la cadena de suministro requiere de un conjunto de decisiones relacionadas con el flujo de información, productos y fondos que pueden delimitarse en tres fases:

- Estrategia o diseño de la cadena de suministro

Durante esta fase la compañía debe establecer cómo estructurar y configurar correctamente la cadena de suministro para años posteriores. Entre las decisiones estratégicas generalmente se encuentra decidir si se subcontratará o no una función específica de la cadena en estudio, cambiar la ubicación de una planta de producción o permanecer en el mismo lugar, incrementar o no la capacidad instalada en una planta y decidir qué medios de transporte se utilizarán para el traslado de mercaderías, entre otras.

Generalmente, las decisiones de estrategia se toman para largos periodos de tiempo, 5 años o más.

- Planeación de la cadena de suministro

La planeación establece los parámetros dentro de los cuales funcionará una cadena de suministro a lo largo de un corto periodo de tiempo específico, de 3 meses a 1 año. Esta etapa inicia con el pronóstico de demanda para el año o trimestre venidero. Posteriormente, se realiza un análisis para el establecimiento de las políticas de inventario, ritmo de producción entre otras.

- Operación de la cadena de suministro

Durante esta etapa las empresas asignan una porción del inventario o de un lote de producción a cada pedido emitido por el cliente, fijan una fecha en la que debe terminarse el pedido, programan la entrega de pedidos y asignan a cada uno de estos un medio de transporte y unidad de traslado en particular. Las decisiones de operación se toman para plazos muy cortos como días o semanas y, generalmente, deben elegirse en cuestión de horas o minutos.

1.1.7.1. Costo de operación de la cadena de suministro

El costo de operación de la cadena de suministro consiste en la suma de todas las erogaciones o desembolsos asociados a la gestión de la misma. Cada unidad funcional de la cadena de suministro tiene un costo de operación distinto, ya que las necesidades de cada una de estas varían según la función que desempeña.

El objetivo principal de cualquier cadena de suministro consiste en maximizar su propia rentabilidad disminuyendo el costo de operación total.

1.1.8. Helado cremoso

El helado cremoso o crema helada consiste en una preparación alimenticia a base de leche, mantequilla, colorantes, saborizantes y endulzantes procesados y mezclados con aire para proporcionar la textura y estado deseados. En consumo moderado es una rica fuente de diferentes vitaminas, proteínas de alto valor biológico, así como de minerales. De acuerdo con la fuente y proporción de grasa en el helado se puede categorizar en calidad estándar, *premium* y súper *premium*.

La empresa en estudio se produce y comercializa helado cremoso súper *premium* en 20 sabores distintos entre los que se puede mencionar: vainilla, chocolate, chocolate con almendra, galleta y fresa, entre otros.

1.1.9. Inocuidad en alimentos

De acuerdo con OPS/OMS “la inocuidad de alimentos es la aptitud de un alimento para el consumo humano sin causar enfermedad.”¹ Entre los factores que afectan a la inocuidad se encuentran: materia prima, material de empaque, instalaciones de la planta de producción, equipo de distribución, salud del personal entre otros.

Para que una empresa proporcione a los consumidores alimentos libres de cualquier agente biológico, químico y físico debe alinear todos los procesos de la cadena alimentaria desde la producción primaria hasta el consumo final a una legislación alimentaria reconocida a nivel internacional como el *Codex Alimentarius* que no es más que un conjunto de normas dedicadas a proteger la

¹ HERNANDO RIVEROS, Margarita. *Inocuidad, calidad y sellos alimentarios*. p. 6.

salud de los consumidores y fomentar las buenas prácticas de manufactura y comercio leal de alimentos.

Los principios generales de higiene de los alimentos del *Codex Alimentarius* establecen las bases para asegurar la higiene de los alimentos, describen entre otras cosas, controles de higiene básicos en cada etapa del proceso productivo, diseño y orientación para la construcción de instalaciones dedicadas a la producción de alimentos, control de las operaciones, programas de saneamiento de las instalaciones y controles de higiene para el instante en que el producto abandona las instalaciones de la empresa. Estos controles en conjunto con las buenas prácticas de manufactura o BPMS permiten a una empresa operar en condiciones ideales para elaborar alimentos inocuos y aptos para el consumo humano.

La inocuidad de un alimento es de vital importancia ya que representa un requisito para la calidad y aun más importante para el comercio internacional debido a que es un parámetro aceptable para prohibir el ingreso de un alimento a un país según los acuerdos de medidas sanitarias y fitosanitarias (MSF) y de obstáculos técnicos al comercio (OTC) de la Organización Mundial del Comercio (OMC) comprendidos en el Acta final de la ronda Uruguay firmada en Marrakech en abril de 1994.

La empresa en estudio cuenta con un reglamento de buenas prácticas de manufactura basado en el normativo *Codex Alimentarius*, un manual de inducción para las normas de higiene, para entrar y salir de las instalaciones, además de un instructivo para la limpieza del equipo con un código de color para los instrumentos y sustancias para cada máquina. Por último, existe un sistema de control estadístico de proceso para asegurar que el alimento es apto para el consumo humano.

1.2. Estadística

Es la ciencia que se dedica a recopilar información, clasificarla, describirla, convertirla en datos numéricos, analizarlos e interpretarlos para obtener conclusiones y utilizarlas para la resolución de conflictos o ratificación de decisiones. En algunas ocasiones esta ciencia se utiliza para generar información.

1.2.1. Estadística inferencial

Es la rama de la estadística orientada a la extracción de una muestra poblacional para analizarla y extraer conclusiones para hacer inferencia de alguna clase respecto de la población, es decir, generalizar una tendencia o comportamiento sobre la población en estudio.

1.2.2. Estadística descriptiva

Es la rama de la estadística enfocada en la recolección, agrupación, descripción y clasificación y presentación de datos de forma clara y concisa.

1.2.2.1. Medidas de posición

Estas medidas se utilizan como indicadores para caracterizar, diferenciar y distinguir una serie de datos a través de la determinación de la posición de sus datos.

1.2.2.1.1. Media

La media o media aritmética en ocasiones denominada como promedio, es una medida que proporciona información acerca de cómo están centrados los datos. Se utiliza con mayor frecuencia debido a que tienen un error estándar más pequeño que es más fácil de estimar y tiende hacia una distribución normal.

Es sensible a cambios en la distribución de datos lo cual es determinante para establecer diferencias entre series de datos, sin embargo, esto también se convierte en un problema cuando se ve afectada por datos extraordinarios fuera de rango o inusuales.

La media para una serie de datos se calcula de la siguiente manera:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde x son cada uno de los valores i de la variable y n el número de datos

1.2.2.1.2. Media ponderada

Esta medida es similar a la media o media aritmética a diferencia de que esta le otorga una importancia a cada una de las observaciones, para cada valor X_i se asigna un factor W_i que le da mayor o menor relevancia al valor según lo decida el analista.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n W_i * X_i}{\sum W_i}$$

1.2.2.2. Medidas de dispersión

Estos valores numéricos indican el grado de concentración de una serie de datos con relación a la medida de centralización o media aritmética, es decir, permite cuantificar si los datos están concentrados alrededor del promedio o si están distantes a este. Una serie de datos se considera representativa cuando los datos se encuentran poco distantes del promedio.

1.2.2.2.1. Varianza

Esta medida permite calcular la distancia promedio entre la media y cada uno de los valores obtenidos de una población; se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

Donde x_i representa cada uno de los valores de la serie de datos, N el número de datos en estudio y μ la media aritmética de la serie de datos

Debido a que las desviaciones de cada uno de los datos deben elevarse al cuadrado esta medida se ve afectada por los valores extremos de una serie de datos, ya que suponen una desviación mayor y al elevarla al cuadrado impacta en la fórmula de forma significativa.

1.2.2.2.2. Desviación estándar

La desviación estándar es una medida de dispersión expresada en las unidades originales, se calcula mediante la raíz cuadrada positiva de la varianza.

$$\sigma = +\sqrt{\sigma^2}$$

1.2.2.2.3. Coeficiente de variación

El coeficiente de variación o coeficiente de dispersión es una medida relativa de la dispersión que utiliza la desviación estándar y la media para expresar la desviación estándar como porcentaje de la media. Esta medida está dada por el cociente entre la desviación estándar y la media,

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} * 100$$

Esta medida no varía en función de la escala que se utilice para cuantificarla, sin embargo, sí es modificada por cambios de origen o desplazamientos de datos, debido a que la media se utiliza como denominador.

1.3. Pronóstico

Un pronóstico de demanda es una estimación o previsión de las ventas de un producto durante un determinado periodo de tiempo futuro, pronosticar es el primer paso para la planificación empresarial, cada área funcional de una empresa depende de un pronóstico de ventas tal es el caso del departamento de finanzas que lo utiliza para realizar presupuestos, control de gastos y proyectar flujos de efectivo. Para el área de mercadeo es fundamental en la planificación de las campañas publicitarias. El departamento de ventas utiliza la proyección de demanda para establecer metas periódicas y compensaciones salariales. Para la cadena de suministro el pronóstico consiste en el punto de partida para la planificación y ejecución de las operaciones.

Cuando la cadena de suministro opera sin método de pronóstico cuantitativo el resultado es un desajuste entre la oferta y la demanda. Sin embargo, al realizarse con base en datos históricos, modelos matemáticos y análisis de variables se obtiene un pronóstico con menor error de estimación, el cual permite a la cadena de suministro incrementar su capacidad de respuesta planificando las operaciones de producción, almacenaje y transporte con anticipación a la demanda del cliente. De esta manera, se trabaja con mayor eficiencia y a un menor costo, lo que se traduce en un incremento de la rentabilidad de la cadena de suministro.

1.3.1. Tipos de pronósticos

El objetivo del pronóstico es desarrollar una estimación útil mediante información disponible. En general existen dos tipos generales de pronósticos, los que utilizan métodos cualitativos o de juicios subjetivos y los métodos cuantitativos que emplean técnicas estadísticas y análisis de datos numéricos.

1.3.1.1. Método cualitativo

Es un método basado en juicios y experiencias personales, se utilizan cuando se cuenta con pocos datos históricos.

1.3.1.2. Causales

Esta técnica de pronóstico supone que la demanda de uno o varios productos está correlacionada con factores internos y externos como es el caso de datos históricos, condiciones económicas, acciones de los competidores, campañas promocionales, factores climáticos, fijación de precios entre otros. Por

lo tanto, la empresa analiza el impacto que tendría en la demanda un cambio en la política de precios de un producto.

1.3.1.3. Simulación

Este método es una combinación de los métodos causales y los métodos de series de tiempo, de esta manera la empresa puede analizar el impacto de una promoción en precios en conjunto con el historial de ventas de la empresa y así estimar cuál será la respuesta del cliente ante tal circunstancias.

1.3.1.4. Métodos de series de tiempo

Este método nace de la suposición de que la demanda pasada es un adecuado indicio para predecir la demanda futura, empleando los datos históricos de ventas realiza un pronóstico de demanda reconociendo patrones de tendencia y estacionalidad. Este método es el más sencillo de implementar y consiste en un buen punto de partida para desarrollar un modelo de pronóstico con alto grado de precisión.

1.3.1.4.1. Promedio aritmético

Como su nombre lo indica este método consiste en un promedio de las demandas anteriores al periodo que se desea pronosticar. Se utiliza generalmente cuando las ventas se consideran estables alrededor de un rango reducido, su forma general de cálculo es la siguiente:

$$P_n = \frac{\sum_{n-1}^n \text{ventas reales}}{n}$$

Si se desea pronosticar la demanda para el décimo periodo se debe realizar un promedio de los valores de los nueve periodos anteriores a este.

1.3.1.4.2. Promedio móvil

Método de pronóstico que estima el nivel de ventas en el siguiente periodo mediante el promedio aritmético de las ventas reales de los “n” periodos más recientes. Conforme se incrementa el tamaño de “n” el pronóstico es menos sensible a la demanda observada más reciente.

$$P_t = \frac{P_{t-1} + P_{t-2} \dots + P_{t-n}}{n}$$

De esta manera, para el periodo “t” se utilizan los datos históricos desde el periodo P_{t-1} hasta el P_{t-n} . Para el pronóstico del siguiente periodo es decir P_{t+1} se procede a recalcular el promedio utilizando los “n” periodos de demanda más reciente, por lo que el promedio se “moviliza” de uno a otro.

1.3.1.4.3. Promedio móvil ponderado

Este método es similar al promedio móvil simple, a excepción de que en la técnica de media móvil cada demanda tiene el mismo peso o grado de importancia. En la media móvil ponderada cada demanda histórica tiene su propio peso, la única restricción es que la suma de los pesos debe ser igual a 1,0 o 100 %. El promedio se obtiene multiplicando el peso de cada periodo por el monto de las ventas reales de ese periodo.

Por ejemplo, para una media móvil ponderada de tres periodos se puede asignar un peso de 0,55 al periodo más reciente, 0,35 al segundo periodo más reciente y 0,10 para el tercer periodo más reciente.

$$P_t = P_{t-1} * 0.55 + P_{t-2} * 0.35 + P_{t-3} * 0.10$$

1.3.1.4.4. Alisado exponencial

Este método de pronóstico es apropiado cuando la demanda no presenta una tendencia o estacionalidad definida y observable, consiste en un promedio ponderado de datos actuales utilizando una función exponencial para la ponderación.

La ecuación para el suavizamiento exponencial es la siguiente:

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

Donde:

F_t = nuevo pronóstico

F_{t-1} = pronóstico del periodo anterior

α = constante de suavizamiento o ponderación ($0 \leq \alpha \leq 1$)

A_{t-1} = demanda real en el periodo anterior

La selección de la constante de suavizamiento α hace la diferencia entre un pronóstico preciso e impreciso ya que determina la uniformidad y velocidad de reacción del método. Se emplean valores bajos para α cuando la demanda ha sido bastante estable, por el contrario se deben utilizar valores altos de α cuando

la demanda tiene muchas probabilidades de cambiar ya que un peso alto hace que la estimación sea más sensible a la demanda más reciente, mientras que un peso bajo dará más peso al valor promedio.

1.3.1.4.5. Alisado exponencial con ajuste de tendencia

Denominado también alisado exponencial doble o método de Holt, se utiliza cuando la demanda tiene un nivel y tendencia ascendente o descendente observable ya que para una demanda con tendencia creciente en las ventas. El método de alisado exponencial simple tendría una reacción retrasada al crecimiento y se obtendría como resultado una demanda subestimada. El pronóstico para el siguiente periodo está dado por la suma de la tendencia y el nivel esperado.

$$\text{Pronóstico} = \text{nivel} + \text{tendencia}$$

Para reducir el impacto en el error de pronóstico debido a una tendencia se necesita adicionar una ecuación y una constante de suavizamiento al método de alisado exponencial simple.

Las ecuaciones utilizadas para este método son:

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

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$FIT_t = F_t + T_t$$

Donde:

F_t = pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t

T_t = tendencia suavizada exponencialmente para el periodo t

A_t = demanda real en el periodo t-1 (periodo anterior)

α = constante de suavizamiento para el nivel ($0 \leq \alpha \leq 1$)

β = constante de suavizamiento para la tendencia ($0 \leq \beta \leq 1$)

FIT_t = pronóstico incluyendo tendencia

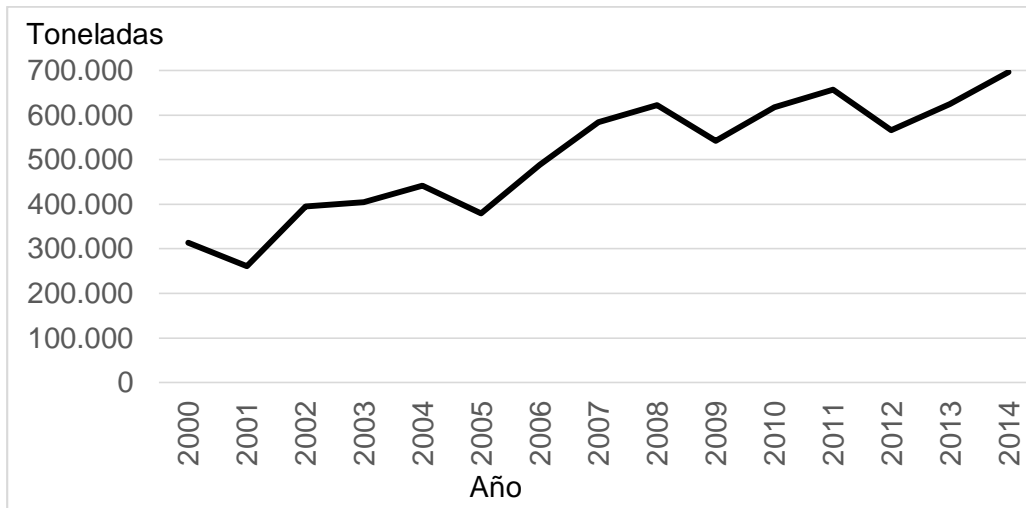
El valor de la constante de suavizamiento o alisado β tiene efectos similares a los de α , ya que una ponderación baja de β proporciona menos peso a las tendencias recientes y suaviza la tendencia actual. Una elevada ponderación otorga mayor peso a tendencias recientes por lo que el método responde más rápido a cambios recientes.

1.3.1.4.6. Alisado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad

Este método es una variante del alisado exponencial doble diseñado para realizar predicciones en series de tiempo con una porción constante de la demanda, tendencia aproximadamente lineal y estacionalidad observable.

La siguiente gráfica ilustra el comportamiento de la demanda de banana en toneladas por persona por parte de Italia desde 2000 al 2014.

Figura 2. **Comportamiento de la demanda de banana en Italia desde 2000 al 2014**



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el gráfico anterior se observa un nivel o porción de demanda constante, una tendencia creciente aproximadamente lineal y una variante cíclica o estacional.

El pronóstico de demanda con este método estaría dado por la siguiente ecuación:

Pronóstico = (nivel + tendencia) * factor de estacionalidad

$$F_t = (L_{t-1} + T_{t-1}) * S_t$$

Donde:

F_{t+1} = pronóstico incluyendo tendencia y estacionalidad para el periodo t+1

L_t = porción constante de la demanda o nivel para el periodo anterior

T_t = es la tendencia o pendiente de crecimiento

S_{t+1} = factor estacional para el periodo t+1

A continuación se presentan las ecuaciones necesarias para realizar la estimación de nivel, tendencia y estacionalidad.

$$L_t = \alpha * \frac{D_{t-1}}{S_{t-1}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$S_{t+1} = \gamma * \frac{D_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-1}$$

Donde:

L_t = nivel para el periodo t

T_t = tendencia para el periodo t

S_{t+1} = factor estacional para el periodo t+1

L_{t-1} = nivel en el periodo anterior al periodo en estudio

D_{t-1} = demanda del periodo anterior al periodo en estudio

S_{t-1} = factor estacional para el periodo en estudio

T_{t-1} = tendencia del periodo anterior al periodo en estudio

α = constante de suavizamiento para el nivel

β = constante de suavizamiento para la tendencia

γ = constante de suavizamiento para el factor estacional

1.3.2. Error de pronóstico

El error de pronóstico no es más que la diferencia entre la demanda de un periodo y la estimación realizada para dicho periodo. Para analizar la precisión de un método de pronóstico es necesario monitorear el error obtenido en cada periodo para establecer si el método sobreestima la demanda o la subestima adicionalmente. Cuando se obtiene un error de pronóstico y está fuera del rango de las estimaciones anteriores, se debe analizar si el método de pronóstico se ha vuelto inapropiado debido a un cambio de tendencia o estacionalidad en la demanda derivada de agentes externos a la empresa.

El error de pronóstico se calcula de la siguiente manera:

$$E = F - D$$

Donde F es la estimación obtenida por el método de pronóstico y D es la demanda real para ese período.

1.3.2.1. Desviación absoluta media (DAM)

Esta medida de error de pronóstico se define como el promedio del valor absoluto del error de pronóstico en los periodos anteriores.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |E_t|$$

1.3.2.2. Error cuadrático medio (MSE)

Esta medida se utiliza para comparar el error global de pronóstico, la fórmula para determinar el MSE es la siguiente:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |E_t^2|$$

La desventaja de utilizar esta medida está en que al elevar al cuadrado cada error de pronóstico, se sancionan aquellos periodos con un error más grande, por lo que el MSE podría indicar que un método de pronóstico es mejor cuando se tienen varias desviaciones pequeñas en lugar de una sola desviación más grande.

1.3.2.3. Error porcentual medio absoluto (MAPE)

Consiste en calcular el error absoluto de cada periodo y expresarlo como porcentaje de las ventas reales de su respectivo periodo, para luego promediar estos porcentajes y así obtener una medida del error global más precisa.

Se calcula de la siguiente manera:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|E_t|}{D_t} * 100}{n}$$

Esta medida es indicador eficiente y fácil de comprender, ya que si se obtiene un MAPE igual al 7 % quiere decir que el pronóstico se aleja de la demanda real en un 7 %.

1.4. Inventario

El inventario se define como el conjunto de piezas, materiales y recursos que una empresa almacena esperando que se utilicen o se vendan.

1.4.1. Tipos de inventario

Un inventario se puede clasificar en tres tipos de acuerdo con la función que este desempeña para la organización.

1.4.1.1. Inventario normal o de ciclo

Inventario requerido para satisfacer la demanda normal de uno o varios productos de una empresa desde que se registra un pedido hasta que se recibe el siguiente. Se utiliza para suplir las ventas durante el tiempo de reaprovisionamiento requerido.

1.4.1.2. Inventario de seguridad

Consiste en las existencias de producto almacenadas por encima de la demanda esperada (inventario normal), la finalidad de este tipo de inventario es evitar el desabastecimiento de un producto (ruptura de inventario) en caso de que uno o más proveedores se retrasen en la entrega de materiales y producto, además de absorber las fluctuaciones de la demanda en cada periodo.

El volumen de este inventario se puede determinar con base en diversos enfoques o criterios, por ejemplo, un enfoque de tiempo es aquel en que la empresa almacena cierto número de días o semanas de producto adicional

debido a que el tiempo de entrega de algún proveedor es demasiado extenso o si el producto es importado y la empresa no desea quedar desabastecida.

El segundo criterio que una organización puede utilizar es el de probabilidad, este consiste en establecer el nivel del inventario de seguridad de tal manera que la empresa tenga únicamente un 10 % de probabilidad de agotar sus existencias. Para ello la empresa debe monitorear constantemente la variabilidad en la demanda de cada producto.

1.4.1.3. Inventario máximo

Es la mayor cantidad de existencias que una empresa debe almacenar, esta se alcanza cuando ingresa un nuevo lote de producto al almacén, de esta manera el inventario total estaría dado por el inventario de seguridad más el volumen del nuevo lote de producto recién ingresado.

1.4.2. Gestión de inventario

La gestión de inventario es la función logística encargada de administrar el volumen de inventario de una empresa, los objetivos principales de esta son:

- Almacenar la menor cantidad de producto posible debido a que cada unidad almacenada representa un costo importante para la empresa.
- Evitar desabastecimiento de producto, toda organización evita el no cumplir con los requerimientos del cliente.

La gestión de inventario debe encontrar un equilibrio para cumplir con sus objetivos principales debido a que si el almacén tiene cantidades insuficientes de producto el costo de almacenaje será mínimo, sin embargo, el nivel de servicio

de la empresa sería deplorable. Por el contrario, si el almacén cuenta con grandes volúmenes de pedido el nivel de servicio brindado sería excelente, pero el costo de almacenaje sería demasiado elevando, disminuyendo la rentabilidad de la cadena de suministro.

1.4.2.1. Costos de la gestión de inventario

A continuación se definen los costos inherentes a la gestión de inventario.

1.4.2.1.1. Costos de almacenaje

Son aquellos en los que incurre la empresa por mantener el producto en las instalaciones del almacén, dentro de estos costos se encuentran:

- Costo de las instalaciones, alquiler o costos de amortización y financiamiento si las instalaciones son propiedad de la empresa, costos de energía eléctrica, agua potable, mantenimiento de las instalaciones etcétera.
- Costos del personal, todos los costos derivados del personal como sueldos y salarios, seguridad social, horas extraordinarias, transporte, alimentación y cualquier otro beneficio atribuible al personal de la empresa.
- Costo de obsolescencia o caducidad, costos relativos al deterioro del producto como el reempaque debido a cortes y/o abolladuras en el empaque, reetiquetado y pérdida de la vida útil de un producto.

1.4.2.1.2. Costos de aprovisionamiento o de pedido

Costos asociados a la recepción y colocación de un lote de pedido independientemente del tamaño del lote de producto. Cuando el lote de producto lo va a producir la misma empresa, se debe agregar el costo de preparación, este último se refiere al costo del tiempo requerido para preparar las instalaciones de la planta de producción y configurar el equipo y maquinaria para la manufactura de un producto en específico.

1.4.3. Sistemas de gestión de inventario

Un sistema de inventario es una herramienta de control que proporciona la estructura y lineamientos para mantener y controlar los productos existentes de una organización para garantizar su disponibilidad en todo momento. El sistema debe permitir a la empresa determinar el nivel de inventario requerido para cada artículo, la cantidad de producto o lote de pedido que se debe pedir, así como el momento en el que debe emitir la orden de pedido, Los sistemas de inventario se pueden clasificar de dos formas, a continuación se describe cada una de ellas.

1.4.3.1. Modelo de cantidad fija con inventario de seguridad

Esta técnica de control de inventario se basa en determinar una cantidad óptima de pedido, esta cantidad de producto es aquella que minimiza los costos de almacenaje de la empresa y al mismo tiempo permite abastecer la demanda durante un lapso. Seguidamente, se debe calcular el punto de reorden, denominado así el número específico de unidades de producto que deben existir en las instalaciones del almacén para colocar una orden de reabastecimiento

solicitando la cantidad óptima de pedido establecida con anterioridad. Este modelo de inventario exige una política de revisión periódica de inventarios y un control de registros continuo debido a que la exactitud de los registros impacta en la exactitud y conveniencia del sistema.

Las ecuaciones requeridas para el desarrollo de este modelo se definen a continuación:

- Cantidad óptima de pedido (Q)

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

Donde:

Q= cantidad optima de pedido

D= demanda anual del producto de interés

S= costo de pedido

H= costo de almacenar una unidad al año

- Punto de re orden (R)

$$R = \bar{d}L + z\sigma_L$$

Donde:

R= punto de reorden en unidades.

\bar{d} = demanda diaria promedio.

L= tiempo estimado requerido para la entrega del pedido en días.

Z= número de desviaciones estándar requeridas para lograr el nivel de servicio deseado para cada producto.

σ_L = desviación estándar de la demanda de producto durante el tiempo de entrega.

- Número de pedidos (N)

$$N = \frac{D}{Q}$$

Donde:

N = número de pedidos al año

D= demanda anual

Q = cantidad óptima de pedido

- Tiempo entre cada pedido (T)

$$T = \frac{Q}{D} * 365$$

T= tiempo entre cada pedido dado en días

Q= cantidad optima de pedido

D= demanda anual de producto

- Costo total (CT)

$$CT = D * C + \frac{D}{Q} * S + \frac{(Q + SS)}{2} * H$$

Donde:

CT = costo total anual

D = demanda anual

C= costo por unidad

S= costo de hacer un pedido o de preparación de un pedido

SS= inventario de seguridad

Q= cantidad optima de pedido

H= costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario

1.4.3.2. Modelo de periodos fijos con inventario de seguridad

Denominado también sistema de revisión periódica, este modelo se basa en realizar pedidos de cantidad variable al final de un periodo previamente definido, el conteo de inventario es más flexible y se realiza únicamente en periodos de revisión (algunos días previos al de tiempo establecido).

Para utilizar esta técnica de inventario es necesario un mayor nivel de inventario de seguridad que en el sistema de pedido fija. Debido a que no se tiene un registro perpetuo del inventario es posible desabastecerse de producto en fechas cercanas al periodo de pedido o posterior a este, debido a un incremento inesperado en la demanda, por lo que se hace necesario utilizar un inventario de seguridad lo suficientemente grande para suplir la demanda durante el periodo de revisión y el tiempo requerido para la entrega del nuevo pedido.

Las ecuaciones requeridas para el desarrollo de este modelo se definen a continuación:

$$Q = \bar{d}(T + L) + Z * \sigma_{T+L} - I$$

Donde:

Q= cantidad por pedir.

T= Número de días entre revisiones.

L= Tiempo de entrega en días.

Z= Número de desviaciones estándar por una probabilidad de servicio específica.

I= Nivel de inventario actual.

\bar{d} = Demanda diaria promedio pronosticada.

σ_{T+L} = Desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y el periodo de entrega.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Departamento de ventas

El departamento de ventas de tiene a su cargo la gestión comercial de la empresa en estudio; entre las actividades que desempeña se encuentran:

- Elaborar campañas publicitarias en heladerías, supermercados y redes sociales.
- Elaborar promociones para alcanzar las metas de venta establecidas e impulsar productos con baja demanda o de lento crecimiento.
- Analizar y monitorear las tendencias del mercado actual, realizando investigaciones que permitan determinar los gustos y preferencias del consumidor.
- Determinar por medio de las investigaciones de mercado si un producto en desarrollo tendría aceptación en el mercado y si es económicamente viable la introducción del mismo.
- Auditar y monitorear el servicio brindado al consumidor final tanto en puntos de venta como en cadenas de supermercados, cerciorándose de que el personal realice sus tareas con excelencia y que las instalaciones de servicio sean higiénicas y agradables a la vista.
- Realizar anualmente el pronóstico de ventas

2.1.1. Estimación de la demanda por parte del departamento de ventas

En la actualidad, la dirección de la empresa en estudio encomienda al departamento de ventas la tarea de pronosticar mes a mes la demanda de cada producto, para ello utilizan un método cualitativo comenzando por examinar el historial de ventas del mes de interés en el año anterior e incrementar en determinado porcentaje dichas cantidades.

La tasa de incremento o porcentaje está dada por la intuición y juicio personal del líder del equipo de ventas sin contemplar las promociones elaboradas por el equipo de mercadeo. Sin embargo, esta práctica de pronóstico es infructuosa debido a que las ventas reales difieren en un elevado porcentaje respecto de la proyección realizada ya que el pronóstico no contempla patrones históricos de tendencia y estacionalidad

En muchas ocasiones la demanda de producto es sobreestimada, incrementando el costo de almacenaje ya que se debe acumular grandes volúmenes de producto por largos periodos, mientras que algunas veces es subestimada, el pronóstico actual y los niveles de inventario establecidos no tienen la capacidad de absorber los incrementos de la demanda, provocando que la cadena de suministro incurra en costos no planificados como el pago de horas extra, transporte y alimentación ya que se ve obligada a cumplir pedidos de último momento que el departamento de ventas utiliza para satisfacer la demanda.

Debido a la imprecisión en el pronóstico de ventas el plan de requerimiento de materiales elaborado por el departamento de producción es sumamente inexacto como resultado en algunas ocasiones la planta carece de ciertas

materias primas por lo que se ve obligada a interrumpir la producción si esta ya comenzó o retrasarla si todavía no ha iniciado.

2.1.1.1. Consecuencias en el abastecimiento de los puntos de venta

Como consecuencia de la imprecisión en el pronóstico de la demanda por parte del departamento de ventas, el funcionamiento de la cadena de suministro se ve seriamente afectada debido a que la planificación y programación de las operaciones se realiza en base a los requerimientos del departamento de ventas, por lo que la recepción de pedidos con prioridad de urgente para clientes mayoristas desestabiliza el flujo de las operaciones generando un efecto látigo a lo largo de toda la cadena de suministro.

Como resultado, en algunas ocasiones es necesario retrasar el abastecimiento en los puntos de venta propios para satisfacer la demanda de clientes mayoristas (perdiendo ingresos por falta de producto en las heladerías) mientras que en otras ocasiones se opta por utilizar una unidad de transporte adicional para cumplir con la solicitud del cliente mayorista sin desabastecer los puntos de venta de la empresa en estudio.

2.1.1.2. Consecuencias en el nivel de servicio al cliente

Debido a la deficiencia en la planificación de la cadena de suministro esta incurre constantemente en costos innecesarios para conservar la calidad y el nivel de servicio al cliente establecido por la empresa, sin embargo, en algunas ocasiones el nivel de servicio se ve seriamente afectado ya que la empresa no puede cumplir la solicitud de un cliente y aun así se incurre en costos adicionales.

Un claro ejemplo de esto es cuando el departamento de distribución no puede entregar un pedido completo bajo ninguna circunstancia debido a que el inventario de producto es insuficiente y la planta de producción se encuentra rezagada por incrementos no previstos en la demanda. Por lo que se resuelve con el cliente entregar la parte faltante del pedido en los próximos días, si este no acepta la cadena de suministro es penalizada de tal manera que debe absorber la pérdida económica del departamento de ventas.

2.2. Cadena de suministro

La cadena de suministro de la empresa en estudio está integrada por los departamentos de: producción, almacenaje, distribución y control de calidad. Estos trabajan en conjunto para coordinar desde el abastecimiento de insumos hasta la entrega de producto final en las instalaciones del cliente.

2.2.1. Departamento de producción

Entre las actividades que el departamento de producción tiene a su cargo se encuentran:

- Elaborar el producto con eficiencia y eficacia de acuerdo a los estándares de calidad previamente establecidos.
- Planificar y programar la producción de cada producto de acuerdo con las solicitudes del departamento de ventas.
- Planificar el requerimiento de materiales y programar el abastecimiento de los mismos según el pronóstico de ventas.
- Analizar el proceso de producción constantemente en busca de la mejora continua.

2.2.1.1. Proceso de producción

El proceso de producción puede describirse en cinco etapas básicas:

- Planeación de la producción

Para esta etapa el jefe de producción programa la producción de cada lote de producto de acuerdo con el requerimiento del departamento de ventas, además de enviar al área de bodega el requerimiento de materia prima para dicha producción.

- Mezcla de ingredientes y cocción

El auxiliar de producción agrega a cada tanque de mezcla la cantidad de leche entera, yema de huevo, crema de leche, azúcar, mantequilla, estabilizador y emulgente de acuerdo a la receta de cada tipo de helado cremoso, esta mezcla debe cocinarse durante 50 minutos a una temperatura de 40°C.

- Pasteurización y homogenización

El auxiliar de producción encargado de la pasteurización debe ingresar la mezcla recién producida al intercambiador de calor de la planta de mixtura para someterla a un proceso de pasteurización y eliminar agentes patógenos que puedan provocar enfermedades, seguidamente conforme la mezcla fluye fuera de la pasteurizadora se hace circular a través del homogeneizador de la planta de mixtura para evitar la sedimentación de los lácteos utilizados y así mejorar la textura y viscosidad del helado.

- Maduración de la mezcla

El auxiliar de producción encargado de maduración debe conectar las mangueras de transporte desde la planta de mixtura hasta uno de los tanques de maduración, donde debe la mezcla debe reposar hasta la siguiente etapa.

- Saborización e inyección de aire

En esta etapa el auxiliar de producción conecta las mangueras de traslado desde el tanque de maduración hacia las mantecadoras, luego añade colorante y saborizantes a la mezcla dentro de la mantecadora, el tipo de color y sabor así como la cantidad de cada uno se incorpora según la receta de cada tipo de helado.

Dentro de la mantecadora mediante un tanque cilíndrico con refrigeración en las paredes y unas aspas de metal en el centro girando continuamente se bate la mezcla de helado enfriándose e inyectando cierta cantidad de aire a la misma, de esta manera se obtiene un helado con textura más suave, consistente y ligero.

- Control de calidad y envasado

Al terminar el ciclo de la mantecadora el auxiliar de producción debe abrir la tolva de descarga de la máquina para extraer una muestra de aproximadamente 250 ml y entregar al departamento de control de calidad.

Posteriormente, al recibir el aval del departamento de producción el auxiliar debe abrir la tolva de descarga de la mantecadora y envasar cada caja de helado cerrando la tapa herméticamente y colocando la etiqueta correspondiente a cada sabor.

Seguidamente al finalizar el envasado y etiquetado de producto coloque cada recipiente en la banda transportadora para que el auxiliar de bodega lo reciba en los cuartos de refrigeración.

2.2.1.1.1. Materia prima utilizada

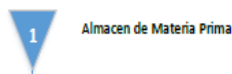
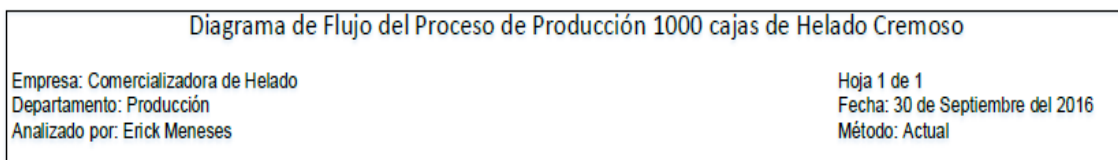
Para la elaboración del helado cremoso la empresa utiliza leche de vaca 100 % natural (compuesta en un alto porcentaje por grasas y proteínas), crema de leche y yemas de huevo para obtener el porcentaje de grasa requerido para elaborar un helado categoría súper *premium*.

Se utiliza un emulgente para mezclar los ingredientes anterior y un estabilizador de alimentos para cambiar la textura y consistencia de la mezcla anterior así como azúcar, saborizantes y colorantes de acuerdo al tipo de helado que se va producir.

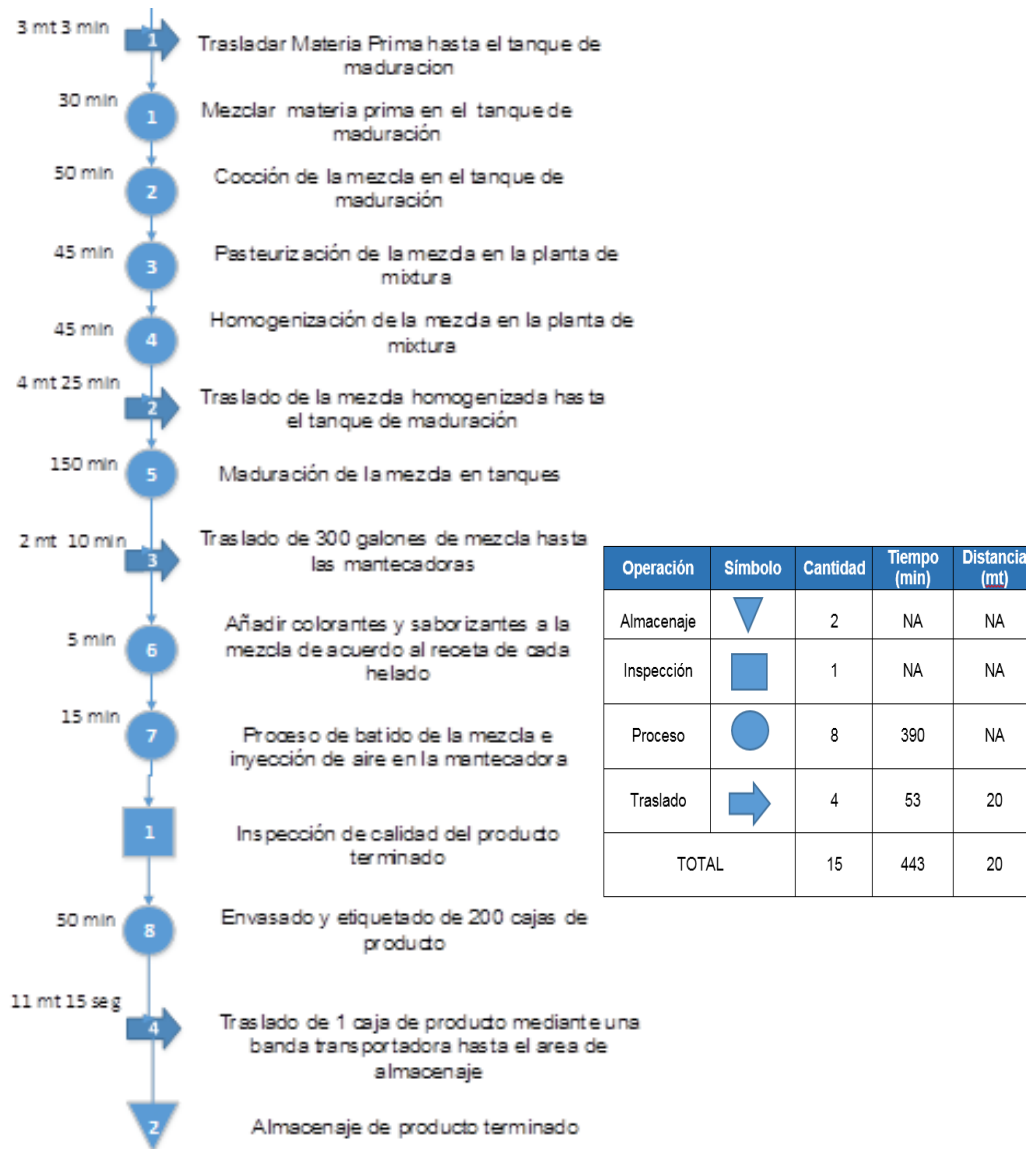
2.2.1.1.2. Diagrama de flujo del proceso

En el siguiente diagrama se observa a detalle el proceso de producción.

Figura 3. **Diagrama de flujo del proceso de producción de helado**



Continuación figura 3.



Fuente: elaboración propia empleando Microsoft Visio.

2.2.1.1.3. Capacidad instalada

En la actualidad la planta de producción cuenta con la capacidad de producción de 1 000 cajas de helado cremoso al día, para ello tiene a su disposición la siguiente maquinaria y equipo.

Tabla I. **Descripción del equipo disponible en la planta de producción**

Maquinaria y equipo	Proceso	Cantidad	Capacidad
Tanque de mezcla	Mezclado	3	500 Gal / 50 Min c/u
Tanque de Maduración	Maduración	3	500 Gal / 50 Min c/u
Pasteurizadora	Pasteurización	1	33.33 Gal/ Min
Homogeneizadora	Homogenización	1	33.33 Gal/ Min
Mantecadora	Batido	5	300 Gal/15 Min c/u
Mantecadora	Envasado	5	4 Cajas/Min c/u

Fuente: elaboración propia.

En lo que se refiere a los tanques de mezcla los tres pueden funcionar al mismo tiempo en paralelo, lo mismo aplica para los tanques de maduración y las mantecadoras en el proceso de saborización y envasado.

2.2.1.2. Plazos para la entrega de requerimientos de producto

En la actualidad no existe un acuerdo de servicio entre el departamento de producción y el departamento de ventas para la recepción de pedidos de clientes mayoristas.

2.2.2. Departamento de almacenaje

El departamento de almacenaje tiene a su cargo entre otras cosas:

- Realizar las actividades de recepción, despacho, registro y control de producto terminado y materia prima.

- Ejercer mensualmente un registro y control de las existencias y movimientos de productos almacenados para constatar con el departamento de contabilidad, dilucidando aquellas discrepancias ocasionadas por obsolescencia (caducidad y/o daño del contenido o recipiente).

2.2.2.1. Descripción del proceso de almacenaje

- Almacenaje de producto terminado

El auxiliar de almacenaje recibe el producto terminado de la banda transportadora que conecta la planta de producción con los cuartos de refrigeración, en ese instante revisa el estado físico del producto, inspeccionando que la caja de producto esté en buen estado, cerrada herméticamente y que tenga etiqueta de sabor, marca y código de barras.

Seguidamente ubica el producto en las estanterías de la cámara de refrigeración agrupándolo por sabor y presentación ubicando el producto con alta rotación en las estanterías más cercanas al área de carga, al terminar de colocar todo el producto revise que la temperatura de la cámara de refrigeración este a -35°C.

Por último, el coordinador de almacenaje ingresa al software utilizado para el manejo y control de inventario el total de producto recibido por parte del departamento de producción.

- Almacenaje de producto rechazado

El auxiliar de almacenaje verifica que el producto rechazado coincida con la orden de devolución en cantidad, tipo de producto y número de lote. Seguidamente notifica al departamento de control de calidad cuando el producto sea rechazado por aspectos fisicoquímicos y lo entrega para su posterior análisis.

En caso de que el producto sea rechazado por deterioro en el empaque o recipiente deberá notificar al departamento de producción y enviar el producto para sea reempacado y reetiquetado. Caso contrario si la mercadería fue rechazada por no coincidir en cantidad o sabor con el pedido del cliente el auxiliar deberá almacenarlo nuevamente en el área que corresponda.

Por último, el coordinador de almacenaje ingresa nuevamente al software de manejo y control de inventario el producto que fue rechazado por no coincidir en sabor o cantidad con el requerimiento del cliente, aquel producto deteriorado que necesita ser reempacado y reetiquetado deberá ingresarlo al sistema hasta haber sido solventada esta situación.

2.2.3. Departamento de distribución

El departamento de distribución tiene a su cargo la entrega de producto a todos los puntos de venta de la empresa y establecimientos de clientes mayoristas.

2.2.3.1. Descripción del proceso de distribución

El proceso de distribución de producto puede describirse en nueve etapas básicas:

- Planificación de las rutas de entrega

En esta etapa el coordinador de distribución estructura las rutas de entrega de acuerdo con los pedidos solicitados y sus respectivos puntos de entrega, posteriormente asigna unidad de transporte, piloto y grado de prioridad a cada una de las rutas establecidas. Por último, prepara las órdenes de carga para los auxiliares de bodega del departamento de almacenaje.

- Inspección de unidad de transporte

Para esta etapa del proceso el piloto realiza una inspección del estado físico de la unidad de transporte, revisando neumáticos, luces, limpieza de la unidad y limpieza de la cámara de refrigeración.

El coordinador de distribución, previo a cargar producto a la unidad de transporte, revisa el registro de control de temperatura de la cámara de refrigeración durante la noche, en caso de que alguna unidad de transporte no cumpla con la temperatura de enfriamiento no podrá salir a ruta.

- Recepción de producto

Para esta etapa el coordinador de distribución en conjunto con el piloto verifica lo siguiente:

- La cantidad, presentación y sabor de producto corresponde con el pedido.
- El recipiente o empaque del producto carece de abolladuras, cortes o agujeros.
- El producto cuenta con etiqueta de fecha de vencimiento ubicada en donde corresponde.

- El producto cuenta con etiqueta de sabor ubicada donde corresponde y esta corresponde al producto.

En caso de que el producto no cumpla con lo establecido en los incisos anteriores, el coordinador de distribución solicita al auxiliar de bodega un cambio de producto y notifica al jefe de producción los defectos encontrados así como el lote de fabricación al que corresponden.

- Carga de producto y entrega de documentación

El piloto en conjunto con su auxiliar carga todo el producto previamente verificado a los compartimientos de la cámara de refrigeración de la unidad de transporte asignada.

El coordinador de distribución entrega a cada piloto la documentación respectiva de cada pedido, formatos de control de tiempo de entrega y de control de temperatura de cada cámara de refrigeración en ruta.

- Entrega de producto

El piloto, previo a la descarga de producto en el punto de venta realiza las siguientes actividades:

- Marca la temperatura de la cámara de refrigeración en el registro de control de temperatura de la cámara de refrigeración en ruta.
- Marca el kilometraje indicado por el odómetro y hora exacta de llegada al punto de venta en el registro de control de tiempos de entrega.

Posteriormente el piloto y su auxiliar colocan el producto nuevo debajo/atrás del producto antiguo en el exhibidor y congelador del punto de venta o supermercado

- Entrega de documentación, equipo y producto rechazado

El piloto, al finalizar la ruta de entrega establecida, entrega al coordinador de distribución la unidad de transporte que le fue asignada así como la documentación recibida durante el despacho y cualquier otro documento que le proporcione el cliente.

El coordinador de distribución verifica la hoja de control de temperatura de la cámara de refrigeración en ruta.

- El piloto y el auxiliar del piloto notifican al coordinador de distribución el rechazo de producto y entregan a contabilidad la documentación que justifica el motivo del rechazo.
- El coordinador de distribución entrega al auxiliar de bodega el producto rechazado para que sea almacenado nuevamente.
- El coordinador de distribución en conjunto con el piloto verifica el estado de la unidad de transporte utilizando el registro de control de limpieza y estado general de unidades de transporte.

Por último, el coordinador de distribución transfiere al jefe de logística el registro de control de tiempos de entrega.

- Análisis de la efectividad para cada ruta de entrega

Para la etapa final del proceso de distribución el jefe de logística con base en el registro de control de tiempos de entrega y el número de rechazos de producto realiza un análisis de la efectividad en cada una de las rutas de entrega.

2.2.4. Departamento de control de calidad

El departamento de control de calidad es el responsable de monitorear y supervisar entre otras cosas aspectos como inocuidad, valor nutricional de las materias primas utilizadas para el proceso de producción así como el producto final para garantizar que el producto que es entregado al cliente cumple con los más altos estándares de calidad.

2.2.4.1. Análisis de materia prima utilizada

El laboratorista de control de calidad toma una muestra de cada lote de leche líquida que propone el proveedor para realizar un completo análisis nutricional y microbiológico controlando aspectos como porcentaje de grasa, proteínas, acides, densidad entre otros. En caso de que un lote no cumpla con los estándares establecidos con el proveedor el laboratorista comunica al jefe de control de calidad para que este solicite al proveedor un cambio de producto.

Para el caso de productos procesados como es el caso de la mantequilla y la crema de huevo verifica la fecha de caducidad, presentación y cantidad de producto enviada por el proveedor. Posteriormente, el laboratorista de control de calidad toma una muestra de cada lote de producto y realiza un análisis nutricional para especificar si el producto cumple con los estándares de calidad establecidos.

2.2.4.2. Análisis del producto final

Al finalizar la producción de un lote de helado cremoso el laboratorista de control de calidad toma una muestra del producto y realiza una evaluación sensorial de la textura, sabor, color y olor para asegurar la calidad del producto.

Cuando el resultado de la prueba es satisfactorio se etiqueta y conserva en una cámara de refrigeración durante seis meses como evidencia de la calidad del producto.

2.3. Análisis de los costos actuales de la cadena de suministro

Para generar una estrategia que beneficie a la empresa es necesario analizar el costo de cada actividad para así determinar el campo de acción, personas involucradas, equipo utilizado además de las fortalezas y debilidades de la cadena de suministro.

Para facilitar el análisis de costos se solicitó al departamento de contabilidad una tabla, por cada área de la cadena de suministro, detallando los costos y ventas efectivas del cuarto bimestre del año 2016.

2.3.1. Costos de derivados de la carencia de un modelo de pronóstico

- Costos de producción (agosto-septiembre)

Tabla II. **Resumen de los costos del departamento de producción de la cadena de suministro**

COSTOS PRODUCCIÓN		
DESCRIPCION	AGOSTO 2016	SEPTIEMBRE 2016
Sueldos	Q73 000,00	Q73 000,00
Horas extras	Q10 829,00	Q12 375,00
Alimentos	Q2 000,00	Q2 420,00
Papelería y útiles	Q325,69	Q235,00
Insumos y materia prima	Q25 387,61	Q28 459,75
Mantenimiento de maquinaria/equipo	Q8 965,62	Q0,00
Servicios públicos	Q3 020,00	Q3 500,00
Energía eléctrica	Q11 950,03	Q12 720,55
Transporte	Q2 475,00	Q2 750,00
Total gastos	Q137 952,30	Q135 460,30
Ventas del mes	Q5 685 300,00	Q5 716 500,00

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el resumen de costos de producción, este departamento presenta elevados costos relacionados al personal como el pago de horas de trabajo extraordinarias, alimentación y transporte derivados de planificar y programar la producción con base en una proyección de ventas errada.

Como consecuencia el departamento de producción se enfrenta a varios escenarios entre los que se pueden mencionar:

- Extender por varias horas la jornada de trabajo para cumplir con la demanda de producto o reabastecer el volumen de producto almacenado cuando la demanda ha sido sobrestimada.
 - Producir pedidos urgentes solicitados por el departamento de ventas.
 - Retrasar el inicio de la producción ya que carece de materia prima requerida, debido a que el plan de requerimiento de materiales se realiza mediante el pronóstico de ventas.
- Costos de distribución

Tabla III. **Resumen de los costos de distribución de la cadena de suministro**

COSTOS DE DISTRIBUCIÓN		
DESCRIPCION	AGOSTO 2016	SEPTIEMBRE 2016
Sueldos	Q70 700,00	Q70 700,00
Horas extras	Q16 650,00	Q18 037,50
Pedidos faltantes o pendientes	Q2 880,00	Q3 120,00
Transportes	Q3 600,00	Q3 900,00
Papelería y útiles	Q200,00	Q176,00
Servicios públicos	Q334,00	Q376,00
Energía eléctrica	Q3 000,00	Q3 400,00
Mantenimiento de unidades	Q1 800,00	Q1 800,00
Combustible	Q11 911,36	Q12 168,24
Seguros	Q2 500,00	Q2 500,00
Total gastos	Q113 575,36	Q116 177,74
Ventas del mes	Q5 685 300,00	Q5 716 500,00

Fuente: elaboración propia.

El costo de operación del departamento de distribución es elevado, debido al pago de horas de trabajo extraordinarias y transporte de sus trabajadores como consecuencia de retrasar las entregas de producto por falta de producto en inventario, enviar una unidad de transporte para cumplir con un pedido de último momento.

Cabe resaltar que parte de las horas de trabajo extraordinarias se deben a que algunos puntos de venta se encuentran en departamentos como Huehuetenango, Quetzaltenango, Cobán, Petén y otras ubicaciones sumamente alejados de la ciudad capital que no pueden ser desatendidas ya que representan un canal de ventas sumamente atractivo.

Entre los costos de operación se observa uno asociado a los pedidos faltantes o pendientes esto se debe a que en algunas ocasiones ciertos pedidos no se puede entregar en el día que el departamento de ventas y el cliente acordaron, por lo que se resuelve entregarlos en días posteriores si el cliente lo acepta. De lo contrario, la cadena de suministro debe desembolsar el valor de la venta perdida al departamento de ventas y en algunas ocasiones debido a los acuerdos de nivel de servicio establecidos entre la empresa y algunos clientes se entrega producto adicional sin ningún costo como penalización. Este costo podría eliminarse si la cadena de suministro, el departamento de ventas y mercadeo trabajaran según un modelo de planificación de ventas y operaciones o S&OP.

Por último, la empresa podría analizar las rutas de entrega utilizadas para determinar su eficiencia y rentabilidad.

- Costos de almacenaje

Tabla IV. **Resumen de los costos de almacenaje de la cadena de suministro**

COSTOS DE ALMACENAJE		
DESCRIPCIÓN	AGOSTO 2016	SEPTIEMBRE 2016
Sueldos	Q64 500,00	Q64 500,00
Horas extras	Q15 000,00	Q16 250,00
Alimentación	Q2 640,00	Q2 860,00
Transportes	Q3 300,00	Q3 575,00
Papelería y útiles	Q251,00	Q298,00
Servicios públicos	Q890,00	Q1 032,00
Mantenimiento de instalaciones	Q2 000,00	
Costo de las Instalaciones	Q52 721,44	Q53 688,40
Costos por obsolescencia de producto	Q1 200,00	Q750,00
Total gastos	Q142 502,44	Q142,953,40
Ventas del mes	Q5 685 300,00	Q5 716 500,00

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior el departamento de almacenaje incurre en costos de alimentación, transporte y pago de horas de trabajo extraordinarias debido a que los trabajadores de este departamento se ven obligados a permanecer en las instalaciones de la empresa hasta que el departamento de producción traslade hasta el último envase de producto a los cuartos fríos, para así revisar la calidad del envase, etiquetar el producto, registrarlo en el sistema de inventario y finalmente almacenarlo en el *pallet* correspondiente.

Adicionalmente, en el resumen se observan costos por obsolescencia de producto el cual puede eliminarse monitoreando constantemente aquellos sabores de helado con baja rotación y reduciendo el volumen de inventario de los mismos, ya que en la actualidad se encuentran altos volúmenes de inventario de dichos productos ocupando espacio que podría utilizarse para almacenar productos con mayor impacto en las ventas totales y reducir así, en cierta medida, el costo de operación de las instalaciones.

- Costos de controlar la calidad

Tabla V. **Resumen de los costos del control calidad de la cadena de suministro**

CONTROL DE CALIDAD		
DESCRIPCIÓN	AGOSTO 2016	SEPTIEMBRE 2016
Sueldos	Q39 000,00	Q39 000,00
Horas extras	Q3 675,00	Q4 175,00
Alimentación	Q1 200,00	Q1 040,00
Suministros diversos	Q577,57	Q499,24
Servicios públicos	Q180,00	Q168,00
Utensilios y muestreo	Q3 335,68	Q4 591,32
Total gastos	Q47 968,25	Q49 473,56
Ventas del mes	Q5 685 300,00	Q5 716 500,00

Fuente: elaboración propia.

Analizando el resumen de los costos del departamento de control de calidad se pueden apreciar costos prescindibles que deben reducirse o eliminarse como el pago de horas de trabajo extraordinarias y alimentación.

El departamento de control de calidad depende completamente del ritmo de trabajo de la planta de producción para realizar el análisis producto terminado que garantiza la calidad del producto enviado al cliente, por lo que para reducir el costo de operación de este departamento es necesario alinear las operaciones del departamento de producción.

3. PROPUESTA DEL MODELO DE PRONÓSTICO POR DESARROLLAR

3.1. Recopilación de datos históricos de ventas

Primero se debe recopilar información de las ventas pasadas de cada producto en estudio. Para realizar un pronóstico fidedigno es necesario utilizar un historial de ventas por producto con información de al menos dos años.

Para la recopilación de la información de ventas se precisa acudir al software utilizado para el manejo y control de inventario de la empresa, ya que ahí es donde el departamento de almacenaje realiza las transacciones virtuales de egreso y reingreso de mercadería según las solicitudes del departamento de distribución.

Con ayuda de esta herramienta se obtiene una base histórica de las ventas realizadas en los últimos dos años, tomando como referencia octubre de 2014 hasta septiembre de 2016.

3.2. Pronóstico de la demanda

El flujo de productos e información en la cadena de suministro inicia con la demanda de producto, por lo tanto, este será el punto de partida.

3.2.1. Métodos de series de tiempo

Para la estimación de ventas de cada producto de la empresa en estudio se propone realizar una proyección basada en métodos de series de tiempo, la selección de esta herramienta se debe a la precisión de este tipo de pronóstico así como la mínima inversión que debe realizarse para el desarrollo del mismo.

Actualmente, la empresa ya cuenta con toda la información y herramientas necesarias para elaborar las proyecciones.

Para la proyección de ventas futuras de la empresa se proponen los siguientes métodos de series de tiempo:

- Método de promedio aritmético
- Media móvil
- Media móvil ponderada
- Alisado exponencial
- Alisado exponencial con ajuste de tendencia (Holt)
- Alisado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad (Winters)

Se utilizarán los primeros 19 meses del historial de ventas de cada producto como fuente de información para el desarrollo cada una de las técnicas de pronóstico descritas anteriormente.

Tabla VI. **Historial de ventas de helado cremoso sabor vainilla**

		Sabor Vainilla		
		Mes	Año	Demanda
Banco de datos utilizado para desarrollar el método de pronóstico	1	Octubre	2014	2 315
	2	Noviembre	2014	2 519
	3	Diciembre	2014	2 787
	4	Enero	2015	2 854
	5	Febrero	2015	2 775
	6	Marzo	2015	3 119
	7	Abril	2015	2 938
	8	Mayo	2015	2 844
	9	Junio	2015	3 207
	10	Julio	2015	3 157
	11	Agosto	2015	3 390
	12	Septiembre	2015	3 439
	13	Octubre	2015	3 517
	14	Noviembre	2015	3 537
	15	Diciembre	2015	3 515
	16	Enero	2016	3 387
	17	Febrero	2016	3 832
	18	Marzo	2016	3 775
	19	Abril	2016	3 635
Periodo de Prueba	20	Mayo	2016	4 125
	21	Junio	2016	4 045
	22	Julio	2016	4 119
	23	Agosto	2016	4 259
	24	Septiembre	2016	4 163

Fuente: elaboración propia.

A continuación se realizará una muestra de cálculo para ejemplificar cómo aplicar cada uno de los métodos descritos anteriormente. Se procederá a realizar el pronóstico de ventas correspondiente a mayo de 2016 con la finalidad de facilitar el análisis de los resultados que se presentarán en el cuarto capítulo.

- Pronóstico aplicando el método de promedio aritmético

Para utilizar este método se debe promediar las ventas de todos los meses anteriores, en este caso desde octubre de 2014 hasta abril de 2016

$$F_t = \frac{2\,315 + 2\,519 + 2\,787 + 2\,854 + 2\,775 + 3\,119 + \dots + 3\,775 + 3\,635}{19}$$

Pronóstico de ventas mayo 2016 = 3 187 cajas

- Pronóstico aplicando el método de media móvil

Para aplicar este método basta con promediar las ventas de los últimos cuatro meses anteriores al mes que se desea pronosticar.

$$F_t = \frac{3\,387 + 3\,832 + 3\,775 + 3\,635}{4}$$

Pronóstico de ventas mayo 2016 = 3 658

- Pronóstico aplicando el método de media móvil ponderada

Este método es similar al de media móvil, sin embargo en este se asigna una ponderación o “peso” a cada uno de los meses 4 meses anteriores de acuerdo con la relevancia que cada uno tendrá en las ventas del mes siguiente.

$$F_t = 3\,387 * 0,1 + 3\,832 * 0,1 + 3\,775 * 0,3 + 3\,635 * 0,5$$

Pronóstico de ventas mayo de 2016 = 3 672

- Pronóstico aplicando el método de alisado exponencial

De acuerdo con la información presentada en el primer capítulo, se procederá de la siguiente manera, se utilizara el promedio aritmético de los 4 meses anteriores como pronóstico o estimación anterior, el valor de 0,74029 como constante de suavizamiento “ α ” y las ventas del mes de abril 2016 como demanda real del periodo anterior.

El procedimiento para estimar las ventas del periodo en estudio es el siguiente:

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

Donde:

F_t = Pronóstico de mayo de 2016

F_{t-1} = 3 628

α = 0,74029

A_{t-1} = 3 775

$$F_t = 3 628 + 0,74029(3 775 - 3 628)$$

Pronóstico de ventas mayo de 2016 = 3 736 cajas

- Pronóstico aplicando el método de Holt

De acuerdo con la información presentada en el primer capítulo, se procederá de la siguiente manera, se utilizara el promedio aritmético de

los cuatro meses anteriores como pronóstico anterior, el valor de 0,1002 como constante de suavizamiento “ α ”, las ventas de abril de 2016 como demanda real del periodo anterior. La tendencia del periodo anterior o T_{t-1} estará dada por la diferencia de las ventas reales de marzo y abril de 2016; Por último, se empleará 0,8400 como constante de tendencia “ β ”.

El procedimiento para estimar las ventas del periodo en estudio es el siguiente:

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

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$FIT_t = F_t + T_t$$

Donde:

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para mayo de 2016

$$A_{t-1} = 3\,775$$

$$F_{t-1} = 3\,628$$

$$T_{t-1} = 57$$

$$\alpha = 0,1002$$

$$F_t = 0,1002 * 3\,775 + (1 - 0,1002) * (3\,628 + 57) = 3\,695$$

$$\beta = 0,8400$$

$$F_t = 3\,695$$

$$F_{t-1} = 3\,628$$

$$T_{t-1} = 57$$

T_t = Tendencia suavizada exponencialmente para mayo de 2016

$$T_t = 0,8400 * (3\ 695 - 3\ 628) + (1 - 0,8400) * 57 = 66$$

$$FIT_t = 3\ 695 + 66$$

Pronóstico de ventas mayo de 2016 = 3 761 cajas

- Pronóstico aplicando el método de Winters

De acuerdo con la información presentada en el primer capítulo, se procederá de la siguiente manera, se utilizará el promedio aritmético de los 4 meses anteriores como pronóstico anterior, el valor de 0,2173 como constante de suavizamiento “ α ”, las ventas de abril de 2016 como demanda real del periodo anterior D_{t-1} . La tendencia del periodo anterior o T_{t-1} estará dada por la diferencia de las ventas reales de marzo y abril de 2016; Por último, se empleara el valor 0,2933 como constante de tendencia “ β ” y 0.6393 como constante de estacionalidad “ γ ”.

El procedimiento para estimar las ventas del periodo en estudio es el siguiente:

$$L_t = \alpha * \frac{D_{t-1}}{S_{t-1}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

Donde:

L_t = Nivel para el periodo de mayo de 2016

$\alpha = 0,2173$

$D_{t-1} = 3\ 775$

$S_{t-1} = 0,9936$

$$L_{t-1} = 3\,568$$

$$T_{t-1} = 57$$

$$L_t = 0,2173 * \frac{3\,775}{0,9936} + (1 - 0,2173)(3\,568 + 57)$$

$$L_t = 3\,662$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Donde:

T_t = Tendencia para el periodo mayo de 2016

$$L_t = 3\,662$$

$$\beta = 0,2933$$

$$L_{t-1} = 3\,568$$

$$T_{t-1} = 57$$

$$T_t = 0,2933 * (3\,662 - 3\,568) + (1 - 0,2933) * 57$$

$$T_t = 68$$

$$S_t = \gamma * \frac{D_{t-1}}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-1}$$

Donde:

$$L_t = 3\,662$$

$$D_{t-1} = 3\,775$$

$$S_{t-1} = 0,9936$$

$$\gamma = 0,6393$$

$$S_t = 0,6393 * \frac{3\,775}{3\,662} + (1 - 0,6393) * 0,9936$$

$$S_t = 1,01742$$

$$F_t = (3\,662 + 68) * 1,01742 = 3\,795$$

Pronóstico de ventas de mayo 2016 = 3 761 cajas

3.2.2. Análisis del error de pronóstico de cada método

Para ratificar la precisión y exactitud de cada técnica de pronóstico de series de tiempo es necesario desarrollar estimaciones de ventas para un periodo de prueba definido. Aplicando cada una de las técnicas en estudio es posible comparar dichas predicciones con la demanda real obtenida para la franja simulada o periodo de prueba y así evaluar la capacidad así como la adaptabilidad de cada técnica ante las variaciones de la demanda en tiempo real.

Se establecerán los últimos cinco meses del historial de ventas como franja simulada o periodo de prueba y como indicadores de desempeño para cada método de pronóstico se utilizarán las siguientes medidas de error de pronóstico:

- Error absoluto
- Desviación media absoluta (MAD)
- Error cuadrático medio (MSE)
- Error porcentual medio absoluto (MAPE)

Debido a que cada una de estas medidas representa una forma distinta de analizar la desviación o sesgo obtenido en una proyección de ventas, será necesario calcular estos cuatro indicadores con la información de cada técnica de pronóstico y compararlos en conjunto para luego determinar cómo se deben estimar las ventas de cada producto.

Con la finalidad de facilitar el análisis de los resultados que se presentaran en el cuarto capítulo, a continuación se realizara una pequeña muestra de cálculo, para demostrar cómo determinar cada medida de error, utilizando los datos correspondientes al método de Winters para el periodo de prueba del helado cremoso sabor vainilla.

Tabla VII. Pronóstico y error de pronóstico generado por el Winters en la estimación de la demanda real de helado cremoso con sabor a vainilla

Método de Winters aplicado a la demanda de helado sabor vainilla				
Año	Mes	Demanda real (cajas)	Pronóstico (cajas)	Error absoluto (cajas)
2016	Agosto	4 125	4 117	8
2016	Septiembre	4 045	4 030	15
2016	Octubre	4 119	4 099	20
2016	Noviembre	4 259	4 234	25
2016	Diciembre	4 163	4 135	28

Fuente: elaboración propia.

- Error acumulado

Para calcular este indicador para el periodo de prueba basta con sumar el error obtenido en cada mes.

$$\text{Error acumulado} = 8 + 15 + 20 + 25 + 28 = 96 \text{ cajas}$$

- Desviación media absoluta (MAD)

Esta medida de error se obtiene a partir de dividir el error acumulado entre la cantidad de meses que conforman el periodo de prueba, en este caso 5 meses.

$$MAD = \frac{96}{5} = 19,2 \cong 20 \text{ cajas}$$

De acuerdo con este resultado en cada periodo el sesgo o error de pronóstico es de aproximadamente 20 cajas, lo cual es extremadamente bajo tomando en cuenta que la demanda del producto en estudio supera las 4000 unidades al mes, por lo tanto, esta primera prueba indica que el método es sumamente preciso.

- Error cuadrático medio (MSE)

Este indicador permite identificar aquel método de pronóstico que usualmente o en la mayoría de los casos generó errores muy pequeños pero en un periodo o más produjo un error sumamente grande. Esto es muy útil en aquellas industrias en las que producir 10, 20 o 30 productos más de lo demandado genera pérdidas muy elevadas. Para calcular esta

medida del error se realiza un promedio de todos los errores en el periodo de prueba elevados al cuadrado.

$$MSE = \frac{8^2 + 15^2 + 20^2 + 25^2 + 28^2}{5} = 419,6 \cong 420 \text{ cajas}$$

El MSE resultante es elevado en comparación con el MAD, sin embargo, para un producto con demanda mayor a 4 000 unidades por mes el método de pronóstico es bastante preciso. Como último recurso para validar la precisión y confiabilidad del método es necesario proceder a estimar el MAPE.

- Error medio porcentual absoluto (MAPE)

Este indicador permite analizar el error del método de pronóstico como un porcentaje de la demanda real, para ello es necesario comparar el error de cada periodo con la demanda real de dicho periodo y posteriormente promediar el resultado de todas las comparaciones para obtener un porcentaje promedio. A continuación se muestra el procedimiento necesario para calcular este indicador.

$$MAPE = \frac{\frac{8}{4\ 125} + \frac{15}{4\ 045} + \frac{20}{4\ 119} + \frac{25}{4\ 259} + \frac{28}{4\ 163}}{5} * 100 \% = 0,46 \%$$

De acuerdo con el cálculo anterior, al utilizar el método Winters para pronosticar la demanda de helado cremoso con sabor a vainilla, se obtendrá un error de aproximadamente 0,46 % de la demanda real, es decir, que se subestimaré o se sobrestimaré la demanda en un 0,46 %.

Debido a que el resultado es menor al 2 % el método es sumamente preciso y confiable.

3.2.2.1. Elección del método

Analizando de forma individual y en conjunto los indicadores enumerados en el inciso anterior se podrá determinar qué método de pronóstico se debe utilizar para estimar las ventas futuras de cada producto con mayor precisión, el método seleccionado puede variar para cada producto dependiendo del comportamiento que tuvieron las ventas en el pasado.

Después de haber determinado el método de pronóstico con mayor precisión se procederá a estimar la demanda de cada producto para los próximos tres meses, de esta manera con un pronóstico a corto plazo se puede realizar una planeación táctica de las operaciones sujeta a cambios si la situación lo amerita además de monitorear la efectividad del método seleccionado.

3.3. Comparación del pronóstico de ventas con la capacidad instalada

Un paso importante en la planeación de las operaciones de la cadena de suministro es establecer si la empresa tiene la capacidad de satisfacer completamente la demanda del cliente, caso contrario determinar qué porcentaje de la misma puede cumplirse a cabalidad. Para el caso de la empresa en estudio se deberán comparar las estimaciones de ventas de los próximos tres meses con la capacidad de producción mensual de la planta en la actualidad. Según el resultado de esta evaluación se debe desarrollar el modelo de inventario que más convenga.

Si la capacidad de producción instalada en la planta es ampliamente superior a la proyección de ventas se procederá a definir un modelo de inventarios sumamente flexible, con inventarios mínimos, únicamente para prevenir que la planta cese sus operaciones durante varios días por mantenimiento preventivo o correctivo así como causas de fuerza mayor.

En caso de que la capacidad de producción de la empresa sea apenas superior a la estimación de ventas, se procederá a desarrollar un modelo de control de inventario más estricto con un inventario de seguridad distinto para cada producto de acuerdo con el impacto de cada uno en las ventas.

Si la planta de producción es incapaz de cumplir con la totalidad de la demanda se deberá diseñar un plan de producción utilizando algunas horas de trabajo extraordinarias para abastecer el almacén de producto terminado y así mediante un inventario robusto nivelar la demanda al ritmo de producción de la empresa.

3.4. Clasificación ABC/XYZ para cada producto

Para optimizar el volumen del inventario y minimizar costo de almacenaje de la cadena de suministro, sin desabastecer los puntos de venta se propone utilizar el método ABC/XYZ para la categorización de productos.

De esta manera la empresa puede orientar sus esfuerzos hacia aquellos productos que generan mayor utilidad para la empresa sin desprover los que generan menores ingresos.

Segmentando todos los productos en categorías previamente establecidas es posible asignarles un nivel de servicio apropiado a cada uno de ellos para luego, mediante este último, definir un inventario de seguridad que satisfaga las necesidades de la empresa sin afectar el costo de operaciones.

3.4.1. Análisis del impacto en las ventas (ABC)

Para mejorar el control de inventario es necesario clasificar todos los productos de acuerdo con el impacto que estos generan en las ventas de la empresa. Se plantea la posibilidad de organizar los productos en tres categorías, estas son:

- Categoría A: se compone de aquellos productos que generan el 80 % de las utilidades en ventas, productos con alta rotación y alto volumen de ventas.
- Categoría B: compuesta por aquellos productos que generan el 15 % de las utilidades en ventas, productos con rotación media o alta y moderado volumen de ventas.
- Categoría C: a esta categoría pertenecen aquellos productos que en conjunto generan el 5 % de las utilidades en ventas, generalmente son productos de baja rotación y poca demanda.

Figura 4. **Resumen del análisis ABC**

Análisis ABC	Técnica de categorización de inventario usada para el manejo de materiales, utilizada para realizar un selectivo control de inventario
---------------------	--

Criterio	Clase		
	A	B	C
Número aproximado de artículos	20 %	30 %	50 %
Valor en ventas	80 %	15 %	5 %
Importancia	Alta	Moderada	Baja
Pronóstico	Preciso	Estimado	Aproximado
Control de inventario	Estricto	Moderado	Holgado
Ciclo de entrega	Semanal	Mensual	Trimestral
Informe del control de inventario	Semanal	Mensual	Trimestral
Esfuerzo de control	Máximo	Moderado	Mínimo

Fuente: elaboración propia.

La figura anterior presenta de forma clara y resumida cada uno de los criterios más importantes para la gestión de inventario así como los estándares más utilizados por las empresas líderes en el mercado de productos de consumo masivo y alimentos.

3.4.2. Análisis de la variabilidad de la demanda (XYZ)

Como complemento al impacto que un producto tiene en las utilidades de la empresa, es necesario analizar la variabilidad en la demanda de cada producto durante un periodo de tiempo determinado por ejemplo un año. De esta manera se puede estudiar el comportamiento de las ventas e identificar aquellos productos con elevada inconsistencia.

Como indicador para el análisis de variabilidad se plantea el coeficiente de variación, debido a que mediante este se puede medir la magnitud de la incertidumbre con relación a la demanda y de acuerdo con el porcentaje de variación o incertidumbre clasificar los productos en tres categorías o subgrupos que son los siguientes:

- Categoría X: se considera a un producto como categoría X cuando presente una variabilidad en la demanda menor a un 30 %.
- Categoría Y: está comprendida por aquellos productos con variabilidad de demanda, mayor al 30 % y menor que el 60 %.
- Categoría Z: en esta clasificación se encuentran todos los productos con variabilidad mayor al 60 % en la demanda.

3.5. Asignación del nivel de servicio a cada producto

Después de la estratificación de sabores en categorías ABC/XYZ, se debe establecer el nivel de servicio apropiado para cada producto, la determinación de este último es de suma importancia ya que se utilizará para el cálculo del inventario de seguridad que debe permanecer en bodega para suministrar a cada punto de venta.

3.5.1. Según clasificación ABC/XYZ

Para la asignación del nivel de servicio de cada producto se propone la siguiente distribución de acuerdo con las utilidades y variabilidad de demanda.

Esta tabla no es definitiva y puede ser modificada según las tendencias de mercado y estrategias que la empresa utilice.

Tabla VIII. **Nivel de servicio deseado**

VARIABILIDAD DE LA DEMANDA	ABC/XYZ	UTILIDADES		
		A (80 %)	B (15 %)	C (5 %)
	X (< 30%)	AX (98 %)	BX (85 %)	CX (65 %)
	Y (> 30% y < 60%)	AY (95 %)	BY (80 %)	CY (60 %)
	Z (> 60%)	AZ (90 %)	BZ (70 %)	CZ (45 %)

Fuente elaboración propia.

- Categoría AX: nivel de servicio de 98 %, constituida por productos de categoría A en utilidades y categoría X en variabilidad. Nivel establecido debido al impacto que estos productos tienen en las ventas de la empresa.
- Categoría AY: nivel de servicio de 95 %, comprendida por productos de categoría A en utilidades y categoría Y en variabilidad.
- Categoría AZ: nivel de servicio de 90 %, compuesta por productos de categoría A en utilidades y categoría Z en variabilidad.

- Categoría BX: nivel de servicio del 85 %, conformado por productos de categoría B en utilidades y categoría X en variabilidad.
- Categoría BY: nivel de servicio del 80 %, integrada por productos de categoría B en utilidades y categoría Y en variabilidad.
- Categoría BZ: nivel de servicio del 70 %, constituida por productos de categoría B en utilidades y categoría Z en variabilidad.
- Categoría CX: nivel de servicio de 65 %, comprendida por productos de categoría C en utilidades y categoría X en variabilidad.
- Categoría CY: nivel de servicio de 60 %, compuesta por productos de categoría C en utilidades y categoría Y en variabilidad.
- Categoría CZ: nivel de servicio del 45 %, conformado por productos de categoría C en utilidades y categoría Z en variabilidad. Nivel de servicio establecido únicamente para garantizar el abastecimiento de estos productos para no incumplir acuerdos de nivel de servicio con el cliente.

3.6. Selección del modelo de control de inventario

Para el control de inventario se plantea el modelo de cantidad fija con inventario de seguridad, debido a que este requiere almacenar volúmenes de producto menores durante periodos de tiempo más cortos, en comparación con el modelo de periodo fijo.

La selección de este modelo beneficia a la empresa en diversos aspectos, entre los que se puede mencionar:

- Tiempo de vida útil del producto, ya que el helado es un producto perecedero con un periodo de seis meses máximo, apto para el consumo humano, el tiempo de almacenaje debe ser breve para que pueda ser degustado en las heladerías y aceptado por las cadenas de supermercados, hoteles y demás clientes mayoristas.
- El costo de almacenaje se prolonga o reduce a corto plazo menguando el volumen de producto almacenado, que a su vez impacta positivamente en las pérdidas por obsolescencia y caducidad, ya que algunos productos con menor rotación requieren inventarios menores e inventarios de seguridad escasos.
- El modelo de cantidad de pedido fija es más apropiado para las piezas importantes como las piezas críticas, porque hay una supervisión más estrecha y, por lo tanto, una respuesta más rápida a tener unidades faltantes en potencia.

3.6.1. Modelo de cantidad fija con inventario de seguridad

Para el desarrollo del modelo de inventario seleccionado, es necesario estimar tres parámetros fundamentales así como definir las variables utilizadas para cada uno de estos:

- Cantidad óptima de pedido

El cálculo de la

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

Donde:

Q= Cantidad óptima de pedido o lote de pedido

D= Demanda anual del producto de interés

S= Costo de aprovisionamiento

H= Costo de almacenar una unidad al año

El costo de almacenaje de una caja de helado al año es de Q 66,21 según la capacidad de almacenaje de cada cuarto de refrigeración y el costo requerido para el funcionamiento de estos.

El costo de aprovisionamiento se estima en Q 600 por pedido, debido a la mano de obra y tiempo requerido para limpiar, cambiar las herramientas o contenedores para una nueva corrida de producción, recepción y manejo de producto en bodega, registro del producto en la base de datos y otros.

- Inventario de seguridad según nivel de servicio deseado

Para determinar el volumen inventario de seguridad conveniente para cada producto, se propone la siguiente ecuación:

$$S.S. = Z * \sigma_L$$

Donde:

Z= Es el número de desviaciones estándar, dadas por la tabla de la distribución normal Z, requeridas para alcanzar el nivel de servicio asignado a cada producto según el análisis ABC/XYZ.

σ_L = Desviación estándar de la demanda al mes.

- Punto de reorden con inventario de seguridad

$$RP = \bar{d}L + Z * \sigma_L$$

Donde:

\bar{d} = demanda promedio diaria

σ_L = desviación estándar de la demanda por día

L = tiempo de espera requerido para fabricar un pedido, según el criterio de clasificación ABC

Z = número de desviaciones estándar de acuerdo con el nivel de servicio establecido.

Estableciendo un RP más alto para aquellos productos de categoría A y así asegurar la disponibilidad de producto sin acumular inventarios desmesurados.

Para esclarecer cualquier interrogante en la explicación del modelo de control de inventario propuesto, se realizará una pequeña muestra de cálculo utilizando la información correspondiente al helado cremoso con sabor a vainilla.

- Cantidad óptima de pedido (Q):

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

Donde:

Q= cantidad óptima de pedido o lote de pedido

D= 45 909 cajas

S= Q 600

H= Q66,21

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 45\,909 * 600}{66,21}}$$

Cantidad óptima para helado cremoso sabor vainilla = 913 cajas

- Inventario de seguridad según nivel de servicio deseado

$$S.S. = Z * \sigma_L$$

Donde:

S.S.= inventario de seguridad

$$Z = 2,33$$

σ_L = 306 cajas al mes

$$S.S. = 2,33 * 306$$

El inventario de seguridad para helado cremoso sabor vainilla = 713 cajas.

- Punto de reorden con inventario de seguridad

$$RP = \bar{d}L + Z * \sigma_L$$

Donde:

$$Z = 2,33$$

$$\sigma_L = 11 \text{ cajas al día}$$

$$\bar{d} = 126 \text{ cajas}$$

$$L = 4 \text{ días}$$

El punto de reorden para el helado cremoso sabor vainilla es de 527 cajas.

Según el resultado de las ecuaciones de cantidad óptima de pedido, Inventario de seguridad y punto de re-orden se determinó que para minimizar el costo de almacenar helado cremoso sabor a vainilla es necesario solicitar un pedido de 913 cajas de producto cuando en almacén existan únicamente 527 unidades de dicho helado. Este pedido tomará aproximadamente cuatro días hábiles en llegar a bodega. Adicionalmente se planea optar por un inventario de seguridad de 713 cajas para absorber los cambios en la demanda debido a la desviación mensual promedio registrada en 2015.

El tamaño del inventario de seguridad disminuirá paulatinamente a medida que los métodos de pronóstico sean más precisos y exactos.

3.7. Análisis de los beneficios del modelo de desarrollado

Para demostrar el beneficio del trabajo realizado en la empresa es necesaria una etapa de verificación del rendimiento presentado por el modelo pronóstico, control de inventario y S&OP. Para ello se plantean tres análisis básicos:

Precisión en la proyección de ventas, utilizando las medidas de error de pronóstico enumeradas anteriormente, se puede demostrar que el modelo desarrollado se ajusta a la demanda en estudio, lo que se traduce en una mejor planificación de las operaciones por consiguiente en un mayor aprovechamiento de los recursos de la cadena de suministro.

Comparación de las horas de trabajo extraordinarias, cotejando el número de horas extras de trabajo invertidas en meses anteriores al desarrollo del modelo con las requeridas posteriormente se apreciara una disminución significativa.

Control de inventario, reduciendo y monitoreando la cantidad de producto almacenado, se disminuye el costo del funcionamiento de las instalaciones y se previenen las pérdidas de producto por caducidad u obsolescencia.

Por último, examinando el costo de operación de cada departamento así como el consolidado de la cadena de suministro, se pueden analizar los incrementos y tendencias de cada departamento para identificar puntos de análisis que conducirán a oportunidades de mejora.

4. DESARROLLO DEL MODELO DE PRONÓSTICO

4.1. Historial de ventas

A continuación el historial de ventas de 2014 a 2015

Tabla IX. **Historial de ventas por sabor octubre del 2014 a septiembre del 2015**

ID	sabor	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
H1	Vainilla	2 315	2 519	2 787	2 854	2 775	3 119	2 938	2 844	3 207	3 157	3 390	3 439
H2	Chocolate	1 963	2 141	2 366	2 297	2 277	2 401	2 484	2 428	2 251	2 398	2 500	2 692
H3	Galleta	652	778	707	846	775	993	907	801	1 003	882	1005	872
H4	Café	676	724	878	739	848	878	845	831	1 115	964	877	1 083
H5	Fresa	612	801	857	756	811	873	934	752	919	923	899	1 058
H6	Ron con pasas	524	510	507	458	511	552	595	643	532	582	545	626
H7	Pistacho	235	333	275	292	304	316	388	288	348	346	346	339
H8	Choco Menta	193	187	220	208	247	245	218	237	276	281	247	272
H9	<i>Brownie</i>	440	169	393	160	154	189	197	540	223	176	191	485
H10	Queso fresa	187	218	235	230	226	218	254	230	269	257	274	290
H11	Cereza	153	160	167	160	195	185	187	188	201	222	191	206
H12	Chocochip	794	777	786	806	859	917	947	976	1 037	1 107	1 172	1 218
H13	Almendra	1 145	1 109	1 133	1 103	1 152	1 243	1 292	1 406	1 558	1 499	1 533	1 613
H14	Chicle	108	115	122	132	134	118	135	132	126	152	159	150
H15	Banano	304	284	334	371	338	396	319	359	427	509	484	448
H16	Coco	50	41	47	48	68	63	58	72	61	80	61	68
H17	Dulce de leche	55	68	49	74	77	63	66	44	49	53	65	60
H18	Algodón azúcar	84	101	93	110	94	86	118	123	104	110	130	115
H19	Leche condensada	250	237	272	234	268	261	276	288	283	274	278	280
H20	Napolitano	390	410	403	420	428	404	433	454	435	483	473	457

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Historial de ventas por sabor octubre del 2015 a septiembre del 2016**

ID	Sabor	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
H1	Vainilla	3 517	3 537	3 515	3 387	3 832	3 775	3 635	4 125	4 045	4 119	4 259	4 163
H2	Chocolate	2 518	2 731	2 786	2 866	2 679	2 724	3 094	3 009	3 153	3 042	2 738	2 863
H3	Galleta	1 110	1 116	1 348	1 387	1 129	1 180	1 489	1 313	1 550	1 300	1 255	1 314
H4	Café	1 158	1 066	773	875	1 231	1 312	940	1 160	889	1 241	1 369	1 371
H5	Fresa	1 025	883	973	1 026	1 209	1 082	1 101	1 155	1 120	1 028	1 344	1 213
H6	Ron con pasas	585	666	636	603	675	626	647	730	732	776	751	692
H7	Pistacho	400	361	361	413	409	410	443	417	416	420	455	473
H8	Chocomenta	321	283	262	346	327	325	371	324	301	330	364	380
H9	<i>Brownie</i>	303	217	228	232	239	263	249	250	262	252	265	359
H10	Queso fresa	277	278	288	304	281	316	326	289	331	324	313	328
H11	Cereza	222	205	225	251	256	237	269	245	258	239	284	263
H12	Chocochip	1 264	1 320	1 275	1 220	1 219	1 292	1 343	1 403	1 466	1 548	1 634	1 722
H13	Almendra	1 658	1 607	1 563	1 611	1 581	1 553	1 603	1 737	1 844	1 947	2 045	2 157
H14	Chicle	177	185	205	190	165	199	219	206	215	209	224	240
H15	Banano	425	300	436	486	535	498	522	596	578	584	497	324
H16	Coco	60	86	55	78	64	82	61	55	76	65	72	69
H17	Dulce leche	66	70	73	55	76	59	69	60	77	63	58	66
H18	Algodón azúcar	113	103	106	101	109	123	99	114	122	105	121	115
H19	Leche condensada	337	273	285	262	329	334	346	321	328	349	366	399
H20	Napolitano	467	478	470	482	489	507	521	528	533	528	537	544

Fuente: elaboración propia.

4.2. Pronóstico de la demanda utilizando métodos de series de tiempo

A continuación se presentan los pronósticos de venta para cada producto utilizando las técnicas de proyección descritas en el primer capítulo.

4.2.1. Método de promedio aritmético

La siguiente tabla indica los pronósticos obtenidos aplicando el método de promedio aritmético.

Tabla XI. **Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de promedio aritmético**

PROMEDIO ARITMETICO						
ID	SABOR	AÑO 2016				
		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
H1	Vainilla	3 187	3 234	3 272	3 311	3 352
H2	Chocolate	2 506	2 531	2 560	2 582	2 589
H3	Galleta	999	1 015	1 041	1 052	1 061
H4	Café	938	949	946	960	978
H5	Fresa	921	933	942	946	963
H6	Ron con pasas	581	588	595	603	610
H7	Pistacho	348	352	355	358	362
H8	Chocomenta	267	270	271	274	278
H9	<i>Brownie</i>	266	265	265	265	265
H10	Queso fresa	261	263	266	269	271
H11	Cereza	205	207	209	211	214
H12	Chocochip	1 070	1 087	1 105	1 125	1 147
H13	Almendra	1 420	1 435	1 455	1 477	1 502
H14	Chicle	154	157	160	162	165
H15	Banano	410	419	427	434	437
H16	Coco	64	63	64	64	64
H17	Dulce de leche	64	63	64	66	67
H18	Algodón de azúcar	107	107	108	108	108
H19	Leche condensada	283	285	287	290	293
H20	Napolitano	453	457	461	464	467

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Media móvil

La siguiente tabla indica los pronósticos obtenidos aplicando el método de media móvil.

Tabla XII. **Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de media móvil**

MEDIA MOVIL						
ID	SABOR	AÑO 2016				
		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
H1	Vainilla	3 658	3 842	3 895	3 981	4 137
H2	Chocolate	2 841	2 877	2 995	3 075	2 986
H3	Galleta	1 297	1 278	1 383	1 413	1 355
H4	Café	1 090	1 161	1 076	1 058	1 165
H5	Fresa	1 105	1 137	1 115	1 101	1 162
H6	Ron con pasas	638	670	684	722	748
H7	Pistacho	419	420	422	424	427
H8	Chocomenta	343	337	331	332	330
H9	<i>Brownie</i>	246	251	256	254	258
H10	Queso fresa	307	303	316	318	315
H11	Cereza	254	252	253	253	257
H12	Chocochip	1 269	1 315	1 376	1 440	1 513
H13	Almendra	1 587	1 619	1 685	1 783	1 894
H14	Chicle	194	198	210	213	214
H15	Banano	511	538	549	570	564
H16	Coco	72	66	69	65	67
H17	Dulce de leche	65	66	67	68	65
H18	Algodón de azúcar	108	112	115	110	116
H19	Leche condensada	318	333	333	336	341
H20	Napolitano	500	512	523	528	532

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Media móvil ponderada

La siguiente tabla indica los pronósticos obtenidos aplicando el método de media móvil ponderada.

Tabla XIII. **Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de media móvil ponderada**

MEDIA MOVIL PONDERADA						
ID	SABOR	AÑO 2016				
		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
H1	Vainilla	3 672	3 914	4 001	4 049	4 183
H2	Chocolate	2 919	2 973	3 061	3 078	2 898
H3	Galleta	1 351	1 335	1 436	1 396	1 304
H4	Café	1 075	1 117	1 018	1 098	1 262
H5	Fresa	1 099	1 137	1 125	1 076	1 208
H6	Ron con pasas	640	690	713	746	755
H7	Pistacho	427	424	419	421	437
H8	Chocomenta	351	339	318	325	344
H9	<i>Brownie</i>	251	250	258	255	260
H10	Queso fresa	317	302	317	323	316
H11	Cereza	257	253	254	249	264
H12	Chocochip	1 303	1 356	1 418	1 489	1 569
H13	Almendra	1 587	1 663	1 759	1 861	1 965
H14	Chicle	205	206	212	212	217
H15	Banano	513	558	570	578	542
H16	Coco	70	61	69	67	69
H17	Dulce de leche	66	65	70	68	62
H18	Algodón de azúcar	108	110	118	111	116
H19	Leche condensada	333	331	329	340	353
H20	Napolitano	333	331	329	340	353

Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Alisado exponencial

La siguiente tabla indica los pronósticos obtenidos aplicando el método de alisado exponencial.

Tabla XIV. **Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de alisado exponencial**

ALISADO EXPONENCIAL						
ID	SABOR	AÑO 2016				
		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
H1	Vainilla	3 634	3 998	4 033	4 097	4 217
H2	Chocolate	2 970	2 995	3 094	3 062	2 861
H3	Galleta	1 284	1 287	1 314	1 313	1 308
H4	Café	962	1 121	936	1 180	1 332
H5	Fresa	1088	1 123	1 122	1 075	1 212
H6	Ron con pasas	647	729	732	775	752
H7	Pistacho	417	417	417	419	434
H8	Chocomenta	323	324	322	324	330
H9	<i>Brownie</i>	247	250	259	255	263
H10	Queso fresa	306	302	311	315	315
H11	Cereza	251	250	253	250	260
H12	Chocochip	1 343	1 403	1 466	1 548	1 634
H13	Almendra	1 603	1 736	1 844	1 947	2 045
H14	Chicle	207	207	212	211	219
H15	Banano	522	595	579	584	499
H16	Coco	69	68	69	69	70
H17	Dulce de leche	67	66	68	68	67
H18	Algodón de azúcar	110	111	112	112	113
H19	Leche condensada	338	325	328	346	363
H20	Napolitano	521	528	533	529	537

Fuente: elaboración propia.

4.2.5. Alisado exponencial con ajuste de tendencia

La siguiente tabla indica los pronósticos obtenidos aplicando el método de alisado exponencial con ajuste de tendencia.

Tabla XV. **Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de alisado exponencial con ajuste de tendencia (Holt)**

ALISADO EXPONENCIAL CON AJUSTE DE TENDENCIA						
ID	SABOR	AÑO 2016				
		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
H1	Vainilla	3 885	4 062	4 213	4 349	4 478
H2	Chocolate	3 448	3 160	3 198	3 016	2 552
H3	Galleta	1 790	1 526	1 563	1 292	1 131
H4	Café	1 171	1 341	935	1 331	1 503
H5	Fresa	1 115	1 149	1 170	1 159	1 220
H6	Ron con pasas	677	701	725	750	776
H7	Pistacho	481	436	422	424	470
H8	Chocomenta	418	369	330	349	384
H9	<i>Brownie</i>	263	263	274	264	274
H10	Queso fresa	332	322	334	337	327
H11	Cereza	302	261	254	230	284
H12	Chocochip	1 402	1 479	1 542	1 620	1 712
H13	Almendra	1 637	1 844	1 959	2 055	2 144
H14	Chicle	241	224	232	223	238
H15	Banano	551	647	615	591	458
H16	Coco	89	75	80	72	71
H17	Dulce de leche	83	77	79	71	60
H18	Algodón de azúcar	121	122	126	108	117
H19	Leche condensada	329	342	355	368	381
H20	Napolitano	545	546	546	533	543

Fuente: elaboración propia.

4.2.6. Alisado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad

La siguiente tabla indica los pronósticos obtenidos aplicando el método de alisado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad.

Tabla XVI. **Pronóstico para la franja simulada utilizando el método de alisado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad (Winters)**

ALISADO EXPONENCIAL CON AJUSTE DE TENDENCIA Y ESTACIONALIDAD						
ID	SABOR	AÑO 2016				
		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
H1	Vainilla	4 123	4 037	4 105	4 240	4 141
H2	Chocolate	3 060	3 063	3 174	3 115	2 863
H3	Galleta	1 240	1 276	1 329	1 357	1 380
H4	Café	1 221	1 237	1 229	1 250	1 279
H5	Fresa	1 136	1 154	1 161	1 146	1 199
H6	Ron con pasas	704	717	729	744	756
H7	Pistacho	420	429	438	446	456
H8	Chocomenta	317	327	334	343	355
H9	<i>Brownie</i>	251	259	270	263	271
H10	Queso fresa	334	324	328	327	323
H11	Cereza	255	259	264	266	273
H12	Chocochip	1 398	1 463	1 529	1 627	1 720
H13	Almendra	1 638	1 851	1 953	2 052	2 145
H14	Chicle	206	211	217	221	226
H15	Banano	535	659	580	586	429
H16	Coco	53	43	63	66	67
H17	Dulce de leche	67	66	69	68	66
H18	Algodón de azúcar	113	115	117	116	118
H19	Leche condensada	343	347	348	356	369
H20	Napolitano	525	533	540	537	543

Fuente: elaboración propia.

4.3. Análisis del error de pronóstico y selección del método

Posterior a pronosticar la demanda es necesario discernir el método de pronóstico adecuado para cada producto.

4.3.1. Desviación absoluta media

A continuación una tabla resumen de la desviación absoluta media.

Tabla XVII. **Desviación media absoluta media de cada sabor según el método de pronóstico utilizado**

Medida de desempeño	Método de pronóstico					
	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
SABOR VAINILLA						
Error acumulado	65	2 061	932	756	840	4 355
MAD	13	239,6	186,4	151,2	168	871
SABOR CHOCOLATE						
Error acumulado	650	2 061	664	1 191	575	2 037
MAD	130	190,2	132,8	238,2	115	407,4
SABOR GALLETA						
Error acumulado	544	2 061	540	984	370	1 564
MAD	108,8	114	108	196,8	74	312,8
SABOR CAFÉ						
Error acumulado	632	2 061	916	939	963	1 379

Continuación tabla XVII.

MAD	126,4	204,8	183,2	187,8	192,6	275,8
SABOR FRESA						
Error acumulado	398	2 061	443	403	434	1 155
MAD	79,6	89,6	88,6	80,6	86,8	231
SABOR RON CON PASAS						
Error acumulado	159	2 061	263	220	214	704
MAD	31,8	66,2	52,6	44	42,8	140,8
SABOR PISTACHO						
Error acumulado	60	2 061	89	120	79	406
MAD	12	17	17,8	24	15,8	81,2
SABOR CHOCOMENTA						
Error acumulado	83	2 061	152	181	122	339
MAD	16,6	27,6	30,4	36,2	24,4	67,8
SABOR BROWNIE						
Error acumulado	112	2 061	128	122	128	126
MAD	22,4	26,2	25,6	24,4	25,6	25,2
SABOR QUESOFRESA						
Error acumulado	75	2 061	86	87	74	255
MAD	15	14,4	17,2	17,4	14,8	51
SABOR CEREZA						
Error Acumulado	64	2 061	68	150	65	243

Continuación tabla XVII.

MAD	12,8	13,2	13,6	30	13	48,6
SABOR CHOCHIP						
Error acumulado	36	2 061	638	44	379	2239
MAD	7,2	172	127,6	8,8	75,8	447,8
SABOR ALMENDRA						
Error acumulado	131	2 061	895	135	555	2 441
MAD	26,2	232,4	179	27	111	488,2
SABOR CHICLE						
Error acumulado	29	2 061	48	70	46	296
MAD	5,8	13,4	9,6	14	9,2	59,2
SABOR BANANO						
Error acumulado	340	2 061	416	373	358	678
MAD	68	94,6	83,2	74,6	71,6	135,6
SABOR COCO						
Error acumulado	45	2 061	39	52	30	36
MAD	9	8	7,8	10,4	6	7.2
SABOR DULCE DE LECHE						
Error acumulado	34	2 061	39	58	34	27
MAD	6,8	6,2	7,8	11,6	6,8	5,4
SABOR ALGODÓN DE AZÚCAR						
Error acumulado	28	2 061	42	43	33	45
MAD	5,6	7,6	8,4	8,6	6,6	9

Continuación tabla XVII.

SABOR LECHE CONDENSADA						
Error acumulado	82	2 061	107	48	97	325
MAD	16,4	22,4	21,4	9,6	19,4	65
SABOR NAPOLITANO						
Error acumulado	16	2 061	50	53	32	368
MAD	3,2	15	10	10,6	6,4	73,6

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Error cuadrático medio

A continuación una tabla resumen del error cuadrático medio.

Tabla XVIII. **Error cuadrático medio de cada sabor según el método de pronóstico utilizado**

Medida de desempeño	Método de pronóstico					
	Winters	Media Móvil	Media Móvil Pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
SABOR VAINILLA						
MSE	221,8	77486,8	56158,8	34810	55969,2	762280
SABOR CHOCOLATE						
MSE	34050,8	47061,4	31537,2	78222,2	26833,8	194326
SABOR GALLETA						
MSE	19201,2	21554,8	17229,2	66426,4	14721,2	111424
SABOR CAFÉ						
MSE	29518,8	49053,2	38852	63385,8	44659	92327,8

Continuación de la tabla XVIII.

SABOR FRESA						
MSE	11721,2	14401,6	16936,6	11375,8	17139,2	63605
SABOR RON CON PASAS						
MSE	1451	4949,8	3565,4	2685,6	2602	20865,2
SABOR PISTACHO						
MSE	174,4	620,2	523,4	1094	565,4	6962,4
SABOR CHOCOMENTA						
MSE	361,4	1036,4	1026,8	2740,2	938,8	5239
SABOR BROWNIE						
MSE	1616,4	2095	2016,4	1576	1903,6	1854
SABOR QUESOFRESA						
MSE	462,2	273,2	383,6	521,4	294,4	2791,4
SABOR CEREZA						
MSE	230	262	324	1368	292,2	2566,2
SABOR CHOCHIP						
MSE	89,6	30331,6	16686,8	100,4	5886,6	208097
SABOR ALMENDRA						
MSE	2015,8	55916,4	32265	2082,6	12475,4	252297
SABOR CHICLE						
MSE	57	246,2	152,8	368	136,8	3587,6
SABOR BANANO						
MSE	5848,8	14595,8	12314	6907,8	8796,8	20252,8
SABOR COCO						
MSE	227,4	91,6	98,2	277,2	57,2	68

Continuación de la tabla XVIII.

SABOR DULCE DE LECHE						
MSE	61,2	52,6	69	198	59,2	50,2
SABOR ALGODÓN DE AZÚCAR						
MSE	45,6	71,6	90	132,6	54,2	100,2
SABOR ALGODÓN DE AZÚCAR						
MSE	45,6	71,6	90	132,6	54,2	100,2
SABOR LECHE CONDENSADA						
MSE	369,2	910,8	669	124,8	487	4829,8
SABOR NAPOLITANO						
MSE	30,8	295	135,6	159,8	42,4	5429,6

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Error porcentual medio absoluto (MAPE)

A continuación una tabla resumen del error porcentual medio absoluto.

Tabla XIX. **Error porcentual medio absoluto de cada sabor según el método de pronóstico utilizado**

Medida de desempeño	Método de pronóstico					
	Winters	Media Móvil	Media Móvil Pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
SABOR VAINILLA						
MAPE	0,31 %	5,79 %	4,50 %	3,64 %	4,05 %	21,02 %
SABOR CHOCOLATE						
MAPE	4,53 %	6,50 %	4,59 %	8,19 %	3,98 %	13,51 %

Continuación de la tabla XIX.

SABOR GALLETA						
MAPE	7,72 %	8,17 %	7,84 %	15,00 %	5,07 %	22,76 %
SABOR CAFÉ						
MAPE	12.15%	17.53%	15.74%	17.77 %	16,88 %	21,64 %
SABOR RON CON PASAS						
MAPE	6,70 %	7,32 %	7,23 %	6,84 %	7,06 %	19,11 %
SABOR RON CON PASAS						
MAPE	4,37 %	8,98 %	7,19 %	6,07 %	5,86 %	18,99 %
SABOR PISTACHO						
MAPE	2,74 %	3,69 %	3,93 %	5,62 %	3,42 %	18,44 %
SABOR CHOCOMENTA						
MAPE	4,87 %	8,02 %	8,96 %	11,36 %	6,90 %	19,47 %
SABOR BROWNIE						
MAPE	6,79 %	7,93 %	7,74 %	7,67 %	7,81 %	7,78 %
SABOR QUESOFRESA						
MAPE	4,98 %	4,54 %	5,49 %	5,73 %	4,65 %	15,91 %
SABOR CEREZA						
MAPE	5,01 %	5,01 %	5,16 %	11,54 %	4,90 %	18,60 %
SABOR CHOCHIP						
MAPE	0,47 %	10,99 %	8,16 %	0,56 %	4,85 %	28,55 %
SABOR ALMENDRA						
MAPE	1,46 %	11,86 %	9,20 %	1,49 %	5,77 %	24,77 %
SABOR CHICLE						
MAPE	2,57 %	5,99 %	4,21 %	6,69 %	4,04 %	26,92 %

Continuación de la tabla XIX.

SABOR BANANO						
MAPE	15,05 %	23,19 %	20,67 %	17,01 %	17,55 %	26,63 %
SABOR COCO						
MAPE	12,27 %	12,57 %	12,02 %	17,82 %	9,55 %	10,67 %
SABOR DULCE DE LECHE						
MAPE	10,54 %	9,54 %	12,00 %	19,05 %	10,53 %	7,93 %
SABOR ALGODÓN DE AZÚCAR						
MAPE	4,96 %	6,59 %	7,32 %	7,72 %	5,67 %	7,62 %
SABOR LECHE CONDENSADA						
MAPE	4,64 %	5,96 %	5,80 %	2,71 %	5,34 %	18,01 %
SABOR NAPOLITANO						
MAPE	0,60 %	2,81 %	1,87 %	2,00 %	1,20 %	13,78 %

Fuente: elaboración propia.

4.3.4. Selección del método con mayor precisión

Habiendo pronosticado la demanda para el periodo de prueba y calculado las medidas de error es necesario determinar el método más preciso para estimar las ventas de cada producto y planificar las operaciones de la cadena de suministro.

Tabla XX. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor vainilla**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	65	2 061	932	756	840	4 355
MAD	13	239,6	186,4	151,2	168	871
MSE	221,8	77 486,8	56 158,8	34 810	55 969,2	762 279,8
MAPE	0,31 %	5,79 %	4,50 %	3,64 %	4,05 %	21,02 %

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la información presentada con anterioridad la técnica con mayor precisión para el pronóstico de ventas de helado cremoso con sabor a vainilla es el método de Winters (técnica especializada en el análisis de demanda con tendencia y estacionalidad). El error acumulado para el periodo de prueba es de 65 unidades, lo que se traduce en una desviación aproximada de 13 cajas por mes. En cada pronóstico realizado con este método se espera un error del 0,31 % de la cifra estimada, precisión casi insuperable.

Tabla XXI. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor chocolate**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	650	951	664	1191	575	2 037
MAD	130	190,2	132,8	238,2	115	407,4
MSE	34 050,8	47 061,4	31 537,2	78 222,2	26 833,8	194 325,8
MAPE	4.53 %	6,50 %	4,59 %	8,19 %	3.98 %	13,51 %

Fuente: elaboración propia.

Analizando la información de la tabla XVIII se determina que el método de alisado exponencial es el indicado para la proyección de ventas del helado de chocolate con un error en la estimación cercano al 4 % y una desviación de 115 unidades en cada pronóstico.

Tabla XXII. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor galleta**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	544	570	540	984	370	1 564
MAD	108,8	114	108	196,8	74	312,8
MSE	19 201,2	21 554,8	17 229,2	66 426,4	14 721.2	11 1424
MAPE	7,72 %	8,17 %	7,84 %	15,00 %	5,07 %	22,76 %

Fuente: elaboración propia.

Según la información de la tabla anterior el método de alisado exponencial es el método con mayor precisión para la estimación de la demanda del helado cremoso de galleta, para el periodo de franja simulada presento un error acumulado de 370 unidades por lo que tiene una desviación de +/- 74 unidades al mes, un error porcentual del 5 % en cada periodo de pronóstico.

Tabla XXIII. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor café**

Medida de desempeño	Método de pronóstico					
	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	632	1024	916	939	963	1 379
MAD	126,4	204,8	183,2	187,8	192,6	275,8
MSE	29 518,8	49 053	38 852	63 385,8	44 659	92 327,8
MAPE	12,15 %	17,53 %	15.74 %	17.77 %	16,9 %	21,64 %

Fuente: elaboración propia.

La técnica de Winters (alisado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad) produce un error promedio de 127 cajas en cada periodo, analizado desde otra perspectiva indica que cada proyección tiene un porcentaje de error del 12,15 % por sobrestimar o subestimar la demanda. Aunque la técnica descrita anteriormente es más precisa en comparación con las demás el porcentaje de error es elevado, dicho sabor presenta tendencias y estacionalidad muy pronunciada en los últimos periodos.

Tabla XXIV. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor fresa**

Medida de desempeño	Método de pronóstico					
	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	398	448	443	403	434	1 155
MAD	79,6	89,6	88,6	80,6	86,8	231
MSE	11 721,2	14 401,6	16 936,6	11 375,8	17 139,2	63 605
MAPE	6,70 %	7,32 %	7,23 %	6,84 %	7,06 %	19,11 %

Fuente: elaboración propia.

Para el caso del helado cremoso con sabor a fresa el método de Winters es el método de pronóstico, con menor imprecisión debido a que la demanda de dicho sabor presenta una tendencia creciente con variaciones estacionales pronunciadas, en cada periodo de estimación se espera una desviación o error del 6,70 % en el cálculo.

Tabla XXV. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor ron con pasas**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media Móvil	Media Móvil Pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	159	331	263	220	214	704
MAD	31,8	66,2	52,6	44	42,8	140,8
MSE	1 451	4 949,8	3 565,4	2 685,6	2 602	20 865,2
MAPE	4,37 %	8,98 %	7,19 %	6,07 %	5,86 %	18,99 %

Fuente: elaboración propia.

Las ventas del helado cremoso sabor a ron con pasas presentan una tendencia creciente y un leve patrón de estacionalidad por lo que la técnica de Winters es la más precisa para el pronóstico de demanda, con una desviación mensual de 32 cajas y un error porcentual esperado de 4,37 % en cada pronóstico.

Tabla XXVI. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor pistacho**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	60	85	89	120	79	406
MAD	12	17	17.8	24	15,8	81,2
MSE	174,4	620,2	523,4	1 094	565,4	6 962,4
MAPE	2,74 %	3,69 %	3,93 %	5,62 %	3,42 %	18,44 %

Fuente: elaboración propia.

Según la información de la tabla anterior el menor error de pronóstico se obtiene utilizando el método de Winters, 60 cajas es el error acumulado durante el periodo de prueba o franja simulada. En promedio el pronóstico tiene una desviación de 12 cajas mensuales o un error del 2,74 % de la cifra pronosticada en cada periodo.

Tabla XXVII. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor chocomenta**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	83	138	152	181	122	339
MAD	16,6	27,6	30,4	36,2	24,4	67,8
MSE	361,4	1 036,4	1 026,8	2740,2	938,8	5 239
MAPE	4,87 %	8,02 %	8,96 %	11,36 %	6,90 %	19,47 %

Fuente: elaboración propia.

Para el pronóstico de ventas del helado cremoso sabor a chocomenta el método de Winters es el más preciso debido a la tendencia creciente en las ventas y los patrones de estacionalidad presentes en casi todos los productos. En cada pronóstico realizado se espera un error aproximado del 4,87 % de la cifra estimada.

Tabla XXVIII. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor *brownie***

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	112	131	128	122	128	126
MAD	22,4	26,2	25,6	24,4	25,6	25,2
MSE	1 616,4	2 095	2 016,4	1 576	1 903,6	1 854
MAPE	6,79 %	7,93 %	7,74 %	7,67 %	7,81 %	7,78 %

Fuente: elaboración propia.

Al igual que la mayoría de los productos comercializados por la empresa la técnica de pronóstico de Winters es la más precisa para el pronóstico de ventas del helado sabor a *brownie*, en promedio cada mes el pronóstico sobrestima o subestima la demanda en 23 unidades. El error de pronóstico para este producto en particular es aproximadamente el 6,79 % de la cantidad estimada.

Tabla XXIX. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor queso fresa**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	75	72	86	87	74	255
MAD	15	14,4	17,2	17,4	14,8	51
MSE	462,2	273,2	383,6	521,4	294,4	2 791,4
MAPE	4,98 %	4,54 %	5,49 %	5,73 %	4,65 %	15,91 %

Fuente: elaboración propia.

El método de media móvil, presenta el menor error para el pronóstico del helado cremoso de queso fresa, durante los 5 meses del periodo de prueba el método acumulo un error de 72 unidades. Desde otro punto de vista, en promedio cada mes, el pronóstico tuvo un error de 15 cajas al mes. De acuerdo con MAPE en cada pronóstico se puede esperar un error típico de aproximadamente el 4,98 % de la cifra estimada.

Tabla XXX. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor cereza**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	64	66	68	150	65	243
MAD	12,8	13,2	13,6	30	13	48,6
MSE	230	262	324	1 368	292,2	2 566,2
MAPE	5,01 %	5,01 %	5,16 %	11,54 %	4,90 %	18,60 %

Fuente: elaboración propia.

Para la estimación de ventas del helado cremoso con sabor a cereza el método con mayor precisión es el de alisado exponencial ya que para el periodo de prueba (5 meses) el error acumulado resultante fue de 65 cajas, una desviación promedio de 13 cajas por mes. En cada pronóstico podría esperarse un error del 4,90 % del monto estimado.

Tabla XXXI. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor Chocochip**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	36	860	638	44	379	2 239
MAD	7,2	172	127,6	8,8	75,8	447,8
MSE	89,6	30 331,6	16 686,8	100,4	5 886,6	208 097
MAPE	0,47 %	10,99 %	8,16 %	0,56 %	4,85 %	28,55%

Fuente: elaboración propia.

Según la información de la tabla anterior el método de Winters es el más exacto para la estimación de la demanda del helado sabor Chocochip, para el periodo de franja simulada presentó un error acumulado de 36 unidades, una desviación promedio de ocho cajas cada mes. En cada pronóstico es posible un error porcentual de alrededor del 0,56 % de la cantidad proyectada en cada periodo.

Tabla XXXII. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor almendra**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	131	1 162	895	135	555	2 441
MAD	26,2	232,4	179	27	111	488,2
MSE	2015,8	55 916,4	32 265	2 082,6	12 475,4	252 297
MAPE	1,46 %	11,86 %	9,20 %	1,49 %	5,77 %	24,77 %

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los datos de la tabla anterior el método de Winters alcanzó un error acumulado de 131 unidades de producto durante el periodo de prueba, en promedio cada mes se tuvo una desviación de 27 unidades sobre la demanda o por debajo de esta, para la estimación de ventas futuras se puede suponer un error aproximado del 1,46 % de la cifra estimada.

Tabla XXXIII. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor chicle**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media Móvil	Media Móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	29	67	48	70	46	296
MAD	5,8	13,4	9,6	14	9,2	59,2
MSE	57	246,2	152,8	368	136.8	3 587,6
MAPE	2,57%	5,99%	4,21 %	6,69 %	4,04 %	26,92 %

Fuente: elaboración propia.

Examinando el error acumulado y el error absoluto medio en el periodo de prueba es fácil concluir que el método de Winters es el indicado para pronosticar el helado cremoso con sabor a chicle y suponer un error del 2,57 % del monto estimado.

Tabla XXXIV. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor banano**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	340	473	416	373	358	678
MAD	68	94,6	83,2	74,6	71,6	135,6
MSE	5 848,8	14 595,8	12 314	6 907,8	8 796,8	20 252,8
MAPE	15,05 %	23,19 %	20,67 %	17,01 %	17,55 %	26,63 %

Fuente: elaboración propia

El helado cremoso de banano presenta una constante irregularidad en la demanda con pronunciados valles y picos que dificultan realizar un pronóstico acertado, la mayor precisión de acuerdo con la información de la tabla anterior se obtiene utilizando el método de Winters. En el periodo de prueba la desviación mensual promedio fue de 68 unidades cifra elevada tomando en cuenta el bajo volumen de ventas. En pronósticos postreros puede esperarse un error porcentual cercano al 15,05 %.

Tabla XXXV. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor coco**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	45	40	39	52	30	36
MAD	9	8	7,8	10,4	6	7,2
MSE	227,4	91,6	98,2	277,2	57,2	68
MAPE	12,27 %	12,57 %	12,02 %	17,82 %	9,55 %	10,67 %

Fuente: elaboración propia.

Para la estimación de ventas del helado cremoso con sabor a coco el método de alisado exponencial es el más exacto, ya que presentó la menor desviación mensual durante el periodo de prueba correspondiente a 6 cajas. Para pronósticos futuros el error puede oscilar en valores cercanos al 9,55 % del monto estimado.

Tabla XXXVI. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor dulce de leche**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media Móvil	Media Móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	34	31	39	58	34	27
MAD	6,8	6,2	7,8	11,6	6,8	5,4
MSE	61,2	52,6	69	198	59.2	50,2
MAPE	10,54 %	9,54 %	12,00 %	19,05 %	10,53 %	7,93 %

Fuente: elaboración propia.

Según la información anterior el método de promedio aritmético presenta el menor error de pronóstico acumulado, 27 unidades en el periodo de prueba, aproximadamente 6 unidades por mes. Por lo que se debería utilizar dicho método para futuros pronósticos.

Tabla XXXVII. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor algodón de azúcar**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	28	38	42	43	33	45
MAD	5,6	7,6	8,4	8,6	6,6	9
MSE	45,6	71,6	90	132,6	54,2	100,2
MAPE	4,96 %	6,59 %	7,32 %	7,72 %	5,67 %	7,62 %

Fuente: elaboración propia.

Para la estimación de ventas futuras de helado cremoso con sabor a algodón azúcar el método de Winters se perfila como el método más preciso debido a que presentó un error acumulado de 28 cajas para el periodo de prueba, una desviación aproximada de 6 unidades al mes. Para periodos futuros el pronóstico podría alejarse de la realidad 7,62 % en promedio.

Tabla XXXVIII. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor leche condensada**

	Método de pronóstico					
Medida de desempeño	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	82	112	107	48	97	325
MAD	16,4	22,4	21,4	9,6	19,4	65
MSE	369,2	910,8	669	124,8	487	4 829,8
MAPE	4,64 %	5,96 %	5,80 %	2,71 %	5,34 %	18,01 %

Fuente: elaboración propia.

El método de Holt (alisado exponencial con ajuste de tendencia) acumuló un menor error durante el periodo de prueba correspondiente 48 cajas, una desviación de 10 cajas mensuales. En cada pronóstico el error promedio de estimación oscilaría en valores cercanos al 2,71 %.

Tabla XXXIX. **Comparación del error de pronóstico de cada método utilizado para la franja simulada del sabor napolitano**

Medida de desempeño	Método de pronóstico					
	Winters	Media móvil	Media móvil pon	Holt	Alisado	Promedio aritmético
Error acumulado	16	75	50	53	32	368
MAD	3,2	15	10	10,6	6,4	73.6
MSE	30,8	295	135,6	159,8	42,4	5 429,6
MAPE	0,60 %	2,81 %	1,87 %	2,00 %	1,20 %	13,78 %

Fuente: elaboración propia.

Para el pronóstico de ventas de helado cremoso napolitano el método de Winters es el más indicado, debido a la precisión obtenida durante el periodo de prueba con un error acumulado de 18 unidades. En cada pronóstico el error porcentual promedio esperado se acercaría al 0,60 % de la cantidad estimada.

4.4. Evaluar la capacidad de la planta en comparación con el pronóstico de ventas

Se debe analizar si la planta de producción está capacitada para suplir las cantidades de helado que la empresa espera vender en los próximos meses.

Tabla XL. **Comparación del volumen de ventas estimado para los próximos tres meses frente a la capacidad de producción de la empresa**

ID	Sabor	Método de pronóstico	Pronóstico primer mes	Pronóstico segundo mes	Pronóstico tercer mes
H1	Vainilla	Winters	4325	4386	4374
H2	Chocolate	Alisado	2861	2772	2682
H3	Galleta	Alisado	1309	1316	1323
H4	Café	Winters	1342	1343	1337
H5	Fresa	Winters	1237	1242	1234
H6	Ron con pasas	Winters	770	776	788
H7	Pistacho	Winters	454	464	474
H8	Chocomenta	Winters	298	322	339
H9	<i>Brownie</i>	Winters	261	258	255
H10	Queso fresa	Media móvil	324	339	369
H11	Cereza	Alisado	261	273	285
H12	Chocochip	Winters	1718	1805	1891
H13	Almendra	Winters	2134	2236	2327
H14	Chicle	Winters	210	219	227
H15	Banano	Winters	432	431	427
H16	Coco	Alisado	70	72	76
H17	Dulce de leche	Promedio Ar	64	66	67
H18	Algodón azúcar	Winters	129	129	126
H19	Leche	Holt	393	418	443
H20	Napolitano	Winters	529	537	547
Volumen pronosticado (cajas)			19121	19404	19591
Capacidad instalada (cajas)			22000	22000	22000
Diferencia (cajas)			+2879	+2596	+2409
Diferencia porcentual			15%	13%	12%

Fuente: elaboración propia.

La planta de producción apenas satisface la demanda de producto estimada, por lo que se requiere un control de inventario relativamente estricto.

4.5. Cálculo del coeficiente de variación de la demanda de cada producto

Para el cálculo del coeficiente de variación, se utilizó el promedio y la desviación estándar de producto desde octubre de 2014 a septiembre de 2016.

Tabla XLI. Coeficiente de variación correspondiente a cada sabor

ID	Sabor	Desviación estándar (cajas)	Promedio (cajas)	Coeficiente de variación
H1	Vainilla	306	3 826	8 %
H2	Chocolate	191	2 850	7 %
H3	Galleta	142	1 291	11 %
H4	Café	205	1 115	18 %
H5	Fresa	123	1 097	11 %
H6	Ron con pasas	61	677	9 %
H7	Pistacho	33	415	8 %
H8	Chocomenta	35	328	11 %
H9	<i>Brownie</i>	38	260	15 %
H10	Queso fresa	21	305	7 %
H11	Cereza	22	246	9 %
H12	Chocochip	166	1 392	12 %
H13	Almendra	207	1 742	12 %
H14	Chicle	21	203	10 %
H15	Banano	96	482	20 %
H16	Coco	10	69	14 %
H17	Dulce de leche	7	66	11 %
H18	Algodón de azúcar	8	111	7 %
H19	Leche condensada	39	327	12 %
H20	Napolitano	28	507	6 %

Fuente: elaboración propia.

4.6. Análisis ABC/XYZ de los productos en estudio

Para identificar aquellos productos que generan mayor rentabilidad para la empresa debe realizarse un análisis ABC como en la tabla siguiente.

Tabla XLII. **Clasificación ABC de cada producto de conformidad con el impacto en ventas del octubre de 2015 a septiembre del 2016**

Sabor	Demanda Anual (Cajas)	Ventas	Ventas Acumuladas	FR	FA	Categoría
Vainilla	45 909	Q13 772 700,00	Q13 772 700,00	22,10 %	22,1 %	A
Chocolate	34 203	Q10 260 900,00	Q24 033 600,00	16,50 %	38,6 %	A
Almendra	20 906	Q6 271 800,00	Q30 305 400,00	10,10 %	48,7 %	A
Chocochip	16 706	Q5 011,800,00	Q35 317 200,00	8,00 %	56,7 %	A
Galleta	15 491	Q4 647 300,00	Q39 964 50,00	7,50 %	64,2 %	A
Café	13 385	Q4 015 500,00	Q43 980 000,00	6,40 %	70,6 %	A
Fresa	13 159	Q3 947 700,00	Q47 927 700,00	6,30 %	76,9 %	A
Ron con Pasas	8 119	Q2 435 700,00	Q50 363 400,00	3,90 %	80,8 %	A
Napolitano	6 084	Q1 825 200,00	Q52 188 600,00	2,90 %	83,7 %	B
Banano	5 781	Q1 734 300,00	Q53 922 900,00	2,80 %	86,5 %	B
Pistacho	4 978	Q1 493 400,00	Q55 416 300,00	2,40 %	88,9 %	B
Chocomenta	3 934	Q1 180 200,00	Q56 596 500,00	1,90 %	90,8 %	B
Leche condensada	3 929	Q1 178 700,00	Q57 775 200,00	1,90 %	92,7 %	B
Queso fresa	3 655	Q1 096 500,00	Q58 871 700,00	1,80 %	94,5 %	B
<i>Brownie</i>	3 119	Q935 700,00	Q59 807 400,00	1,50 %	96,0 %	C
Cereza	2 954	Q886 200,00	Q60 693 600,00	1,40 %	97,4 %	C
Chicle	2 434	Q730 200,00	Q61 423 800,00	1,20 %	98,6 %	C
Algodón azúcar	1 331	Q399 300,00	Q61 823 100,00	0,60 %	99,2 %	C
Coco	823	Q246 900,00	Q62 070 000,00	0,40 %	99,6 %	C
Dulce de leche	792	Q237 600,00	Q62 307 600,00	0,40 %	100 %	C
VENTA TOTAL	207 692	Q62 307 600,00				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Clasificación XYZ de conformidad con el coeficiente de variación de las ventas octubre del 2015 a septiembre del 2016**

Sabor	Coeficiente de variación	Clasificación
Vainilla	8 %	X
Chocolate	7 %	X
Almendra	12 %	X
Chocochip	12 %	X
Galleta	11 %	X
Café	18 %	X
Fresa	11 %	X
Ron con pasas	9 %	X
Napolitano	6 %	X
Banano	20 %	X
Pistacho	8 %	X
Chocomenta	11 %	X
Leche condensada	12 %	X
Queso fresa	7 %	X
<i>Brownie</i>	15 %	X
Cereza	9 %	X
Chicle	10 %	X
Algodón de azúcar	7 %	X
Coco	14 %	X
Dulce de leche	11 %	X

Fuente: elaboración propia.

4.6.1. Asignación del nivel de servicio a cada producto según la clasificación anterior

Según la clasificación ABC/XYZ, presentada en el capítulo anterior, se asigna el nivel de servicio a cada producto.

Tabla XLIV. Nivel de servicio designado a cada producto según análisis ABC/XYZ

ID	Sabor	Clasificación	Nivel de Servicio Asignado
H1	Vainilla	AX	98,00 %
H2	Chocolate	AX	98,00 %
H13	Almendra	AX	98,00 %
H12	Chocochip	AX	98,00 %
H3	Galleta	AX	98,00 %
H4	Café	AX	98,00 %
H5	Fresa	AX	98,00 %
H6	Ron con pasas	AX	98,00 %
H20	Napolitano	BX	85,00 %
H15	Banano	BX	85,00 %
H7	Pistacho	BX	85,00 %
H8	Chocomenta	BX	85,00 %
H19	Leche condensada	BX	85,00 %
H10	Queso fresa	BX	85,00 %
H9	<i>Brownie</i>	CX	65,00 %
H11	Cereza	CX	65,00 %
H14	Chicle	CX	65,00 %
H18	Algodón de azúcar	CX	65,00 %
H16	Coco	CX	65,00 %
H17	Dulce de leche	CX	65,00 %

Fuente: elaboración propia.

4.7. Control de inventario

Obtenido el pronóstico de ventas y clasificados los productos en categorías ABC/XYZ, de acuerdo con su rentabilidad y variación mensual, es necesario establecer el modelo de control de inventario así como los parámetros de control adecuados para satisfacer la demanda de la clientela y reducir costos de operación de la cadena de suministro.

4.7.1. Modelo de cantidad fija con inventario de seguridad

Como se puede observar en tablas anteriores las ventas de la empresa registran un crecimiento acelerado, a diferencia de las áreas destinadas para almacenaje de producto terminado y materia prima que no se han ampliado desde su creación, debido a que la empresa se encuentra en austeridad, agrandar las instalaciones de almacenaje es un proyecto imposible a corto y mediano plazo.

En virtud de los argumentos manifestados anteriormente se determinó que la empresa obtendrá mayores beneficios utilizando el modelo cantidad fija con inventario de seguridad, ya que mediante este método es posible almacenar volúmenes de producto relativamente pequeños durante intervalos de tiempo más cortos, en comparación con el modelo de periodo fijo. De esta manera el producto permanecerá en bodega por un breve periodo de tiempo con una estrecha supervisión.

4.7.1.1. Cantidad óptima de pedido

A continuación se indica el volumen que deberá tener cada lote de producto para optimizar el espacio en bodega y el costo de almacenaje.

Tabla XLV. **Lote óptimo de pedido para cada producto de conformidad con el modelo de inventario seleccionado**

ID	Sabor	Cantidad optima de pedido (cajas)
H1	Vainilla	913
H2	Chocolate	788
H13	Almendra	616
H12	Chocochip	551
H3	Galleta	530
H4	Café	493
H5	Fresa	489
H6	Ron con pasas	384
H20	Napolitano	333
H15	Banano	324
H7	Pistacho	301
H8	Chocomenta	268
H19	Leche condensada	267
H10	Queso fresa	258
H9	<i>Brownie</i>	238
H11	Cereza	232
H14	Chicle	211
H18	Algodón de azúcar	156
H16	Coco	123
H17	Dulce de leche	120
INVENTARIO TOTAL		7 595

Fuente: elaboración propia.

4.7.1.2. Inventario de seguridad según nivel de servicio deseado

A continuación se indica la cantidad de cada producto que la empresa debe conservar como inventario de seguridad durante el periodo de re abastecimiento para evitar rupturas en la reserva.

Tabla XLVI. Inventario de seguridad asignado a cada producto

ID	Sabor	Inventario de seguridad para cada mes (cajas)
H1	Vainilla	713
H2	Chocolate	445
H13	Almendra	482
H12	Chocochip	387
H3	Galleta	331
H4	Café	478
H5	Fresa	287
H6	Ron con pasas	142
H20	Napolitano	40
H15	Banano	138
H7	Pistacho	48
H8	Chocomenta	50
H19	Leche condensada	56
H10	Queso fresa	30
H9	<i>Brownie</i>	36
H11	Cereza	21
H14	Chicle	20
H18	Algodón de azúcar	7
H16	Coco	9
H17	Dulce de leche	7
INVENTARIO DE SEGURIDAD TOTAL		3 727

Fuente: elaboración propia.

4.7.1.3. Punto de reorden con inventario de seguridad

A continuación se presentan valores de referencia denominados “puntos de reorden” para solicitar un lote de determinado producto.

Tabla XLVII. **Punto de reorden para cada producto**

ID	Sabor	Punto de reorden
H1	Vainilla	527
H2	Chocolate	390
H13	Almendra	246
H12	Chocochip	196
H3	Galleta	182
H4	Café	163
H5	Fresa	154
H6	Ron con pasas	94
H20	Napolitano	52
H15	Banano	53
H7	Pistacho	43
H8	Chocomenta	34
H19	Leche condensada	34
H10	Queso fresa	32
H9	<i>Brownie</i>	28
H11	Cereza	25
H14	Chicle	21
H18	Algodón de azúcar	12
H16	Coco	8
H17	Dulce de leche	8

Fuente: elaboración propia.

4.8. Planeación de las ventas y las operaciones

Para equilibrar la oferta de la empresa con la demanda del mercado se hace necesaria la planificación de ventas y operaciones en conjunto, la cual debe satisfacer la estrategia global de operaciones así como las prioridades competitivas de la organización (servicio al cliente, utilidades y estabilidad laboral). Para esto se requiere de la colaboración de los dirigentes de las áreas de ventas, mercadeo finanzas y cadena de suministro.

El departamento de ventas proporciona información sobre las expectativas de venta, promociones y ofertas previstas a corto plazo, adquisición de nuevos clientes y acuerdos de nivel de servicio establecido con estos así como la apertura de nuevos puntos de venta. Por su parte, el área de mercadeo brinda información sobre las preferencias y necesidades del mercado, avance en el desarrollo e introducción de nuevos productos entre otros.

Mientras que finanzas expone las restricciones económicas en las que la empresa debe operar y afrontar las dificultades que existan o las que se presenten en un futuro inmediato. Por último, de acuerdo con la información presentada por las otras áreas funcionales de la empresa la cadena de suministro proyecta sus necesidades de capacidad, mano de obra y tiempo, de acuerdo a esto evalúa si tiene la capacidad de cumplir con lo solicitado, planifica y programa las operaciones, mantenimientos y vacaciones de sus colaboradores.

4.8.1. Programación de reuniones del departamento de ventas y la cadena de suministro

Como parte de la planificación global se prevén pequeñas reuniones quincenales entre el departamento de ventas y la cadena de suministro con la

finalidad de fomentar la cooperación y una buena comunicación entre estas áreas, facilitando de información de venta, análisis de las estimaciones de demanda proyectadas por los vendedores y el nivel de cumplimiento en la entrega de pedidos entre otros aspectos importantes.

4.8.2. Análisis de lo pronosticado frente a lo requerido

Como parte de los temas por tratar en cada una de las reuniones programadas se encuentra el análisis de requerimiento de producto, mediante este se pretende exponer al departamento de ventas el resultado de su propia estimación de demanda, mostrar los requerimientos de producto recibidos y discutir si el departamento tiene la capacidad de comercializar todo el producto en el tiempo establecido o si desea disminuir el volumen solicitado.

Por último, si la fuerza de ventas confirma un requerimiento de producto en reuniones previas y esta es incapaz de liquidar todo el pedido en su totalidad. La cadena de suministro expone si incurrió en costos adicionales y/o innecesarios para cumplir con lo solicitado o si pospuso o re programó alguna otra actividad así como las consecuencias que esto último tuvo en la empresa.

4.9. Análisis de los resultados del modelo desarrollado

Posterior al desarrollo del modelo es necesario analizar el funcionamiento así como la rentabilidad del mismo, para validar las decisiones y parámetros establecidos.

4.9.1. Administración de la demanda y control de inventario

Mediante el pronóstico de ventas y los parámetros para el control de inventario propuestos en incisos anteriores la cadena de suministro debería ser capaz de realizar el plan de requerimiento de materiales con base a una estimación de ventas mucho más precisa. Asimismo, programar adecuadamente la producción con mayor tiempo de anticipación permitiéndole a todos los departamentos involucrados ejecutar sus operaciones de forma más ordenada y sistematizada, aprovechando al máximo el tiempo de trabajo regular, reduciendo o eliminando el desembolso de grandes cantidades de dinero en concepto de horas de trabajo extraordinarias y otros beneficios que estas conllevan.

Entre otros beneficios del desarrollo del modelo propuesto estaría el satisfacer completamente la demanda de clientes internos y externos, mejorar el control de inventario, alertando a la cadena de suministro cuando el volumen de producto almacenado se acerque al punto de reorden y segundo evitando aglomeraciones de producto que pierda gran parte de vida útil almacenado.

Para octubre y noviembre se prevé realizar doble corrida de producción durante 5 y 3 días respectivamente. La programación de las operaciones para estos días se encuentra en la sección de apéndices. Asimismo, en los apéndices se aprecia la cantidad de horas-hombre extraordinarias por cada día.

Tabla XLVIII. **Comparación de horas-hombre extraordinarias invertidas por el departamento de producción**

Departamento de producción			Año 2016
Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre
Horas-hombre Extraordinaria	440	248	149

Fuente: elaboración propia.

Según la comparación de la demanda estimada para octubre y la capacidad de la planta de producción, el departamento producción debería ser capaz de cumplir a cabalidad la demanda descrita. Sin embargo, para que el flujo de trabajo de la cadena de suministro sea eficiente y efectivo es necesario optimizar la gestión de inventarios equiparando el volumen de producto almacenado en bodega a la cantidad óptima establecida en incisos anteriores más el inventario de seguridad previamente definido.

Como se indica en la tabla XLV mediante el modelo de pronóstico propuesto el departamento de producción teóricamente reduciría la cantidad de horas-hombre extraordinarias de 440 en septiembre a 248 para octubre, esto gracias a planificar la producción y el abastecimiento de materia prima con un pronóstico más preciso, las 248 horas-hombre extra incluidas en octubre se utilizarán para alcanzar los niveles de inventario requeridos. Esta cantidad está dada por la cantidad de días en los que la empresa trabaja horas extra. (ver apéndices)

Para noviembre la cantidad de horas-hombre extraordinarias descendería de 248 a 149, esto debido al asueto del Día de Todos los Santos y a un

mantenimiento preventivo contemplado cada dos meses en la maquinaria utilizada para la elaboración de helado. Este tiene una duración máxima de dos días hábiles de trabajo. Por lo tanto, el departamento de producción tendría que recurrir a las horas extra para cumplir con la demanda y preservar los niveles de inventario deseados debido a que el siguiente mes tiene demasiados asuetos, muchos proveedores cesan operaciones durante varios días entre otras cosas.

No obstante, ya que el departamento de producción ha previsto con anterioridad el déficit en la producción para octubre y noviembre este deberá iniciar una segunda corrida de producción tiempo después de iniciar la primera tal como se indica en la sección de apéndices, de esta manera se reducen las horas de trabajo extraordinarias y se duplica la producción del día.

Tabla XLIX. **Comparación de horas-hombre extraordinarias invertidas por el departamento de calidad**

Departamento de calidad			Año 2016
Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre
Horas-hombre Extraordinarias	202	88	53

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Comparación de horas-hombre extraordinarias invertidas por el departamento de almacenaje**

Departamento de almacenaje			Año 2016
Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre
Horas-hombre Extraordinaria	660	275	165

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Comparación de horas-hombre extraordinarias invertidas por el departamento de distribución**

Departamento de distribución			Año 2016
Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre
Horas-hombre Extraordinarias	538	378	378

Fuente: elaboración propia.

El incremento teórico en la eficiencia del departamento de producción, reduciría drásticamente el efecto látigo a lo largo de toda la cadena de suministro, como consecuencia el departamento de calidad, almacenaje y distribución deberían presentar una reducción significativa en las horas-hombre extraordinarias.

Para el caso del departamento calidad la reducción debería hacerse notar ya que los análisis e inspecciones de control se realizarán en horario regular de trabajo, a excepción de los días en que se produzca más de lo establecido. Normalmente, tomando como referencia el proceso de producción del helado y las horas-hombre extraordinarias proyectadas para alcanzar los niveles de inventario establecidos y recuperar la producción perdida por asuetos o mantenimientos preventivos en los meses de octubre y noviembre, se estima que el departamento de calidad necesitaría 88 y 53 horas-hombre extraordinarias respectivamente. Esto debido a que se emplean 17,5 horas-hombre extraordinarias para cada día que en que se produzca el doble de lo habitual (ver apéndices) y se estima que para octubre y noviembre se necesitará realizar esto durante 5 y 3 días respectivamente.

Según la cantidad de días que se plantea realizar doble corrida de producción y las horas-hombre extraordinarias requeridas para cada uno de estos días (ver apéndices), la cantidad de horas hombre extraordinarias del departamento de producción reducirían de 660 de septiembre a 275 y 165 para octubre y noviembre respectivamente. Aun cuando se proyecta trabajar más de lo acostumbrado durante varios días del mes la cantidad de horas extra disminuiría debido a que esto ya fue planificado con anterioridad y las operaciones ya estarían programadas de tal manera que el flujo de trabajo no se altere.

Para el departamento de distribución la cantidad de horas-hombre extraordinarias verían una reducción de 538 horas en septiembre a 378 en los meses de octubre y noviembre debido a que el producto en inventario podrá satisfacer enteramente la demanda de clientes internos y mayoristas las horas extra adicionales serán única y exclusivamente para los viajes a puntos de venta

lejanos como las heladerías ubicadas en Quetzaltenango, Huehuetenango, Cobán, Petén, Santa Rosa, entre otras.

4.9.2. Impacto en los costos de operación de la cadena de suministro

Mediante un análisis horizontal de variación absoluta, se pretende analizar el alcance del trabajo propuesto. Los costos correspondientes a horas extra, alimentación, transporte, espacio e instalaciones posteriores al desarrollo del modelo propuesto son estimaciones basadas en la demanda, capacidad de producción de la empresa y disponibilidad de tiempo.

4.9.2.1. Análisis de los costos del departamento de producción

Para ratificar que el proceso de producción realmente se ha beneficiado del modelo desarrollado se plantea un análisis de costos antes y después de utilizar el modelo.

4.9.2.1.1. Costo de producción previo al desarrollo del modelo

A continuación un breve resumen de los costos de producción previo a utilizar el modelo propuesto.

Tabla LII. **Costo de operación del departamento de producción (agosto-septiembre)**

COSTOS PRODUCCIÓN		
DESCRIPCIÓN	AGOSTO 2016	SEPTIEMBRE 2016
Sueldos	Q73 000,00	Q73 000,00
Horas extras	Q10 829,00	Q12 375,00
Alimentos	Q2 000,00	Q2 240,00
Papelería y útiles	Q325,69	Q235,00
Insumos y materia prima	Q25 387,61	Q28 459,75
Mantenimiento de maquinaria/equipo	Q8 965,62	Q0,00
Servicios públicos	Q3 020,00	Q3 500,00
Energía eléctrica	Q11 950,00	Q12 720,55
Transporte	Q1 045,00	Q965,00
Total gastos	Q137 952,30	Q135 460,30
Ventas del mes	Q5 685 300,00	Q5 716 500,00

Fuente: elaboración propia.

4.9.2.1.2. Costo de producción posterior al desarrollo del modelo

A continuación un breve resumen con los costos de producción estimados utilizando el modelo propuesto.

Tabla LIII. **Costo de operación del departamento de producción (octubre-noviembre)**

COSTOS PRODUCCIÓN		
DESCRIPCIÓN	OCTUBRE 2016	NOVIEMBRE 2016
Sueldos	Q73 000,00	Q73 000,00
Horas extras	Q6 868,00	Q3 797,00
Alimentos	Q1 300,00	Q780,00
Papelería y útiles	Q235,00	Q235,00
Insumos y materia prima	Q32 580,50	Q35 787,55
Mantenimiento de maquinaria/equipo	Q0,00	Q8 965,62
Servicios públicos	Q3 500,00	Q3 500,00
Energía eléctrica	Q13 000,00	Q13 000,00
Transporte	Q1 375,00	Q825,00
Total gastos	Q131 858,00	Q139 889,62
Ventas del mes	Q5 781 300,00	Q5 744 400,00

Fuente: elaboración propia.

4.9.2.1.3. Reducción del costo de tiempo extraordinario

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q6\ 032,00 - Q12\ 375,00 = (Q5\ 507,00)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q3\ 797,00 - Q12\ 375,00 (Q8\ 578,00)$$

De acuerdo con el análisis horizontal se obtendría una reducción de Q 5 507,00 en el costo de tiempo extraordinario para el primer mes de operaciones utilizando el modelo propuesto y de Q8 578 00 en noviembre respecto de septiembre.

El costo de tiempo extraordinario estimado para octubre se debería al esfuerzo que deberá realizar el departamento de producción para alcanzar los niveles de inventario propuestos. El costo proyectado para noviembre corresponde al tiempo que la planta debería reponer debido al asueto del Día de Todos los Santos y el tiempo requerido para el mantenimiento de la maquinaria y equipo.

4.9.2.1.4. Reducción del costo de alimentación

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q1\ 300,00 - Q2\ 240,00 = (Q1\ 120,00)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q7\ 800,00 - Q2\ 240,00 = (Q1\ 640\ 00)$$

Según las cifras anteriores, el costo de alimentación debería reducirse en, aproximadamente, Q1 200,00 para octubre y Q1 400 00 para noviembre ya que según las estimaciones el número de horas de trabajo extraordinarias disminuirán en ambos meses, por lo que los operarios pernoctarán menos días en las instalaciones de la empresa.

4.9.2.1.5. Reducción del costo de transporte

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q1\ 375,00 - Q2\ 750,00 = (Q1\ 375,00)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q825,00 - Q2\ 750,00 = (Q1\ 925,00)$$

De acuerdo con el análisis horizontal, en el primer mes de utilización del modelo se debería obtener un ahorro aproximado de Q1 375,00, mientras que para el segundo mes el ahorro crecería a Q 1 925,00, debido a que los operarios de la planta trabajarán menos hasta horas de la noche.

4.9.2.2. Análisis de los costos del departamento de almacenaje

Para ratificar que el proceso de almacenaje realmente se ha beneficiado del modelo desarrollado se plantea un análisis de costos antes y después de utilizar el modelo.

4.9.2.2.1. Costo de almacenaje previo al desarrollo del modelo

A continuación un resumen de los costos de almacenaje previo a utilizar el modelo propuesto.

Tabla LIV. **Costo de operación del departamento de almacenaje (agosto-septiembre)**

COSTOS DE ALMACENAJE		
DESCRIPCIÓN	AGOSTO 2016	SEPTIEMBRE 2016
Sueldos	Q64 500,00	Q64 500,00
Horas extras	Q15 000,00	Q16 250,00
Alimentación	Q2 640,00	Q2 860,00
Transportes	Q3 300,00	Q3 575,00
Papelería y útiles	Q251,00	Q298,00
Servicios públicos	Q890,00	Q1 032,00
Mantenimiento de instalaciones	Q2 000,00	0,00
Costo de espacio e instalaciones	Q52 721,44	Q53 688,40
Costos por obsolescencia de producto	Q1 200,00	Q750,00
Total gastos	Q142 502,44	Q142 953,40
Ventas del mes	Q5 685 300,00	Q5 716 500,00

Fuente: elaboración propia.

4.9.2.2.2. Costo de almacenaje posterior al desarrollo del modelo

A continuación un resumen con los costos de almacenaje estimados utilizando el modelo propuesto.

Tabla LV. **Costo de operación del departamento de almacenaje (octubre-noviembre)**

COSTOS DE ALMACENAJE		
DESCRIPCIÓN	OCTUBRE 2016	NOVIEMBRE 2016
Sueldos	Q64 500,00	Q64 500,00
Horas extras	Q7 812,00	Q4 532,00
Alimentación	Q1 300,00	Q780,00
Transportes	Q1 750,00	Q1 100,00
Papelería y útiles	Q298,00	Q298,00
Servicios públicos	Q1 032,00	Q1 032,00
Mantenimiento de instalaciones	Q2 000,00	0,00
Costo de espacio e instalaciones	Q52 317,92	Q51 107,36
Costos por obsolescencia de producto	Q0,00	Q0,00
Total gastos	Q131 009,92	Q123 349,36
Ventas del mes	Q5 781 300,00	Q5 744 400,00

Fuente: elaboración propia.

4.9.2.2.3. Reducción del costo de tiempo extraordinario

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q7 812 00 - Q16 250,00 = (Q8 438,00)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q4\ 532,00 - Q16\ 250,00 = (Q11\ 718,00)$$

De acuerdo con la variación absoluta estimada, para el octubre, se obtendría una reducción de Q 8 438,00 en el costo de tiempo extraordinario, mientras que para noviembre esta reducción podría alcanzar los de Q11 718,00. La producción diaria debería culminar en horario de trabajo regular y el tiempo extraordinario estimado será atribuible únicamente al tiempo requerido para alcanzar niveles de inventario establecidos y recuperar la producción perdida por asuetos y paros programados por mantenimiento.

4.9.2.2.4. Reducción del costo de alimentación

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q1\ 300,00 - Q2\ 860,00 = (Q1\ 560,00)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q780,00 - Q2\ 860,00 = (Q2\ 080,00)$$

A partir de las cifras que anteceden, se aprecia que el costo de alimentación debería reducirse en, aproximadamente, Q1 560 00 durante octubre y Q2 080,00 para noviembre, ya que según las estimaciones, el número de horas de trabajo extraordinarias disminuirá. En consecuencia, los trabajadores pernoctarán en las instalaciones de la empresa menos días al mes,

4.9.2.2.5. Reducción del costo de espacio e instalaciones

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q52,317.92 - Q53,688.40 = (Q1370.48)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q51\ 107,36 - Q53\ 688,40 = (Q2\ 581,04)$$

Según las estimaciones precedentes, el costo del funcionamiento de las instalaciones de almacenaje deberá disminuir en Q1 370,48 en el primer mes de aplicación del modelo y Q2 581,04 en el segundo. Lo anterior deberá darse a pesar de que las ventas se incrementen en ambos periodos, ya que el sistema de inventario propuesto establece cantidades óptimas de producto para evitar almacenar cantidades desproporcionadas de producto. Además, el volumen de producto disminuye durante los períodos de consumo anteriores al reabastecimiento.

De esta manera la cantidad de *pallets* utilizados descenderá considerablemente por lo que se emplearán menos recursos para mantener congelado el helado.

4.9.2.2.6. Reducción del costo de obsolescencia por caducidad

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q0,00 - Q750,00 = (Q750,00)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q0,00 - Q750,00 = (Q750,00)$$

Como parte del progreso esperado con el control de inventario se encuentra la eliminación del costo de obsolescencia por caducidad para octubre y noviembre. Operando en los límites de inventario propuestos se evitará almacenar producto con baja rotación, durante varios meses y así preservar su vida útil para los tres meses que podría permanecer en cualquier cadena de supermercados o en heladerías.

4.9.2.3. Análisis de los costos del departamento de distribución

Para ratificar que el proceso de distribución realmente se ha beneficiado del modelo desarrollado se plantea un análisis de costos antes y después de utilizar el modelo.

4.9.2.3.1. Costo de distribución previo al desarrollo del modelo

A continuación un resumen de los costos de distribución previo a utilizar el modelo propuesto.

Tabla LVI. **Costos de operación del departamento de distribución (agosto-septiembre)**

COSTOS DE DISTRIBUCIÓN		
DESCRIPCIÓN	AGOSTO 2016	SEPTIEMBRE 2016
Sueldos	Q70 700,00	Q70 700,00
Horas extras	Q16 650,00	Q18 037,50
Pedidos faltantes o pendientes	Q2 880,00	Q3 120,00
Transportes	Q3 600,00	Q3 900,00
Papelería y útiles	Q200,00	Q176,00
Servicios públicos	Q334,00	Q376,00
Energía eléctrica	Q3 000,00	Q3 400,00
Mantenimiento de unidades	Q1 800,00	Q1 800,00
Combustible	Q11 911,36	Q12 168,24
Seguros	Q2 500,00	Q2 500,00
Total gastos	Q113 575,36	Q116 177,74
Ventas del mes	Q5 685 300,00	Q5 716 500,00

Fuente: elaboración propia.

4.9.2.3.2. Costo de distribución posterior al desarrollo del modelo

A continuación un resumen con los costos de distribución estimados utilizando el modelo propuesto.

Tabla LVII. **Costo de operación del departamento de distribución (agosto-septiembre)**

COSTOS DE DISTRIBUCION		
DESCRIPCIÓN	OCTUBRE 2016	NOVIEMBRE 2016
Sueldos	Q70 700,00	Q70 700,00
Horas extras	Q13 855,94	Q13 855,94
Pedidos faltantes o pendientes	Q0,00	Q0,00
Transportes	Q2 950,00	Q2 950,00
Papelería y útiles	Q176,00	Q176,00
Servicios públicos	Q376,00	Q376,00
Energía eléctrica	Q3 400,00	Q3 400,00
Mantenimiento de unidades	Q1 800,00	Q1 800,00
Combustible	Q12 168,24	Q12 168,24
Seguros	Q2 500,00	Q2 500,00
Total gastos	Q107 926,18	Q107 926,18
Ventas del mes	Q5 781 300,00	Q5 744 400,00

Fuente: elaboración propia.

4.9.2.3.3. Reducción del costo de tiempo extraordinario

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q13 855,94 - Q18 037 00 = (Q4 181,56)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q13\ 855,94 - Q18\ 037,00 = (Q4\ 181,56)$$

Como parte de los avances que podría alcanzar el departamento de distribución con el modelo de pronóstico de ventas y control de inventario está el entregar todos los pedidos utilizando el producto almacenado en lugar de esperar a la producción del día o realizar varios traslados por un mismo pedido que puede ser proporcionado al cliente en un solo viaje.

De acuerdo con la variación absoluta estimada anteriormente, departamento de distribución reduciría el costo de tiempo extraordinario en casi Q4 181,56 para octubre y noviembre. Posteriormente, dicho costo debería permanecer o variar levemente alrededor de Q13 855,94 debido diversos factores como el tránsito en la ciudad capital, horarios de recepción de algunos clientes mayoristas que retrasa la entrega de otros pedidos, complicaciones en las rutas de entrega, las vastas distancias a las que se encuentran algunos puntos de venta ubicados en el interior de la república, como por ejemplo Quetzaltenango, Huehuetenango, entre otros.

4.9.2.3.4. Reducción del costo de transporte

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q3\ 900,00 - Q2\ 950,00 = (Q950,00)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q3\ 900,00 - Q2\ 950,00 = (Q950,00)$$

Como consecuencia de la disminución de horas de trabajo extraordinario esperada el costo por el beneficio de transporte debería disminuir en aproximadamente Q950,00 en octubre y noviembre. Posteriormente, se esperaría que el costo se mantenga u oscile en un rango cercano a los Q2 950,00 ya que los viajes al interior de la republica son inevitables y con estos el pago de transporte cuando los empleados salen a altas horas de la noches de las instalaciones de la empresa, así como los viáticos que les da para las entregas en Quetzaltenango, Huehuetenango y otras locaciones lejanas.

4.9.2.3.5. Reducción del costo por órdenes pendientes y faltantes

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q3\ 120,00 - Q0,00 = (Q3\ 120,00)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q3\ 120,00 - Q0,00 = (Q3\ 120,00)$$

La disponibilidad de producto almacenado esperada, permitiría al departamento de distribución cumplir a cabalidad todos los pedidos de clientes mayoristas en menor tiempo, evitando penalizaciones económicas externas o internas por no cumplir con la entrega en la fecha estipulada o entregar el pedido incompleto debido a la falta de producto.

4.9.2.4. Análisis de los costos del departamento de calidad

Para ratificar que los procesos de control de calidad realmente se han beneficiado del modelo desarrollado se plantea un análisis de costos antes y después de utilizar el modelo.

4.9.2.4.1. Costo de la calidad previo al desarrollo del modelo

A continuación un resumen de los costos de calidad previo a utilizar el modelo propuesto.

Tabla LVIII. Costo de operación del departamento de calidad (agosto-septiembre)

CONTROL DE CALIDAD		
DESCRIPCIÓN	AGOSTO 2016	SEPTIEMBRE 2016
Sueldos	Q39 000,00	Q39 000,00
Horas extras	Q3 675,00	Q4 175,00
Alimentación	Q1 200,00	Q1 040,00
Suministros diversos	Q577,57	Q499,24
Utensilios y muestreo	Q3 335,68	Q4 591,32
Total gastos	Q47 968,25	Q49 473,56
Ventas del mes	Q5 685 300,00	Q5 716 500,00

Fuente: elaboración propia.

4.9.2.4.2. Costo de la calidad posterior al desarrollo del modelo

A continuación un resumen con los costos de calidad estimados utilizando el modelo propuesto.

Tabla LIX. Costo de operación del departamento de calidad (octubre-noviembre)

CONTROL DE CALIDAD		
DESCRIPCIÓN	OCTUBRE 2016	NOVIEMBRE 2016
Sueldos	Q39 000,00	Q39 000,00
Horas extras	Q1 812,00	Q1 087,00
Alimentación	Q700,00	Q420,00
Suministros diversos	Q500,00	Q500,00
Utensilios y muestreo	Q3 963,50	Q3 963,50
Total gastos	Q47 968,25	Q49 473,56
Ventas del mes	Q5 781 300,00	Q5 744 400,00

Fuente: elaboración propia.

4.9.2.4.3. Reducción del costo de tiempo extraordinario

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q4 175,00 - Q1 812,00 = (Q2 363,00)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q4\ 175,00 - Q1\ 812,00 = (Q2\ 363,00)$$

Al igual que el departamento de almacenaje, el departamento de calidad sería beneficiado con una reducción significativa de los costos de tiempo extraordinario, ya que el departamento de producción terminaría operaciones en horario de trabajo regular. De ahí que los controles e inspecciones de calidad también se ejecutarían en tiempo ordinario, a excepción de los días en que el departamento de producción labore horas extra para alcanzar los niveles de inventario establecidos y recuperar la producción por días de asueto, mantenimiento preventivo o capacitación.

Para octubre se prevé que el departamento de calidad reduzca el costo de tiempo extraordinario en Q2 363,00 y en Q3 088,00 para noviembre, menguando en más del 50 % dicho costo.

4.9.2.4.4. Reducción del costo de alimentación

Variación absoluta de octubre respecto de septiembre

$$Q1\ 040,00 - Q300,00 = (Q700,00)$$

Variación absoluta de noviembre respecto de septiembre

$$Q1\ 040,00 - Q300,00 = (Q700,00)$$

Al igual que el resto de áreas funcionales de la cadena de suministro, al disminuir las horas de trabajo extraordinarias el costo por los beneficios adicionales de los empleados sería reducido. El departamento de calidad

ahorraría Q 340,00 en el primer mes de aplicación del modelo y Q 620,00 durante el segundo mes.

4.9.2.5. Análisis del costo de operación de la cadena de suministro

A continuación un resumen de las ventas mensuales de la empresa así como el costo de operación de la cadena de suministro desde octubre 2014 a noviembre 2016 y los costos de operación de la cadena de suministro.

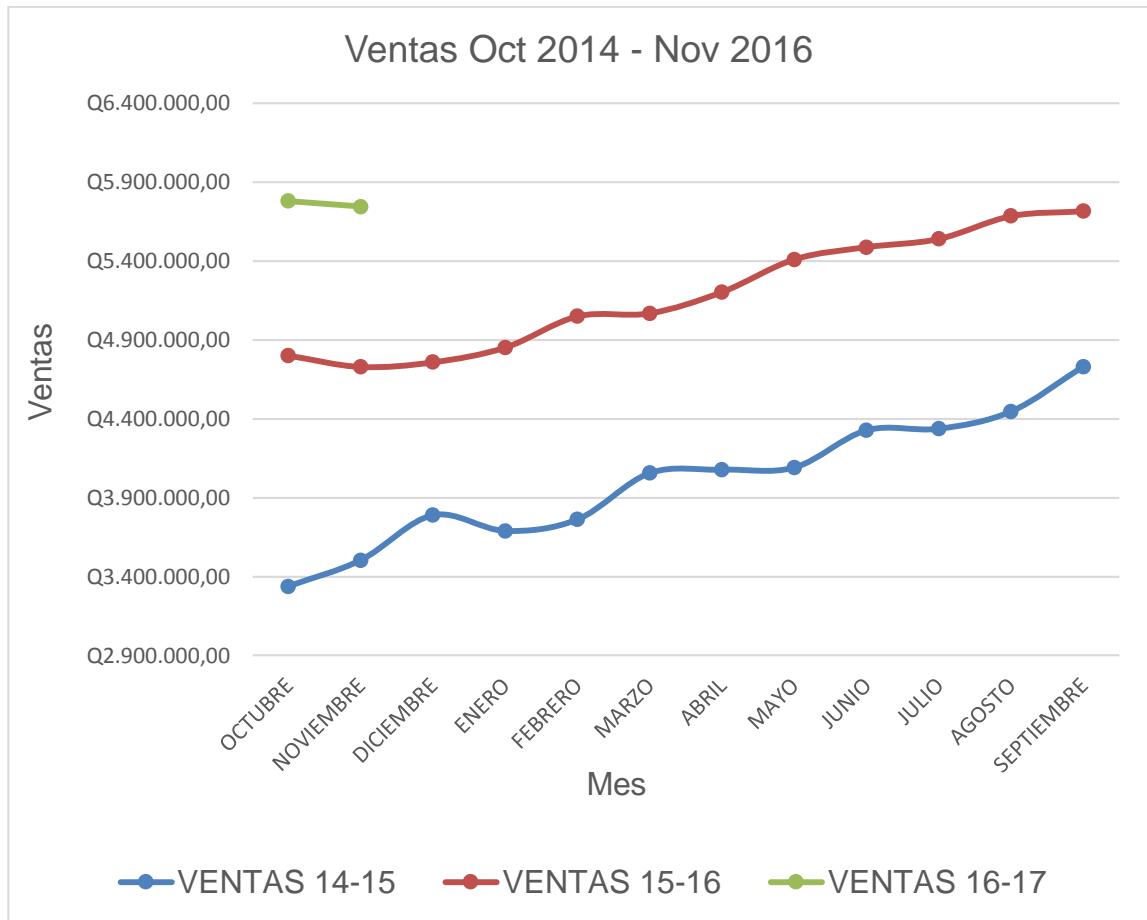
Tabla LX. Ventas de la empresa de octubre del 2014 a noviembre del 2016

VENTAS			
MES	VENTAS 14-15	VENTAS 15-16	VENTAS 16-17
OCTUBRE	Q3 339 000,00	Q4 800 900,00	Q5 781 300,00
NOVIEMBRE	Q3 504 600,00	Q4 729 500,00	Q5 744 400,00
DICIEMBRE	Q3 789 300,00	Q4 758 900,00	
ENERO	Q3 689 400,00	Q4 852 500,00	
FEBRERO	Q3 762 300,00	Q5 050 200,00	
MARZO	Q4 056 000,00	Q5 069 100,00	
ABRIL	Q4 077 300,00	Q5 204 100,00	
MAYO	Q4 090 800,00	Q5 411 100,00	
JUNIO	Q4 327 200,00	Q5 488 800,00	
JULIO	Q4 336 500,00	Q5 540 700,00	
AGOSTO	Q4 446 000,00	Q5 685 300,00	
SEPTIEMBRE	Q4 731 300,00	Q5 716 500,00	

Fuente: elaboración propia.

El valor de las ventas de octubre y noviembre de 2016 son ventas teóricas de acuerdo con el pronóstico de la demanda elaborado para dichos meses.

Figura 5. **Historial de ventas del octubre del 2014 a noviembre del 2016**



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los datos de la tabla LVII y el gráfico anterior, las ventas de la empresa en estudio se han incrementado rápidamente en los últimos dos años. Teóricamente se espera un incremento del 20,40 % para octubre del 2016 respecto de octubre del 2015 y un aumento del 73,14 % en relación a octubre de 2014.

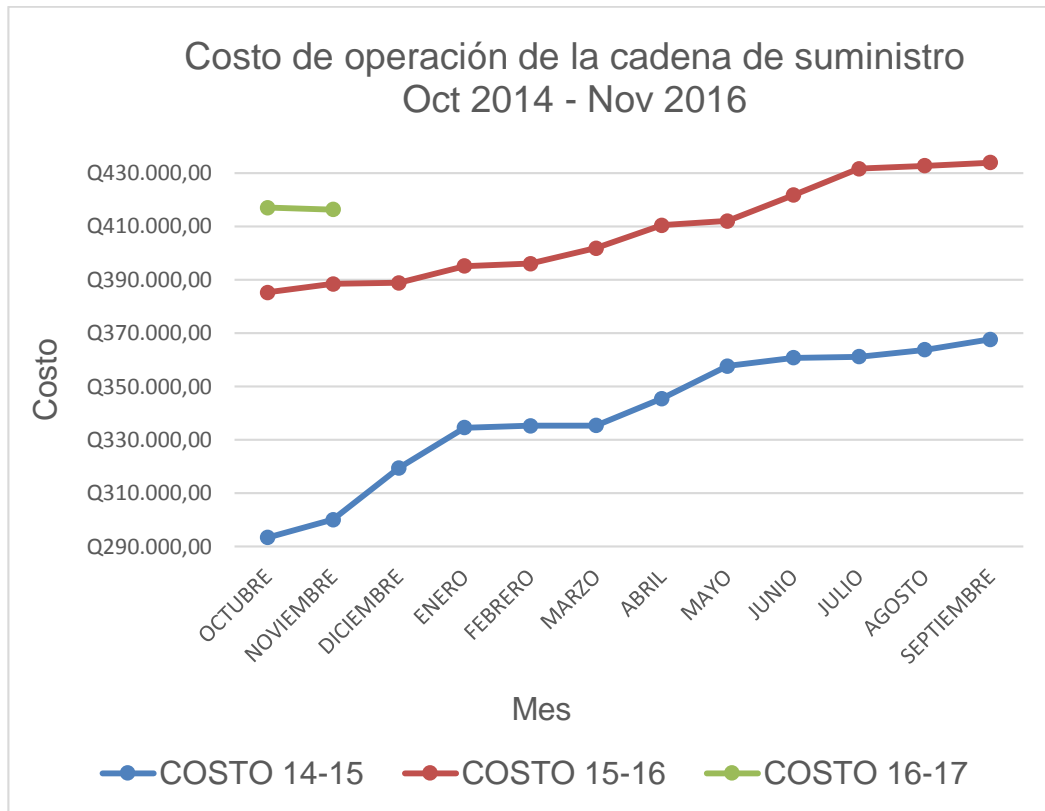
Para evaluar correctamente la eficiencia de la cadena de suministro es necesario cotejar la tendencia de las ventas con la tendencia del costo de operación, de esta manera se puede verificar si los costos se han incrementado de forma desproporcionada y tomar medidas correctivas para evitar la pérdida de utilidades.

Tabla LXI. **Costo de operación de la cadena de suministro desde octubre del 2014 a noviembre del 2016**

COSTO DE OPERACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO			
MES	COSTO 14-15	COSTO 15-16	COSTO 16-17
OCTUBRE	Q293 468,00	Q385 255,00	Q416 937,60
NOVIEMBRE	Q300 110,00	Q388 378,00	Q416 303,66
DICIEMBRE	Q319 535,00	Q388 848,00	
ENERO	Q334 543,00	Q395 070,00	
FEBRERO	Q335 257,00	Q396 010,00	
MARZO	Q335 352,00	Q401 777,00	
ABRIL	Q345 458,00	Q410 373,00	
MAYO	Q357 685,00	Q412 008,00	
JUNIO	Q360 749,00	Q421 680,00	
JULIO	Q361 125,00	Q431 564,00	
AGOSTO	Q363 748,00	Q432 640,00	
SEPTIEMBRE	Q367 631,00	Q433 810,00	

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Costo de operación de la cadena de suministro desde octubre del 2014 hasta noviembre del 2016**



Fuente: elaboración propia.

Estudiando la tabla LVIII y el gráfico anterior se hace evidente una reducción en el costo de operación de la cadena de suministro en los meses de octubre y noviembre de 2016.

Por medio del modelo desarrollado la empresa podría suspender el crecimiento del costo de operación reduciéndolo hasta un monto alcanzado hace cinco meses con ventas menores a las estimadas para octubre y noviembre.

Tabla LXII. **Comparación del costo de operación**

	SEPTIEMBRE 2016	OCTUBRE 2016	NOVIEMBRE 2016
Costo de operación de la cadena de suministro	Q433 810,00	Q416 937,60	Q416 303,66
Reducción del costo respecto de septiembre		Q27 127,12	Q27 761,34
Porcentaje de reducción del costo respecto de septiembre		6,11 %	6,25 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Comparación de las ventas**

	SEPTIEMBRE 2016	OCTUBRE 2016	NOVIEMBRE 2016
Ventas	Q5 716 500,00	Q5 781 300,00	Q5 744 400,00
Incremento de las ventas respecto del mes de septiembre		1,13 %	0,49 %

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla LVIII la cadena de suministro obtendría una reducción del 6,11 % en el costo de operación a partir de octubre de 2016, primer mes de aplicación del modelo propuesto, y del 6,25 % en noviembre, al mismo que las ventas, según pronóstico elaborado, se incrementarían 1,13 % y

0,49 % en octubre y noviembre, respectivamente. Por lo que la cadena de suministro fabricaría y distribuiría más producto utilizando menos recursos, de ahí que es posible afirmar que el sistema propuesto generara un amplio beneficio para la empresa.

5. MEJORA DEL MODELO

5.1. Evaluación del método de pronóstico utilizado

Para preservar y luego incrementar el progreso alcanzado, es necesario monitorear y evaluar la precisión de las técnicas de pronóstico utilizadas a través de las medidas de desempeño empleadas con anterioridad y una señal de rastreo.

Con la finalidad de rectificar y mejorar el funcionamiento hasta ajustarlo correctamente a la demanda del mercado y a las necesidades de la empresa.

Tabla LXIV. **Error de pronóstico para agosto y septiembre**

Sabor	Método	Pron Ago	Ventas Reales	Error Abs	Pron Sept	Ventas Reales	Error Abs	Error Acum
Vainilla	Winters	4 240	4 259	19	4 141	4 163	22	41
Chocolate	Alisado	3 062	2 738	324	2 861	2 863	2	326
Galleta	Alisado	1 313	1 255	58	1 308	1 314	6	64
Café	Winters	1 250	1 369	119	1 279	1 371	92	211
Fresa	Winters	1 146	1 344	198	1 199	1 213	14	212
Ron con pasas	Winters	744	751	7	756	692	64	71
Pistacho	Winters	446	455	9	456	473	17	26
Chocomenta	Winters	343	364	21	355	380	25	46
<i>Brownie</i>	Winters	263	265	2	271	359	88	90
Queso fresa	Media M	318	313	5	315	328	13	18
Cereza	Alisado	266	284	18	273	263	10	28
Chocochip	Winters	1 627	1 634	7	1 720	1 722	2	9
Almendra	Winters	2 052	2 045	7	2 145	2 157	12	19
Chicle	Winters	221	224	3	226	240	14	17

Continuación tabla LXIV.

Banano	Holt	591	497	94	458	324	134	228
Coco	Alisado	69	72	3	70	69	1	4
Dulce de leche	Promedio	64	58	6	63	66	3	9
Algodón de azúcar	Winters	116	121	5	118	115	3	8
Leche condensada	Holt	368	366	2	381	399	18	20
Napolitano	Winters	537	537	0	543	544	1	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. **Medición del desempeño de los pronósticos realizados para agosto y septiembre**

Sabor	Método	Error acumulado	MAD	MSE	MAPE
Vainilla	Winters	41	20,5	420,25	0,50 %
Chocolate	Alisado	326	163	26 569	6,00 %
Galleta	Alisado	64	32	1 024	2,50 %
Café	Winters	211	105,5	11 130,25	7,70 %
Fresa	Winters	212	106	11 236	7,90 %
Ron con pasas	Winters	71	35,5	1 260,25	5,10 %
Pistacho	Winters	26	13	169	2,80 %
Chocomenta	Winters	46	23	529	6,20 %
Brownie	Winters	90	45	2 025	12,60 %
Queso Fresa	Media M	18	9	81	2,80 %
Cereza	Alisado	28	14	196	5,10 %
Chocochip	Winters	9	4,5	20,25	0,30 %
Almendra	Winters	19	9,5	90,25	0,40 %
Chicle	Winters	17	8,5	72,25	3,60 %
Banano	Holt	228	114	12 996	30,10 %
Coco	Alisado	4	2	4	2,80 %

Continuación tabla LXV.

Dulce de leche	Promedio	9	4,5	20,25	7,40 %
Algodón de azúcar	Winters	8	4	16	3.40 %
Leche condensada	Holt	20	10	100	2.50 %
Napolitano	Winters	1	0,5	0,25	0.10 %

Fuente: elaboración propia.

En general el MAPE de casi todos los de productos oscila entre 0 y 8 % por lo que los pronósticos realizados para agosto y septiembre fueron precisos y confiables, a excepción del helado de banano así como el *brownie* que presentan un error porcentual del 30 % y 12 % respectivamente, demasiado elevado, aun, para la exactitud deseada por lo que se recomienda realizar un análisis para determinar las causas de la inestabilidad en la demanda.

5.1.1. Señal de rastreo

Una señal de rastreo o señal de control es un indicador utilizado para determinar si el promedio pronosticado sigue las tendencias hacia arriba o hacia abajo de la demanda. Esta señal representa el número de desviaciones absolutas medias (MAD) superiores o inferiores a las ventas reales de un producto. Una señal positiva indica que la demanda es superior al pronóstico, mientras que las señales negativas denotan que la demanda es menor a la estimación realizada.

El cálculo de la ST está dado por la siguiente ecuación:

$$ST = \frac{RSFE}{MAD}$$

Donde:

RSFE = suma continua de los errores del pronóstico (suma de errores con su respectivo signo).

MAD = desviación absoluta media

Los límites aceptables para la señal de rastreo varían según el tipo de producto, tamaño de la demanda, tiempo de estudio etcétera. En general, un pronóstico se considera aceptable cuando la señal de rastreo de este se encuentra dentro del rango de -4 MAD hasta +4 MAD, un modelo de pronóstico con ST igual a 0 MAD se considera perfecto, ya que el pronóstico no subestima o sobrestima, sino todo lo contrario, persigue las tendencias y patrones estacionales de la demanda.

Tabla LXVI. **Señal de rastreo aplicada al pronóstico de agosto y septiembre**

Sabor	Método	Error Ago	Error Sept	RSFE	MAD	ST	Tendencia
Vainilla	Winters	-19	22	3	20,50	0,15	Subestima
Chocolate	Alisado	324	2	326	163,00	2,00	Subestima
Galleta	Alisado	58	6	64	32,00	2,00	Subestima
Café	Winters	-119	92	-27	105,50	-0,26	Sobrestima
Fresa	Winters	-198	14	-184	106,00	-1,74	Sobrestima
Ron con pasas	Winters	-7	-64	-71	35,50	-2,00	Sobrestima
Pistacho	Winters	-9	17	8	13,00	0,62	Subestima
Chocomenta	Winters	-21	25	4	23,00	0,17	Subestima
<i>Brownie</i>	Winters	-2	88	86	45,00	1,91	Subestima
Queso fresa	Media M	5	13	18	9,00	2,00	Subestima
Cereza	Alisado	-18	-10	-28	14,00	-2,00	Sobrestima
Chocochip	Winters	-7	2	-5	4,50	-1,11	Sobrestima

Continuación tabla LXVI.

Almendra	Winters	7	12	19	9,50	2,00	Subestima
Chicle	Winters	-3	14	11	8,50	1,30	Subestima
Banano	Holt	94	-134	-40	114,00	-0,35	Sobrestima
Coco	Alisado	-3	-1	-4	2,00	-2,00	Sobrestima
Dulce de leche	Promedio	6	3	9	4,50	2,00	Subestima
Algodón de azúcar	Winters	-5	-3	-8	4,00	-2,00	Sobrestima
Leche condensada	Holt	2	18	20	10,00	2,00	Subestima
Napolitano	Winters	0	1	1	0,50	2,00	Subestima

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la información de la tabla LXIII los métodos de pronóstico propuestos para agosto y septiembre hubiesen sido precisos y ajustados a la demanda ya que ninguna señal de rastreo ha superado los 2 MAD, además de que las estimaciones para la demanda de vainilla, chocomenta, café y pistacho tienen un sesgo casi nulo. Esto quiere decir que las técnicas de pronósticos siguen las tendencias de la demanda. Sin embargo, es recomendable monitorear si en bimestres futuros persiste la tendencia a sobrestimar o subestimar los mismos productos.

5.2. Evaluación del nivel de cumplimiento

Posterior a la evaluación de las técnicas de pronóstico utilizadas para cada sabor corresponde la evaluación del nivel de cumplimiento del sistema de control de inventario, para ello es necesario comparar el inventario disponible en un momento dado con la demanda de producto.

5.2.1. Fill Rate

Fill rate o tasa de cumplimiento, se utiliza principalmente como un indicador de producto disponible, consiste en el porcentaje de la demanda que puede ser satisfecha en el momento de la solicitud con el inventario disponible. La meta principal para la cadena de suministro debe ser mantener e incrementar el *fill rate* sin aumentar de forma desproporcionada el volumen de inventario acumulado.

Para calcular la tasa de cumplimiento debe considerarse únicamente lo que sucede a partir del momento en que la demanda fue recibida. Si para completar una orden de producto se necesitaron varias entregas debido a que la empresa carecía de producto deben tomarse en cuenta únicamente la cantidad, valor y tipo de producto de la primera entrega.

Este indicador puede ser analizado desde distintas perspectivas, las principales son:

- *Product fill rate* (tasa de cumplimiento de producto): porcentaje de producto demandado que fue liquidado con el inventario disponible en dicho momento.
- *Line count fill rate* (tasa de cumplimiento de línea): cantidad de líneas de producto de una orden enviadas con el inventario disponible al momento de recibir la solicitud del cliente frente a la cantidad de líneas de producto pedidas en una orden expresada como porcentaje.
- *Order fill rate* (tasa de cumplimiento de orden): porcentaje de las órdenes que fueron cumplidas con el inventario en mano al momento de recibir la solicitud del cliente. Una orden se considera cumplida al 100 % si todos

los elementos solicitados fueron entregados en la cantidad correcta de lo contrario el valor es de 0 %. Este análisis puede realizarse para todas las ordenes de un día en conjunto, por cliente o de forma individual

- *Value fill rate* (tasa de cumplimiento de valor): porcentaje, del valor de la orden, satisfecho en la primera o única entrega.

Tabla LXVII. Información correspondiente a la orden número 829

Orden # 829 Cliente: A solicitada el 14/08/2016 entregada el 14/10/2016						
ID	Sabor	Valor Unitario	Cantidad solicitada	Valor solicitado	Cantidad enviada	Valor enviado
H1	Vainilla	Q300,00	15	Q4 500,00	15	Q4 500,00
H5	Fresa	Q300,00	9	Q2 700.,00	9	Q2 700,00
H15	Banano	Q300,00	4	Q1 200,00	4	Q1 200,00
H9	<i>Brownie</i>	Q300,00	6	Q1 800,00	6	Q1 800,00
H3	Galleta	Q300,00	2	Q600,00	2	Q600,00
H2	Chocolate	Q300,00	19	Q5 700,00	19	Q5,700,00

Fuente: elaboración propia.

Product fill rate

$$\frac{55 \text{ cajas de producto solicitadas}}{55 \text{ cajas de producto enviadas en la primera entrega}} = 100 \%$$

La tasa de cumplimiento de producto para la orden # 829 es del 100 % debido a que se entregó la cantidad de producto total de la orden.

Line count fill rate

$$\frac{10 \text{ líneas de producto requeridas}}{10 \text{ líneas de producto completas enviadas en la primera entrega}} = 100 \%$$

El cumplimiento de línea de la orden # 829 es del 100 %, ya que todas las líneas de producto fueron entregadas en la cantidad exacta en una sola entrega.

Order fill rate

$$\frac{1 \text{ orden del cliente A}}{1 \text{ orden completa entregada al cliente A en la primera entrega}} = 100 \%$$

Se analizó únicamente la orden # 829, esta fue cumplida al 100 % ya que todos los productos fueron entregados en la cantidad exacta en una sola entrega.

Value fill rate

$$\frac{Q 16,500 \text{ en producto solicitados por el cliente A}}{Q 16,500 \text{ en producto entregado al cliente A en la primera entrega}} = 100 \%$$

El valor en producto solicitado por el cliente A fue entregado completamente en una sola entrega

La cadena de suministro debe medir continuamente la disponibilidad de inventario analizándola según distintas variables como el día, cliente, producto y valor del producto para establecer si es necesario realizar un cambio en los parámetros del control de inventario. Como por ejemplo incrementar o reducir el lote óptimo de pedido, punto de reorden o inventario de seguridad, de manera

que el modelo propuesto se adapte a los cambios en la demanda impactando los menos posible en el costo de operación.

CONCLUSIONES

1. El método de Winters presenta la mayor precisión para pronosticar la demanda de helado cremoso, el MAPE obtenido al aplicar esta técnica oscila entre el 0,31 % y el 12,15 %. Debido a que este método contempla ajustes de tendencia y de estacionalidad se convierte en la mejor opción cuando se analizan productos con demanda creciente y ciclos acentuados por las estaciones climáticas o alguna otra variante presente en un periodo determinado.
2. La planta en estudio tiene la capacidad para satisfacer la demanda proyectada para el último trimestre de 2016, más una holgura promedio del 13,33 %, siempre y cuando se labore de lunes a viernes todas las semanas de cada mes, condición que no siempre se podrá cumplir a cabalidad debido a los asuetos establecidos por la ley laboral de Guatemala y los paros programados por mantenimiento. Por otra parte, a medida que la demanda se incremente el porcentaje de holgura desaparecerá y el nivel de cumplimiento se reducirá, por lo tanto, es necesario utilizar un sistema de control de inventario como herramienta de apoyo para el abastecimiento de producto.
3. Se optó por utilizar el modelo de cantidad de pedido fija con inventario de seguridad debido a que, al utilizar este método se almacenan volúmenes de producto reducidos durante cortos periodos de tiempo, lo que se adapta perfectamente a las necesidades de la empresa que son: nivelar la oferta con la demanda, reducir el costo de operación, preservar la integridad y

vida útil del producto así como garantizar el abastecimiento de producto al cliente interno y externo.

4. Cada producto se clasificó de acuerdo con su trascendencia en las ventas totales de la empresa utilizando la metodología ABC. En la categoría A se ubicaron aquellos productos con elevado margen de utilidad y vasto volumen de ventas; en conjunto estos productos representan el 80 % de las ventas globales. En la categoría B se agruparon los productos que tienen alto margen de utilidad pero un volumen de venta más reducido, estos de forma individual no implican más del 3 % del total de las ventas, sin embargo, al unificar equivalen al 15 % global. En la última categoría se concentraron los productos que generan poca utilidad y tienen una demanda muy baja protagonizando en conjunto apenas el 5 % de las ventas totales; reciben el nombre de categoría C.
5. El nivel de servicio especificado para cada producto varía en un intervalo, establecido desde el 45 % (valor mínimo) hasta el 98 % (valor máximo), de acuerdo con la combinación de dos parámetros fundamentales para el control de inventario, las ventas anuales de cada producto, clasificado en ABC y el porcentaje de variabilidad de la demanda organizado en categorías XYZ. De esta manera, al comprender la importancia de cada producto en las ventas de la empresa y el comportamiento de las mismas, es posible asignar un nivel de servicio que permita absorber los cambios en la demanda y vender el máximo de unidades posibles.
6. Analizando el costo de operación de la cadena de suministro correspondiente a los meses de agosto y septiembre de 2016, de forma global y por departamento, se logró identificar costos desmesurados por concepto de horas de trabajo extraordinarias, transporte y otras

prestaciones laborales provenientes del tiempo adicional en todas las áreas funcionales de la cadena suministro. Además de algunos costos menores generados por producto que caducó en almacén y otros por no entregar pedidos o entregarlos incompletos. Cada uno de los costos presentados anteriormente pueden reducirse o eliminarse planificando correctamente las operaciones de la cadena de suministro, anticipándose a los cambios en la demanda del mercado.

7. Mediante el modelo de pronóstico desarrollado se obtuvo una reducción del 6,11 % en el costo de operación de la cadena de suministro para octubre y del 6,25 % para noviembre, porcentajes equivalentes a Q 27 127,12 y Q 27 761,34 respectivamente. Planificando correctamente las operaciones de la cadena de suministro, previniendo cambios en la demanda y estableciendo niveles de inventario más ajustados se acortaron las horas de trabajo extraordinarias. Como consecuencia, todos los costos asociados a estas disminuyeron alcanzando así un costo de operación más bajo y mayores ventas.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar la precisión del método de pronósticos utilizado de forma trimestral o bimestral para determinar si la técnica propuesta se ajusta correctamente a los cambios de tendencia y estacionalidad de la demanda, de lo contrario, modificar con la ayuda de Excel el valor de las constantes de nivel, tendencia y estacionalidad para realizar proyecciones más precisas.
2. De acuerdo con las estimaciones de ventas, la demanda de helado cremoso seguirá en aumento a un ritmo acelerado, por lo que para aprovechar los recursos de la empresa es necesario analizar y elaborar el plan de producción de cada mes con al menos 30 días de anticipación, para verificar si en dicho periodo existen asuetos, paros programados o capacitaciones que reduzcan el tiempo disponible. De esta manera el Departamento de Producción puede prepararse para realizar doble corrida de producción cuando lo necesite.
3. Verificar mediante el indicador *fill rate* si las políticas de inventario establecidas en el modelo de control de inventario satisfacen cada una de las necesidades de la empresa, de lo contrario ajustar las políticas de inventario a los cambios más recientes en la demanda y priorizar entre las necesidades económicas u operativas de la empresa.

4. Al momento de realizar la clasificación de productos ABC, se debe registrar únicamente los ingresos correspondientes a las transacciones comerciales del año en estudio, ignorando por completo ingresos debido a pagos atrasados por negociaciones realizadas en periodos anteriores. Además, debe deducirse previamente las devoluciones y descuentos sobre ventas para determinar correctamente los ingresos totales correspondientes a cada producto,
5. Monitorear constantemente si el nivel de servicio, utilizado para establecer el tamaño del inventario de seguridad, asignado a cada producto es el adecuado. Para así determinar si este nivel puede restringirse o bien reducirse en cierta medida, con la finalidad de almacenar todavía menos producto y prolongar la reducción de costos.
6. Analizar mensualmente el costo de operación de cada uno de los departamentos de la cadena de suministro y compararlo con el volumen de cajas vendidas, ya que en algunas ocasiones podría parecer que el costo se ha incrementado de forma desproporcional cuando en realidad aumentó debido a que el volumen de la demanda se elevó a un nivel tan alto que sobrepasaba por mucho a la capacidad de la planta de producción. Registrar la demanda de cajas, el costo de operación y el valor de las ventas sería de mucha utilidad para comparar el ingreso monetario percibido por las ventas con el costo unitario por caja. De esta manera sería posible conocer a partir de qué cantidad el costo de cada caja se incrementa o disminuye y en qué rangos de demanda se obtiene el máximo beneficio.

7. Para continuar con la reducción de los costos de operación de la cadena de suministro es primordial comparar con anticipación la capacidad de producción y el inventario disponible contra la demanda prevista, así como el tiempo disponible contra el tiempo requerido para conocer si se requerirá o no de horas extraordinarias. Cuando se haga evidente la necesidad de trabajar tiempo adicional será fundamental operar según la programación diseñada para el Departamento de Producción, esta herramienta se encuentra en la sección de apéndices.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHASE, Richard, JACOBS, Robert y AQUILANO. *Administración de operaciones, producción y cadenas de suministros*. 12a ed. México, D.F. : McGraw-Hill, 2009. 477p.
2. CHOPRA, Sunil y MEINDL, Peter. Pronóstico de la demanda en una cadena de suministro. En su: *Administración de la cadena de suministro*. 5a ed. México, D.F. : Pearson, 2013. 178 p.
3. FERNÁNDEZ, Rodrigo. *Operaciones de almacenaje*. Madrid, España: Editores Thomson. 2006. 91p.
4. HEIZER, Jay y RENDER, Barry. *Administración de operaciones*. 7a ed. Monterrey, México: Pearson, 2009. 134p.
5. KRAJEWSKI, Lee y RITZMAN, Larry. *Administración de operaciones, estrategia y análisis*. 10a ed. México, D.F. : Pearson, 2013. 328 p.
6. SIPPER, Daniel y BULFIN, Robert. *Planeación y control de la producción*. México, D.F. : McGraw-Hill, 1998. 152p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Programación de las actividades del departamento de producción para realizar doble corrida de producción

Tiempo min	Corrida No. 1 de producción 1000 Cajas	Hora Inicia	Hora final	Hora inicia	Hora final	Tiempo	Corrida No. 2 de producción 1000 Cajas en paralelo
3	Trasladar materia prima hasta tanque de mezclado	7:00	7:03				
30	Mezclar materia prima en el tanque de mezclado	7:03	7:33				
50	Cocción de la mezcla en tanque mezclado	7:33	8:23				
10	Transportar mezcla a la pasteurizadora	8:23	8:33				
45	Pasteurizar la mezcla	8:33	9:18				
45	Homogeneizar la mezcla	9:18	10:03				
25	Trasladar mezcla al tanque de maduración	10:03	10:28	10:12	10:57	45	Trasladar materia prima hasta tanque de mezclado
150	Maduración en tanque	10:28	13:00	10:57	11:00	3	Mezclar materia prima en el tanque de mezclado
20	Trasladar 300 gal de mezcla a las 5 batidoras	13:00	13:20	11:00	11:30	30	Cocción de la mezcla en tanque mezclado
5	Añadir colorantes y saborizantes a la mezcla	13:20	13:25	11:30	12:20	50	Transportar mezcla a la pasteurizadora
15	Batido e inyección de aire	13:25	13:40	12:20	12:30	10	Pasteurizar la mezcla
20-30	Inspección calidad	13:40	14:00	12:30	13:15	45	Homogeneizar la mezcla
50	Envasado de los 1000 cajas	14:00	14:50	13:15	14:00	45	Trasladar mezcla al tanque de maduración
15	Traslado de las cajas a cuartos fríos	14:50	15:05	14:00	14:25	25	Maduración en tanque
55	Limpiar maquinaria e instalaciones de planta	15:05	16:00	14:25	17:00	150	Trasladar 300 gal de mezcla a las 5 batidoras
				17:00	17:05	5	Añadir colorantes y saborizantes a la mezcla
				17:05	17:20	15	Batido e inyección de aire
				17:20	17:50	20-30	Inspección calidad
				17.5	18:40	50	Envasado de los 1 000 cajas
				18:40	18:50	10	Traslado de las cajas a cuartos fríos
				19:00	20:00	60	Limpiar maquinaria e instalaciones de planta
				20:00	20:30	30	Cena del personal

Continuación apéndice 1.

La tabla anterior ilustra cómo deben realizarse las operaciones en la planta de producción los días en los que se tenga planificado nivelar el inventario de producto o para recuperar la producción de días trabajo perdidos por asuetos, feriados, mantenimientos, capacitaciones y causas de fuerza mayor.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Cantidad de horas de trabajo extraordinarias en el departamento de producción para cuando se realizan dos corridas de producción

Hora en que inicia la jornada de trabajo	07:00
Hora en la que finaliza la jornada de trabajo	16:00
Hora aproximada en que finalizan las operaciones	20:00
Horas extras trabajadas por cada operario del departamento de producción	4,0 H
Horas extra pagadas a cada operario del departamento de producción	4,5 H
Horas-hombre extraordinarias	49,5 H

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Cantidad de horas de trabajo extraordinarias en el departamento de calidad para cuando se realizan dos corridas de producción

Hora en que inicia la jornada de trabajo	07:00
Hora en la que finaliza la jornada de trabajo	16:00
Hora aproximada en que finalizan las operaciones	18:30
Horas extras trabajadas por cada operario del departamento de calidad	2,0 H
Horas extras pagadas a cada operario del departamento de calidad	2,5 H
Horas-hombre extraordinarias	17,5 H

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Cantidad de horas de trabajo extraordinarias en el departamento de almacenaje para cuando se realizan dos corridas de producción

Hora en que inicia la jornada de trabajo	07:30
Hora en la que finaliza la jornada de trabajo	16:30
Hora aproximada en que finalizan las operaciones	21:00
Horas extras trabajadas por cada operario del departamento de producción	4,5 H
Horas extras pagadas a cada operario del departamento de producción	5.0 H
Horas-hombre extraordinarias	55 H

Fuente: elaboración propia.