



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**Incertidumbre en el mundo de las flores: una propuesta de mejora enfocada en la integración de la cadena de suministro de exportación de flores**

**Samir Leonardo Ahmed Vallejo**

**Daniel Martín Niveló Tocachi**

**María Leonor Aguilar, M.Sc, Directora de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito  
para la obtención del título de Ingeniero Industrial

Quito, septiembre de 2014

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Incertidumbre en el mundo de las flores: una propuesta de mejora enfocada en la integración de la cadena de suministro de exportación de flores**

Samir Leonardo Ahmed Vallejo

Daniel Martín Niveló Tocachi

María Leonor Aguilar, M.Sc.  
Directora de Tesis

---

Diego Guilcapi, M.Sc.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Danny Navarrete, M.Sc.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Carlos Suarez, PhD.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Ximena Córdova, PhD.  
Decana de la Escuela de Ingeniería

---

**Quito, septiembre de 2014**

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Samir Leonardo Ahmed Vallejo

C. I.: 1712777810

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Daniel Martín Niveló Tocachi

C. I.: 0603938135

Fecha: Quito, septiembre de 2014

## DEDICATORIA

A mi madre, que ha sido mi apoyo durante toda mi vida. Eres la estrella que guía mi camino.

SA

A mis padres, por todo su amor y apoyo incondicional. A mi hermano, por siempre estar a mi lado. Sin ustedes no lo hubiera logrado.

DN

## **AGRADECIMIENTOS**

A todas esas personas que nos han apoyado en los momentos difíciles y de estrés, así como en los buenos momentos.

A todos nuestros amigos, quienes han dedicado largas horas a alegrar nuestros días.

A nuestros profesores que nos han brindado su conocimiento, dedicación y hasta horas de su tiempo libre para nuestro desarrollo como profesionales y como mejores seres humanos.

Especiales agradecimientos a la gente de Expoflores y Novacargo, quienes aportaron con toda su apertura para la realización de esta tesis. Sin ellos, este trabajo no se podría haber terminado.

Un agradecimiento a nuestra tutora por su guía y paciencia.

## RESUMEN

El siguiente estudio tiene como objetivo hacer un análisis de la cadena de suministro de exportación de flores y generar una propuesta de integración de la misma. Con el fin de entender los problemas que ésta tiene, se hicieron entrevistas a expertos de cada uno de los eslabones que componen la cadena, así como encuestas que ayudaron a validar éstas. Debido a la variabilidad intrínseca de la industria se buscó entender, a través de un análisis de regresión, cuáles son los factores que afectan a la demanda, ya que al comprender éstos, se pueden tomar mejores decisiones de planeación a través de la cadena. Con la ayuda de diferentes modelos de pronóstico como promedios móviles, suavizamiento exponencial y ARIMA, se buscó encontrar un modelo que ayude a predecir de mejor manera la demanda. Finalmente, con los pronósticos como input, se hicieron aplicaciones prácticas en tres eslabones escogidos por los autores mediante la generación de modelos de planeación agregada.

## **ABSTRACT**

The aim of the following study is to analyze the supply chain of flower exportation and the generation of a proposal to integrate it. In order to understand the issues that the supply chain has to overcome, several interviews with experts of each link of the chain and supporting surveys that helped in the validation of these surveys were conducted. Due to the inherent variability of the industry, it was essential to understand through regression analysis models the key factors that affect the flower demand. By understanding these factors, better planning decisions can be made through the entire supply chain. In order to find a model which help predict in a more precise way the flower demand, different forecast models such as moving average, exponential smoothing and ARIMA models were tested. Finally, with the forecasts as an input, practical applications were made through the generation of aggregate planning models to three links of the chain selected by the authors.



## Índice

RESUMEN .....	7
ABSTRACT.....	8
Capítulo I: Propuesta de Investigación .....	21
1.1. Introducción .....	21
1.2. Antecedentes .....	22
1.3. Alcance.....	25
1.4. Justificación.....	26
1.5. Objetivos .....	29
1.5.1 Objetivo General .....	29
1.5.2 Objetivos Específicos.....	29
1.6. Limitaciones .....	30
Capítulo II: Marco Teórico .....	32
2.1. Cadena de suministro .....	32
2.1.1. ¿Qué es cadena de suministro? .....	32
2.1.2. Composición general de una cadena de suministro .....	33
2.1.3. Gestión de la cadena de suministro .....	36
2.2. Exportación .....	37
2.3. Función de la demanda.....	41
2.3.1. Demanda .....	41
2.3.2. Curva de demanda.....	42

2.3.3. Desplazamiento de la Demanda .....	42
2.3.3.2. Precio de los bienes relacionados.....	44
2.3.4 Función de demanda .....	45
2.4. Regresiones .....	46
2.4.1. Regresión lineal simple .....	48
2.4.2. Regresión lineal múltiple .....	56
2.5. Pronósticos .....	59
2.5.1. Horizonte de tiempo en los pronósticos .....	60
2.5.2. Características de los pronósticos .....	60
2.5.3. Métodos de pronóstico .....	61
2.5.4. Evaluación de pronósticos.....	69
2.6. Econometría .....	70
2.6.1. ¿Qué es la econometría?.....	70
2.6.2. Metodología de la econometría.....	71
2.6.3. Econometría de series de tiempo.....	72
2.6.4. Modelos de pronóstico ARIMA.....	79
2.7. Planeación agregada.....	83
2.7.1. Definición y conceptos básicos de la planeación agregada .....	83
2.7.2. Problema de la planeación agregada .....	86
2.7.3. Planeación Agregada usando Programación Lineal.....	87
2.7.4. Resultados de la planeación agregada.....	93

	11
2.8. Definiciones adicionales .....	94
2.8.1. Diagrama de Pareto .....	94
2.8.2. Paletizar .....	94
2.8.3. Consolidar .....	95
2.8.4. Método de la gran M .....	95
Capítulo III: Revisión de literatura .....	96
3.1. Cadena de suministro .....	96
3.1.1. Cadena de suministro de flores .....	97
3.2. Pronósticos .....	99
3.3. Planeación Agregada.....	101
Capítulo IV: Metodología.....	104
4.1. Definición del problema.....	105
4.2. Establecimiento de la línea base .....	106
4.3. Análisis y modelamiento.....	106
4.4. Aplicaciones prácticas.....	107
Capítulo V: Definición del Problema .....	109
5.1. Diagnóstico de la cadena de suministro .....	109
5.1.1. Composición general de la cadena.....	110
5.1.2. Eslabones.....	114
5.2. Entrevistas .....	120
5.2.1. Entrevista florícola .....	121

	12
5.2.2. Entrevista Agencia de Carga .....	125
5.2.3. Entrevista NOVACARGO S.A. ....	127
5.2.4. Entrevista LAN .....	129
5.2.5. Entrevista Expoflores .....	132
5.3. Encuestas a florícolas .....	136
5.3.1. Elaboración de la encuesta .....	136
5.3.2. Análisis de resultados.....	137
5.4. Definición del problema.....	147
Capítulo VI: Establecimiento de la línea base .....	149
6.1. Diagnóstico del mercado de flores .....	149
6.1.1. El Producto.....	149
6.1.2. Características del consumidor .....	151
6.1.3. Características del mercado.....	152
6.1.4. Factores que afectan la demanda.....	154
6.2. Parámetros de la planeación agregada .....	157
6.2.1 Parámetros Florícola .....	158
6.2.2 Parámetros agencia de carga .....	167
6.2.3. Parámetros paletizadora .....	177
Capítulo VII: Análisis y modelamiento .....	183
7.1. Función de demanda .....	183
7.2. Pronósticos .....	192

	13
7.2.1. Análisis de la demanda histórica.....	194
7.2.2. Promedios móviles .....	195
7.2.3. Suavizamiento exponencial.....	199
7.2.4. ARIMA .....	203
7.2.5. Comparación de métodos .....	212
Capítulo VIII: Aplicaciones prácticas.....	214
8.1 Planeación Agregada.....	214
8.2. Modelo Florícola .....	215
8.2.1. Parámetros .....	215
8.2.2. Variables de decisión .....	215
8.2.3. Función Objetivo.....	217
8.2.4 Restricciones .....	218
8.2.5. Resultados .....	221
8.3. Modelo Agencia de Carga.....	229
8.3.1. Parámetros.....	229
8.3.2. Variables .....	229
8.3.3. Función Objetivo.....	231
8.3.4 Restricciones .....	233
8.3.5 Resultados .....	234
8.4 Modelo Paletizadora.....	242
8.4.2. Variables .....	242

8.4.3. Función Objetivo.....	244
8.4.4. Restricciones .....	245
8.4.5. Resultados .....	246
Capítulo IX: Conclusiones y recomendaciones .....	254
9.1. Conclusiones .....	254
9.1.1. Acerca de la cadena de suministros de exportación de flores .....	254
9.1.2. Función de demanda .....	254
9.1.3. Pronósticos .....	255
9.1.4. Planeación Agregada.....	256
9.2. Recomendaciones.....	257
9.2.1. Acerca de la cadena de suministros de exportación de flores .....	257
9.2.2. Función de demanda .....	259
9.2.3. Pronósticos .....	261
9.2.4. Planeación agregada.....	261
Bibliografía .....	263
Anexo A – Matriz de Problemas.....	271
Anexo B – Encuesta de Identificación de Problemas .....	273
Anexo C - Cantidad de toneladas exportadas de rosas ecuatorianas .....	277
Anexo D - Precio de las rosas ecuatorianas exportadas.....	278
Anexo E - Precio de otro tipo de flores ecuatorianas.....	279
Anexo F - Cantidad de toneladas exportadas de otro tipo flores ecuatorianas .....	280

Anexo G - Cantidad de toneladas de flores colombianas exportadas .....	281
Anexo H - PIB per cápita Estados Unidos .....	282
Anexo I – Temperatura Estados Unidos .....	283
Anexo J – Total de exportaciones no tradicionales ecuatorianas .....	284
Anexo K – Importaciones de flores, semillas y follajes de E.E.U.U. ....	285
Anexo L – Resultados pronósticos promedios móviles .....	286
Anexo M – Resultados pronósticos suavizamiento exponencial simple .....	291
Anexo N – Resultados pronósticos Holt .....	292
Anexo O – Resultados pronósticos Winters .....	293
Anexo P – Resultados pronósticos ARIMA .....	294

## Índice de Tablas

Tabla 1. 2. 1. Principales países exportadores. ....	24
Tabla 1. 4. 1. Porcentaje ocupado por provincias según producción de flores.....	27
Tabla 2. 6. 1. Hipótesis nula para prueba de Dickey-Fuller. ....	79
Tabla 2. 6. 2. Patrones teóricos de FAC y FACP. ....	82
Tabla 5. 3. 1. . Ranking de los problemas de producción. ....	138
Tabla 5. 3. 2. Ranking de problemas logísticos. ....	139
Tabla 5. 3. 3. Ranking de problemas relacionados con costos. ....	140
Tabla 6. 2. 1. Costos por subcontratar. ....	164
Tabla 6. 2. 2. Parámetros de Florícola. ....	167
Tabla 6. 2. 3. Parámetros Consolida EC. ....	177
Tabla 6. 2. 4. Kilos procesados por operario en NOVACARGO. ....	179
Tabla 6. 2. 5. Parámetros Novacargo S.A. ....	182
Tabla 7. 1. 1. Análisis de regresión con todas las variables.....	188
Tabla 7. 1. 2. Análisis de regresión con variables de valor-p < 0.50 .....	190
Tabla 7. 1. 3. Análisis de regresión con variables de valor-p < 0.10.....	191
Tabla 7. 2. 1. Errores de pronóstico para promedios móviles.....	198
Tabla 7. 2. 2. Error de pronóstico para SE simple. ....	200
Tabla 7. 2. 3. Error de pronóstico para el método Holt. ....	201
Tabla 7. 2. 4. Errores de pronóstico para modelo de Winters.....	203
Tabla 7. 2. 5. Prueba de raíz unitaria para MCA sin deriva.....	206
Tabla 7. 2. 6. Prueba de raíz unitaria para MCA con deriva.....	207
Tabla 7. 2. 7. Prueba de raíz unitaria para MCA con deriva sobre tendencia determinista...	208
Tabla 7. 2. 8. Modelo AR (1).....	209
Tabla 7. 2. 9. Modelo AR (1) y AR (2).....	209



Tabla 7. 2. 10. Modelo MA (1).....	209
Tabla 7. 2. 11. Modelo MA (1) y MA (2).....	209
Tabla 7. 2. 12. Modelo AR (1) y MA (1).....	210
Tabla 7. 2. 13. Errores de Pronóstico ARIMA (1, 0,0).....	211
Tabla 7. 2. 14. Comparación de errores de pronóstico. ....	212
Tabla 8. 2. 1. Pronóstico de demanda con cuota de mercado para la florícola.....	216
Tabla 8. 2. 2. Fuerza laboral, contratados y despedidos en florícola. ....	221
Tabla 8. 2. 3. Costos de fuerza laboral florícola. ....	222
Tabla 8. 2. 4. Horas suplementarias y extraordinarias de la florícola.....	223
Tabla 8. 2. 5. Costos horas extras florícola.....	224
Tabla 8. 2. 6. Kilos producidos y subcontratados de la florícola.....	225
Tabla 8. 2. 7. Costos de kilos producidos en la florícola. ....	226
Tabla 8. 2. 8. Camiones subcontratados por la florícola.....	227
Tabla 8. 3. 1. Demanda con cuota de mercado de Consolida EC 2014. ....	230
Tabla 8. 3. 2. Fuerza laboral, personal contratado y despedido Consolida EC. ....	235
Tabla 8. 3. 3. Costo fuerza labora Consolida EC.....	236
Tabla 8. 3. 4. Horas extras Consolida EC. ....	237
Tabla 8. 3. 5. Kilos producidos Consolida EC.....	238
Tabla 8. 3. 6. Camiones y tráileres subcontratados Consolida EC. ....	239
Tabla 8. 3. 7. Costos de transporte Consolida EC. ....	240
Tabla 8. 4. 1. Cuota de mercado para la Paletizadora.....	243
Tabla 8. 4. 2. Demanda Novacargo 2014.....	243
Tabla 8. 4. 3. Fuerza laboral, personal contratado y despedido.....	247
Tabla 8. 4. 4. Costos de fuerza laboral Novacargo. ....	248
Tabla 8. 4. 5. Horas suplementarias trabajadas en Novacargo. ....	249

Tabla 8. 4. 6. Costos de horas suplementarias. ....	249
Tabla 8. 4. 7. Kilos producidos Novacargo. ....	251
Tabla 8. 4. 8. Costo de kilos producidos en Novacargo. ....	251
Tabla A 1. Matriz de problemas de la cadena. Elaborado por los autores.....	272
Tabla C 1. Cantidad de toneladas exportadas de rosas ecuatorianas 2006-2013.....	277
Tabla D 1. Precio de las rosas ecuatorianas exportadas 2006-2013. ....	278
Tabla E 1. Precio de otro tipo de flores ecuatorianas 2006-2013. ....	279
Tabla F 1. Cantidad de toneladas exportadas de otro tipo de flores ecuatorianas 2006-2013. .....	280
Tabla G 1. Cantidad de toneladas de flores colombianas exportadas 2006-2013. ....	281
Tabla H 1. PIB per cápita Estados Unidos 2006-2013 .....	282
Tabla I 1. Temperatura Estados Unidos 2006-2013. ....	283
Tabla J 1. Total de exportaciones no tradicionales en miles de dólares. ....	284
Tabla K 1. Importaciones de flores, semillas y follajes de E.E.U.U. en miles de dólares.....	285
Tabla L 1. Resultados de pronóstico promedio móvil 2 periodos. ....	286
Tabla L 2. Resultados de pronóstico promedio móvil 3 periodos. ....	287
Tabla L 3. Resultados de pronóstico promedio móvil 4 periodos. ....	288
Tabla L 4. Resultados de pronóstico promedio móvil 6 periodos. ....	289
Tabla L 5. Resultados de pronóstico promedio móvil 12 periodos. ....	290
Tabla M 1. Resultados de pronóstico suavizamiento exponencial simple.....	291
Tabla N 1. Resultados de pronóstico método Holt. ....	292
Tabla O 1. Resultados de pronóstico método Winters.....	293
Tabla P 1. Resultados de pronóstico método ARIMA.....	294

## Índice de Figuras

Figura 1. 3. 1. Cadena de suministro. Flujo de producto y flujo de material.....	25
Figura 1. 4. 1. Evolución de exportaciones anuales (miles de USD) de flores 2011-2013. ....	28
Figura 1. 4. 2. Evolución de exportaciones anuales (toneladas) de flores 2001-2013.....	28
Figura 2. 1. 1. Composición general de una cadena de suministro.....	34
Figura 2. 1. 2. Composición general de una cadena de suministro de servicio. ....	35
Figura 2. 4. 1. Ejemplo de gráfica de probabilidad normal. ....	53
Figura 2. 6. 1. Caminata aleatoria sin deriva. ....	76
Figura 2. 6. 2. Caminata aleatoria con deriva. ....	76
Figura 5. 1. 1. Diagrama SIPOC Exportación de flores en el Ecuador.....	110
Figura 5. 1. 2. Cadena de suministro de flores.....	111
Figura 5. 1. 3. Flujo de información y producto en la cadena de suministro.....	113
Figura 5. 1. 4. Proceso general de la cadena de suministro. ....	113
Figura 5. 1. 5. Proceso general de una florícola.....	115
Figura 5. 1. 6. Proceso general de una agencia de carga. ....	118
Figura 5. 1. 7. Proceso general de una paletizadora.....	119
Figura 5. 3. 1. Pareto de la primera afirmación. ....	141
Figura 5. 3. 2. Pareto 2da afirmación.....	142
Figura 5. 3. 3. Pareto de la 3ra afirmación.....	143
Figura 5. 3. 4. Pareto de la 4ta afirmación. ....	143
Figura 5. 3. 5. Pareto de la 5ta afirmación. ....	144
Figura 5. 3. 6. Pareto de la 6ta afirmación. ....	145
Figura 5. 3. 7. Pareto de la 7ma afirmación. ....	146
Figura 5. 3. 8. Pareto de la 8va afirmación. ....	147
Figura 6. 1. 1. Pareto kilos exportados desde el Ecuador por tipo de flor. ....	151

Figura 6. 1. 2. Países importadores de flores ecuatorianas. ....	154
Figura 7. 1. 1. Gráfica de probabilidad normal de residuales para la función de demanda 1. .....	186
Figura 7. 1. 2. Gráfica de probabilidad normal de residuales para la función de demanda 2. .....	187
Figura 7. 1. 3. Gráfica de probabilidad normal de residuales para la función de demanda 3. .....	188
Figura 7. 2. 1. Demanda de rosas a E.E.U.U. ....	194
Figura 7. 2. 2. Demanda vs. Pronóstico MA (2). ....	196
Figura 7. 2. 3. Demanda vs. Pronóstico MA (3). ....	196
Figura 7. 2. 4. Demanda vs. Pronóstico MA (4). ....	197
Figura 7. 2. 5. Demanda vs. Pronóstico MA (6). ....	197
Figura 7. 2. 6. Demanda vs. Pronóstico MA (12). ....	198
Figura 7. 2. 7. Demanda vs. Pronóstico SE simple. ....	200
Figura 7. 2. 8. Demanda vs. Pronóstico Holt. ....	201
Figura 7. 2. 9. Demanda vs. Pronóstico Winters. ....	203
Figura 7. 2. 10. Correlograma de demanda de rosas. ....	205
Figura 7. 2. 11. Demanda vs. Pronóstico ARIMA (1, 0, 0). ....	211

## Capítulo I: Propuesta de Investigación

### 1.1. Introducción

En un mercado tan volátil y cambiante, como al que se enfrentan las organizaciones hoy en día, ya no es suficiente con el manejo y planeación de las actividades independientemente de otros actores. El mercado feroz y los rápidos cambios en la demanda del mercado han hecho que el modo tradicional de dirigir empresas de manera independiente no pueda alcanzar a cumplir con los requerimientos económicos actuales, haciendo necesario remplazarlo por un modo más colaborativo con el fin de llegar a situaciones ganar-ganar (Yue, 2014, pág. 2174). Es por esta razón que surge la importancia de la gestión de las cadenas de suministro.

El supuesto detrás de la planeación de actividades más allá de las cuatro paredes de una organización, es entender el conjunto de operaciones y de actividades que hacen llegar valor a los clientes como un conjunto y no de manera aislada. La filosofía que está detrás del concepto del manejo de cadenas de suministro es el de planificación y coordinación de los materiales, dinero e información, que fluyen desde la fuente de creación a los usuarios finales, visto como un sistema integrado en lugar de una serie de actividades independientes (Ngwainbi, 2008, pág. 1).

El Ecuador, al ser el tercer mayor exportador de flores en el mundo (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 12), debería verse obligado a mejorar continuamente la comunicación entre los actores de su cadena de suministro con el fin de ser más competitivo. No basta tan sólo con tener una de las flores de mayor de calidad del mundo, para ser competitivo, que la industria crezca y explote sus potenciales es necesario que exista una integración de la cadena de suministro. Con este fin, el presente trabajo busca hacer una propuesta de integración que permita una mejor planeación de las actividades que

suponen la entrega de valor a los clientes de la cadena de suministro de flores ecuatorianas en el mundo.

Primero, el estudio busca entender los factores que afectan a la demanda de flores de Ecuador y la variabilidad inherente de las mismas en un mercado específico. El hecho de que las flores no son un producto de primera necesidad hace que su demanda esté sujeta a factores como la demografía de los mercados, las fiestas de ocasión y al deseo de compra de clientes poco frecuentes (Napaporn & Ward, 2003, pág. 1).

Como un segundo punto, se busca generar pronósticos de demanda a través de varios modelos. El objetivo de hacer pronósticos de demanda es tener información del comportamiento su futuro con el fin de que toda la cadena pueda planificar de mejor manera sus operaciones y actividades, y de esta manera mejoren su capacidad de respuesta a un mercado tan volátil y a la vez generen mayores ganancias.

Finalmente, con los pronósticos como input, el trabajo busca hacer modelos de planeación agregada que ayuden como punto de partida a una mejor planificación de las actividades en los eslabones seleccionados de la cadena, basado en determinar la cantidad de recursos necesarios para un correcto funcionamiento de dichas actividades al menor costo posible.

## **1.2. Antecedentes**

La propuesta de mejoramiento en la integración de la cadena de suministro de la exportación de flores a Estados Unidos viene motivada por los diferentes problemas que se han tenido en cuanto a costos de personal, costos de producción y por las constantes fallas de la cadena referente a los procesos y comunicación entre los eslabones. Han sido identificados problemas en lo que respecta a la infraestructura informacional de la cadena de suministro, ya que, a pesar de que existe buena comunicación entre ciertos eslabones, es muy pobre entre

otros como comentan los directivos de uno de los eslabones. El problema radica en que las órdenes de trabajo llegan con información incorrecta y/o algunas veces no llega a tiempo. Los costos de producción se dan en su gran mayoría por la mano de obra, por lo cual los costos de la fuerza laboral representan un problema considerable en los cambios inesperados de la demanda. Además, debido a que la información que se cruza en los eslabones no es correcta muchas veces la carga se pierde, extravía o no llegan el número de piezas indicadas (Nivelo & Ahmed, 2013, pág. 3).

En el mes de febrero de 2013 se trasladaron las operaciones del antiguo aeropuerto ubicado en el norte de la ciudad de Quito al nuevo aeropuerto, el cual mantiene sus operaciones en Tababela. Las nuevas instalaciones, a diferencia del anterior, cuentan con una plataforma especializada para el uso y manejo de carga, así como también el aumento del tamaño de la pista que permite admitir aviones de carga de una mayor capacidad (Mejía, 2014, citado en Agencia de Noticias Públicas del Ecuador, 2014). Estos cambios provocan a su vez cambios en los procesos de carga que antes se realizaban, por esto se debe prestar atención al análisis de los procesos que ocurre en la actual cadena de suministro.

El Nuevo Aeropuerto de Quito, debido a su poco tiempo de operación presenta ciertos problemas en su gestión. Específicamente, las empresas paletizadoras que son una parte fundamental de la cadena de suministros de carga, presentan varios problemas de sincronización con el resto de eslabones de la cadena. Según Rolando Vásquez (2013), gerente general de Novacargo S.A., las mayores falencias se dan en cuanto a control de procesos y flujo de información.

Respecto al control de procesos se pueden identificar varios problemas. La mayoría de estos problemas radican en cómo llega la carga en los camiones, ya que, varias veces esta mercancía llega mal etiquetada, mal empacada, con códigos erróneos y/o pedidos mal

consolidados, lo que ocasiona confusiones y el descuadre de las ordenes de trabajo (Nivelo & Ahmed, 2013, pág. 3).

Según Rolando Vázquez (2013), aproximadamente el 95% de la carga que se traslada por transporte aéreo son flores de diversos tipos. El Ecuador, gracias a su favorable clima y biodiversidad geográfica, es un lugar donde fácilmente se pueden criar diferentes especies de flores (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 1). La calidad de las flores, así como su belleza las califican en lo más alto a nivel mundial brindándole así una gran oportunidad al país para su desarrollo (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 1). Actualmente, Ecuador es el tercer país exportador de flores del mundo como se puede apreciar en la Tabla 1.2.1. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 12). Y a su vez, en el 2012, el INEC (citado en Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 2) indica que la industria floricultura mueve alrededor de 120.000 plazas de trabajo. Éste es otro de los factores que motivaron a la realización de este proyecto de tesis, debido a los grandes beneficios que se pueden obtener al optimizar la cadena de suministro de este producto en especial.

**Tabla 1. 2. 1. Principales países exportadores.**

Adaptado Dirección de inteligencia comercial e inversiones.

PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES							
Miles USD							
Exportadores	2008	2009	2010	2011	2012	TCPA 2008-2012	Partic. 2012
Países Bajos (Holanda)	4,179,795	3,620,270	3,692,294	4,972,920	4,602,077	2.44%	50.02%
Colombia	1,094,475	1,049,225	1,240,481	1,251,326	1,270,007	3.79%	13.80%
Ecuador	557,458	546,698	607,761	679,902	718,961	6.57%	7.81%
Kenya	445,996	421,484	396,239	606,081	589,826	7.24%	6.41%
Etiopía	104,740	131,518	143,817	168,946	526,338	49.72%	5.72%
Bélgica	103,868	167,716	248,628	260,178	251,314	24.72%	2.73%
Malasia	62,937	70,857	96,855	100,632	121,019	17.76%	1.32%
China	42,625	54,021	57,014	71,482	90,146	20.59%	0.98%
Italia	104,543	82,285	88,955	89,090	83,764	-5.39%	0.91%
Israel	67,341	97,497	156,987	93,382	78,667	3.96%	0.86%
Demás países	942,828	1,119,688	867,044	952,708	868,497	-2.03%	9.44%
<b>Mundo*</b>	<b>7,706,606</b>	<b>7,361,259</b>	<b>7,596,075</b>	<b>9,246,647</b>	<b>9,200,616</b>	<b>4.53%</b>	<b>100%</b>

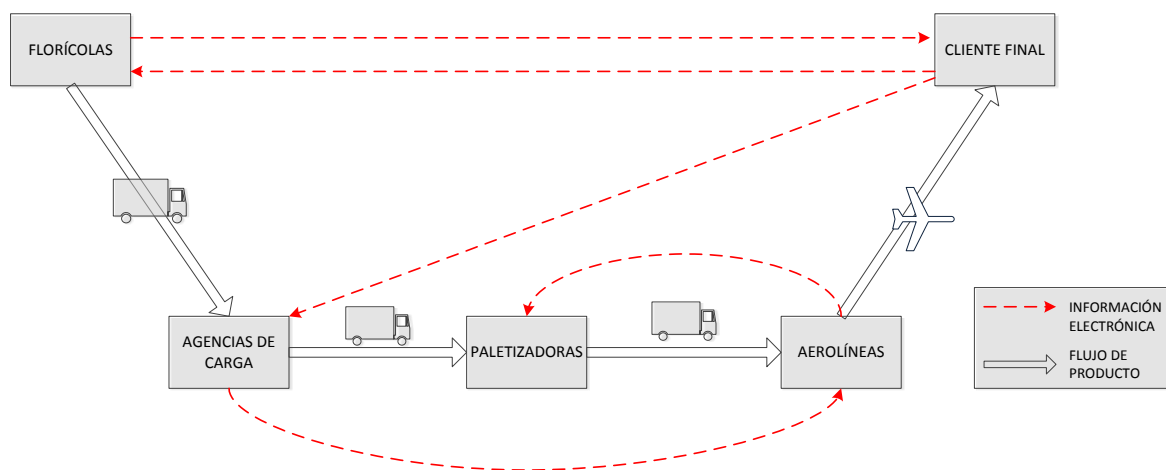


### 1.3. Alcance

Como se mencionó anteriormente, el proyecto se llevará a cabo en la cadena de suministro de exportación de flores a Estados Unidos para lo cual es necesario conocer los eslabones de la misma. Una vez identificados todos los eslabones de la cadena es necesario conocer en cuáles de estos eslabones se llevará a cabo los estudios correspondientes para su mejora.

Los eslabones de la cadena de suministro que actúan en la exportación de rosas se presentan a continuación, y posteriormente la Figura 1.3.1 permite un sencillo entendimiento general del flujo de material y flujo de información.

- Florícolas,
- Agencias Consolidadoras
- Empresas Paletizadoras
- Aerolíneas con servicio de carga,
- y Cliente Final.



**Figura 1. 3. 1. Cadena de suministro. Flujo de producto y flujo de material.**

**Elaborado por los autores.**

Una vez conocidos todos eslabones, es necesario conocer aquellos en los que se centra este estudio. Primero, se tomará en cuenta a las agencias paletizadoras, ubicadas en el Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito (NAIQ). El siguiente eslabón a tomar en cuenta lo conforman las agencias consolidadoras de carga, ya que son un eslabón que tienen contacto ya sea directo o indirecto con el resto de eslabones.

Las florícolas, sin duda representan un eslabón muy importante en la cadena al ser el motor de la industria, por lo cual éstas se toman en cuenta en el proyecto. Se espera tener un fuerte impacto sobre las mismas, ya que existe una gran cantidad de florícolas en todo el país y el estudio de éstas permitirá una mejora para todo el sector.

Cabe mencionar que quedan fuera de este estudio tanto el cliente final como las aerolíneas. Esto se debe a que los clientes finales se encuentran fuera del país y es complicado el análisis de los problemas relacionados con ellos. Por otro lado las aerolíneas quedan fuera por falta de apertura de información y por falta de detección de problemas en el área de estudio. Sin embargo, se espera que el estudio genere un impacto positivo en estos eslabones.

#### **1.4. Justificación**

El movimiento de carga es una de las principales operaciones que se realizan en aeropuertos. Es por esta razón que debe ser tomado en cuenta como clave para el desarrollo económico y planificación de tráfico en aeropuertos. El valor de la carga, o por lo menos el valor de las ganancias generadas por la carga, se ha vuelto cada vez más importante en los últimos diez años en el mundo aéreo (Ryan, 2008, pág. 133). Por ende, la carga se ha convertido en un eslabón fundamental en la cadena de suministro de los aeropuertos al ser un facilitador para el comercio exterior. El manejo de cargas y el negocio que envuelve, puede ser visto como uno de los grandes facilitadores para el comercio internacional moderno

(Ryan, 2008, pág. 136). Como industria y como impulsor del crecimiento, el negocio de la carga tiene un impacto directo en el producto interno bruto de los países, y por tanto, en la prosperidad y bienestar de las personas; lo que lleva incrementar el valor de la industria aérea (Ryan, 2008, pág. 136).

Según Rolando Vázquez (2013), gerente general de Novacargo S.A. (empresa paletizadora del NAIQ), aproximadamente el 95% de la carga que se traslada por transporte aéreo son flores de diversos tipos. Como se mencionó anteriormente y se puede ver en la Tabla 1.2.1 el Ecuador es el tercer país exportador de flores del mundo contribuyendo con un 7,81% del total, siendo precedido sólo por Holanda y Colombia (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 10). Por esta razón, se debe dar especial importancia al movimiento de carga de flores en el NAIQ, al ser el aeropuerto internacional más grande que se encuentra en las proximidades de fincas productoras de flores, siendo Pichincha la principal provincia productora de flores. En la Tabla 1.4.1 se puede observar un resumen de la distribución de provincias productoras de flores en el Ecuador.

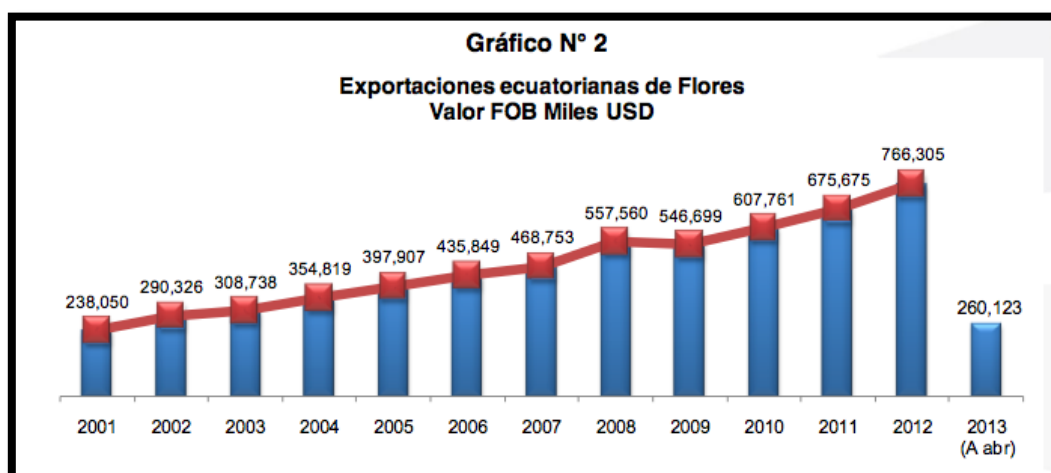
**Tabla 1. 4. 1. Porcentaje ocupado por provincias según producción de flores.**

**Adaptado de Acción Ecológica.**

Provincia	Lugares	Porcentajes
Pichincha	Tupigachi, Ayora, Cayambe, La Esperanza, Puenbo, Tabacundo, Yaruquí, Tababela, Amaguaña, Tumbaco.	71.2%
Cotopaxi	Tanicuchi, Guaytacama, Toacazo, Latacunga.	22.2%
Imbabura	Quiroga, Otavalo, Cotacachi, Urququi, San Pablo de Lago.	3.9%
Otros		1.4%
Azuay	Cuenca, Biblián, Paute, Azogues, San Joaquín, Sayausi, Estación Cumbe, Victoria del Portete.	1.2%

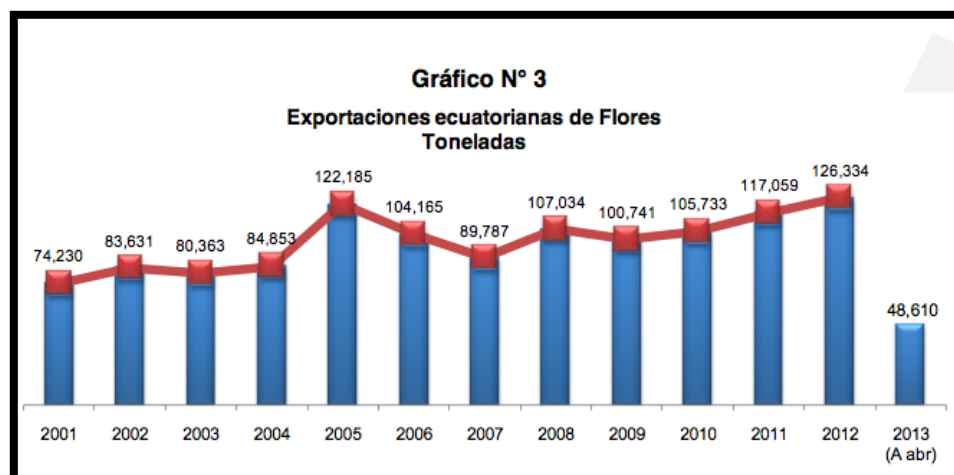
En 2012, se reportó un incremento sustancial en las exportaciones del sector floricultor del Ecuador (El Telégrafo, 2012). En 2012, la exportación de flores representó al país USD 761 millones de dólares (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 9). Entre 2001 y 2012 el crecimiento de las exportaciones de flores tuvo un crecimiento

sostenido de 11.21% y un crecimiento anual de toneladas totales de 4.95% (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 5). La evolución de las exportaciones en miles de dólares y en toneladas se muestra en la Figura 1.4.1. y Figura 1.4.2 respectivamente.



**Figura 1. 4. 1. Evolución de exportaciones anuales (miles de USD) de flores 2011-2013.**

Fuente: Dirección de inteligencia comercial e inversiones.



**Figura 1. 4. 2. Evolución de exportaciones anuales (toneladas) de flores 2001-2013.**

Fuente: Dirección de inteligencia comercial e inversiones, 2013.

Thuermer (2009, pág. 22) indica que el almacenamiento en frío, las rutas e instalaciones, así como las nuevas tecnologías de seguimiento y rastreo hacen que la industria de productos perecederos avance rápidamente. Es por esta razón, que el transporte aéreo es

una de las principales formas de exportación, y se debe tener en consideración el potencial con el que éste puede influir en el crecimiento de la economía del país.

Al ser el Ecuador uno de los principales exportadores mundiales de flores y el transporte aéreo el elegido para su transporte, la importancia de un buen manejo y gestión de la cadena de suministro de exportación de flores es esencial. La cercanía del NAIQ a los principales productores y exportadores de flores hace que un buen manejo de la cadena de suministro sea crítico para mejorar las operaciones y finalmente las ganancias y beneficios relacionados a esta industria.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Mejorar la gestión de carga e información en la cadena de suministros de exportación de flores a los Estados Unidos, mediante el desarrollo y propuesta de un sistema de planeación basado en el entendimiento de factores externos que afectan la demanda.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Entender a profundidad el concepto de logística, cadena de suministro, pronósticos, función de demanda y planeación agregada.
- Comprender la cadena de suministro y el sistema de carga de flores con destino a Estados Unidos.
- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la cadena de suministro y los eslabones que la componen.
- Determinar las variables que condicionan el comportamiento de la demanda en la cadena para una mejor toma de decisiones de producción.
- Desarrollar un sistema de mejora mediante la utilización de herramientas de planeación agregada.

- Realizar una propuesta de un sistema de planeación basada en pronósticos de demanda de flores.

## **1.6. Limitaciones**

El desarrollo de cualquier proyecto siempre está sujeto a una serie de limitaciones que suponen ciertas restricciones. En el desarrollo de este trabajo en específico, se han encontrado limitaciones dadas por diferentes circunstancias, éstas se comentan a continuación. En primer lugar, al ser los productores de flores el motor de la industria, una gran limitación que se ha encontrado en este trabajo es la gran cantidad de florícolas que existen en el país. Este hecho no permite conocer de forma profunda los problemas a los que se encuentran sujetos, haciendo necesario realizar encuestas que permitan tener una idea de los principales inconvenientes en este eslabón.

Otra limitación, se encuentra representada por la gran variedad existente de tipos de flores. Esto ha llevado a concentrar los esfuerzos de investigación solamente en un tipo de flor, lo que provoca una significativa pérdida de información. Sin embargo, concentrarse en todos los tipos de flor aumenta en gran medida los diferentes factores del estudio. Asimismo, otra limitación condicionada por la gran cantidad de flores, y nombrada por los expertos de los diferentes eslabones en la cadena, es la gran variedad de cajas de empaque y sus pesos relacionados. Esto lleva a realizar varios supuestos para encontrar una unidad de medida estándar en el flujo y manejo de materiales en la cadena.

El mercado de flores en el Ecuador es muy competitivo, por lo cual las empresas relacionadas a la cadena de exportación son muy cerradas con su información y fue posible acceder únicamente a la información de una sola de ellas, al igual que en las agencias y paletizadoras. Una característica de la exportación de flores desde el Ecuador es la gran variedad de países a los que se exportan estos productos; sin embargo esto ha representado

una limitación ya que la gran cantidad de mercados ocasiona un incremento en el número de variables del modelo. Una limitación que ha ocasionado varios problemas y cambios en este proyecto, ha sido la falta de datos relacionados a las variables que afectan a la demanda de la cadena. Algunos de estos datos están disponibles, mientras que otros se presentan en períodos de tiempos diferentes.

## **Capítulo II: Marco Teórico**

En este capítulo se encuentra toda la teoría en la que se ha basado el presente estudio. Se tratan a profundidad los temas que se han desarrollado durante el todo el trabajo. Entre los temas a tratar están: cadena de suministro, exportación, función de demanda, modelos de regresión, pronósticos, econometría, planeación agregada y otras definiciones adicionales.

### **2.1. Cadena de suministro**

Hoy en día, es cada vez más común escuchar el término cadena de suministro. Las personas hablan de cadena de suministro y de los beneficios asociados a una buena gestión de la misma, todo el mundo quiere integrarla a su estrategia e implementarla a sus operaciones, pero en realidad ¿qué es cadena de suministro? Existen varias formas de definir una cadena de suministro y diferentes interpretaciones de su concepto, por esta razón, esta sección busca entender el concepto detrás de la cadena de suministro y de la gestión de la misma.

#### **2.1.1. ¿Qué es cadena de suministro?**

Existen varias definiciones de diferentes autores sobre el significado de cadena de suministro. A continuación se revisarán algunas definiciones y se planteará la que va a ser utilizada en el resto del trabajo.

Myerson (2012, págs. 3-4), dice que técnicamente una cadena de suministro es la que comprende las funciones logísticas que incluyen las áreas de transporte y distribución. Sin embargo, esta definición puede ser un poco reducida y limitante en cuanto a todas las actividades que engloba en realidad una cadena de suministro.

Chopra y Meindl (2007, pág. 3) dicen que una cadena de suministro es aquella que envuelve todas las partes involucradas directa o indirectamente en cumplir cualquier orden de un consumidor; pasando por la etapas de aprovisionamiento, producción, distribución,



transporte, almacenamiento, ventas e incluso al consumidor. Es importante señalar que no todas las cadenas de suministro se comportan de igual manera, por esto cada una tendrá menos o más etapas incluidas.

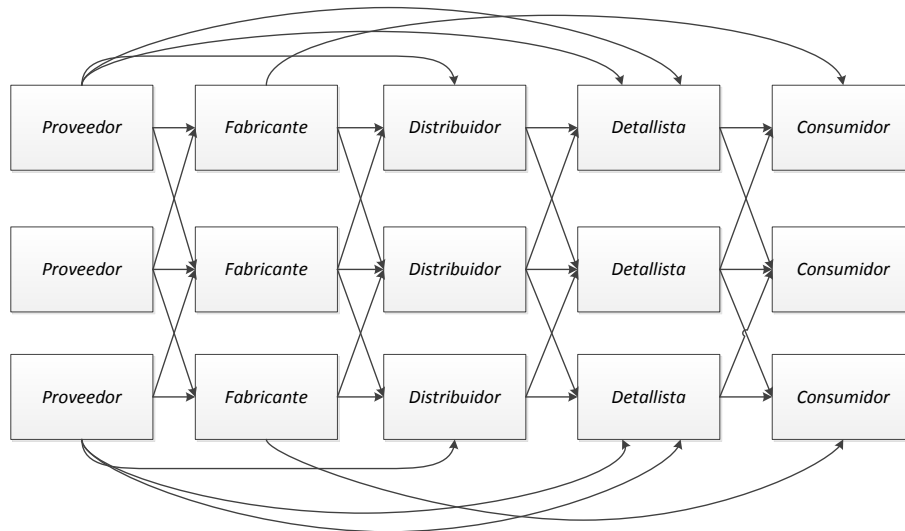
Stevenson (2008, pág. 511), nos da otra definición más sencilla: cadena de suministro es una secuencia de organizaciones, que están involucradas en la producción y distribución de un producto o servicio, incluyendo cada una de sus instalaciones, funciones y actividades.

Para el fin de este trabajo se utilizará la definición de Chopra y Meindl (Supply chain management: strategy, planning and operation, 2007) para la denominación de una cadena de suministro. Se ha escogido ésta porque se cree que es muy precisa en la descripción de la cadena.

### **2.1.2. Composición general de una cadena de suministro**

Como se enunció anteriormente, una cadena de suministro se compone de varios actores y todas las actividades que llevan a la consecución de una orden de un cliente. A manera ilustrativa será presentado ejemplo general de la composición de una cadena de suministro. Es importante recordar, que no todas las cadenas de suministro se comportarán de la misma manera y puede que involucren otros actores, y más o menos cantidad de instalaciones de diferentes tipos.

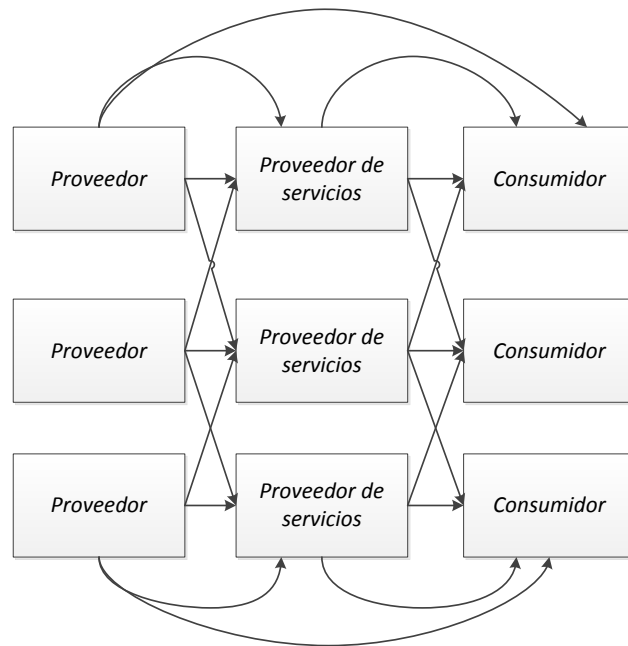
Los principales actores de una cadena de suministro son: proveedores, fabricantes, distribuidores, vendedores, detallistas y consumidores (Chopra & Meindl, 2007, pág. 4). Se ha adaptado un cuadro explicativo de los actores que componen una cadena de suministro de la obra *Supply chain: strategy, planning and operation* de Chopra y Meindl (2007), éste se muestra a continuación.



**Figura 2. 1. 1. Composición general de una cadena de suministro.**

Adaptado de: Chopra, s. & Meindl, p. (2007). *Supply chain: strategy, planning and operation*.

La forma funcional típica de la cadena de suministro mostrada en la Figura 2.1.1, se usa ampliamente en manufactura con sus variaciones pertinentes. Sin embargo, ésta se puede extender a una composición general para cadenas de suministro de servicio. Stevenson (2008, pág. 512), propone que los principales actores son proveedores, proveedores de servicios y consumidores. En la Figura 2.1.2, se muestra la composición general de una típica cadena de suministro de servicio.



**Figura 2. 1. 2. Composición general de una cadena de suministro de servicio.**

**Elaborado por los autores.**

Las cadenas de suministro se caracterizan por integrar la gestión de suministros y de demanda de una organización (Stevenson, 2008, pág. 512). Las cadenas de suministro se caracterizan por el flujo de información, productos y dinero que ocurre en cualquier dirección y que pueden ser manejados tanto por cualquiera de los actores o algún intermediario (Chopra & Meindl, 2007, pág. 5). El flujo de información supone compartir pronósticos, información de ventas y de la demanda, transmisión de órdenes, entre otras (Stevenson, 2008, pág. 514). Por otro lado, el flujo de productos es el movimiento de materiales, su almacenamiento, transporte y distribución física en la cadena. Para Stevenson (2008, pág. 514), el flujo monetario o de dinero es toda actividad que involucre créditos, pagos, consignas, o cualquier tipo de actividad financiera.

Para poder manejar de manera eficiente una cadena de suministro y sus flujos es necesario con herramientas que permitan alcanzar dicho objetivo. Stevenson (2008, pág. 514)

dice que los avances tecnológicos han ayudado a mejorar la habilidad que tienen las organizaciones para gestionar de manera eficiente los flujos de una cadena de suministro.

### **2.1.3. Gestión de la cadena de suministro**

El principal objetivo que persigue una cadena de suministro es maximizar el valor global que se genera en el cumplimiento de las órdenes de clientes (Chopra & Meindl, 2007, pág. 5). Dentro de este objetivo, se encuentran otros como minimizar los costos totales incurridos en el cumplimiento de una orden de un cliente, realizar alianzas estratégicas, optimizar las operaciones, entre otros.

La gestión de la cadena de suministros consiste en administrar de forma eficiente las operaciones y actividades que lleven a cumplir con los requerimientos de los clientes. Para Stevenson (2008, pág. 512), la cadena de suministros es una coordinación estratégica de diferentes funciones de negocio dentro de una organización con el fin de integrar de forma eficiente y efectiva la administración de aprovisionamiento y demanda.

Según Chopra y Meindl (2007, pág. 9) y Stevenson (2008, pág. 513), algunas de las actividades que busca gestionar la cadena de suministros para tomar decisiones que ayuden a la consecución de objetivos son:

- Determinar los niveles de tercerización.
- Planear operaciones de la cadena de suministro como abastecimiento, producción y demanda.
- Relacionarse con clientes y proveedores.
- Mejorar el manejo de los recursos físicos, monetarios y humanos.
- Administrar los riesgos.
- Mejorar la capacidad de respuesta.

## 2.2. Exportación

Debido a que se estudiará una cadena de suministro de exportación, es importante entender los conceptos básicos que esto supone. Es significativamente especial, entender algunos conceptos que facilitan la comprensión del entorno al que se somete la exportación de flores. Se recalca que los principales eslabones de la cadena son: florícolas, agencias consolidadoras, agencias paletizadoras, aerolíneas y clientes finales.

Para comenzar, se debe dar una definición de lo que significa exportar. Partiendo de esta definición se proporcionará un marco de referencia para las exportaciones en Ecuador. Mankiw (2004, pág. 34), dice que una exportación es cualquier bien que se produce en un país y que se vende en otro. Al ser un factor determinante de la balanza comercial de un país (Mankiw, 2004, pág. 420), la exportación es una de las actividades más importantes para su economía.

Según el Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (PRO ECUADOR) (2014, pág. 7), cualquier persona natural o jurídica puede ser un exportador en el Ecuador, incluidos los residentes extranjeros en el país. Sin embargo, se tienen que cumplir ciertos requisitos para ser exportador, éstos se explicarán más adelante. Ecuador Exports (2014), cita algunas de las más importantes razones para exportar:

- Búsqueda o necesidad de globalizarse mediante la integración al mercado mundial.
- Desafiar la creciente competencia internacional mediante la diversificación de productos y mercados.
- Habilidad de competir en un mercado internacional por calidad y/o precio.
- Ser más competitivo al ganar el know how de un negocio, adquirir nueva tecnología y/o ganancia de habilidades gerenciales.
- Buscar la permanencia a largo plazo de una organización.
- Seguir a clientes claves en mercados internacionales.

- Aprovechar acuerdos internacionales como oportunidad de expandir el mercado.

Se deben conocer los actores que intervienen en el proceso de exportación. PRO ECUADOR (2014, pág. 6) dice que los organismos que intervienen en una exportación son: proveedores, importadores, bancos comerciales, aseguradoras, compañías de transporte (agentes de carga, forwarders), el Servicio Nacional de Aduanas, un agente de aduanas y empresas certificadoras.

Existen tres principales requisitos para ser exportador (PRO ECUADOR, 2014, pág. 7). Primero, se debe contar con un Registro Único de Contribuyente (RUC) en el que se indique la actividad económica que realiza el exportador. El RUC debe ser emitido por el Servicio de Rentas Internas. El segundo requisito es tener un certificado de firma digital, emitido por el Banco Central del Ecuador o Security Data. Finalmente, el interesado debe ser registrado en Ecuapass como exportador certificado. En Ecuapass, se deberá sacar una Declaración Documentada de Origen del producto a exportar (PRO ECUADOR, 2014, pág. 8).

El proceso de exportación para el Ecuador ha sido dividido por las autoridades en dos etapas importantes: la etapa de pre-embarque y la etapa de post-embarque.

### **Etapas de pre-embarque**

Para iniciar el proceso se debe transmitir la Declaración Aduanera de Exportación (DAE) “acompañada de la factura o proforma y documentación con la que se cuente previo al embarque” (PRO ECUADOR, 2014, pág. 8)

El DAE es un documento cuyo objetivo consiste en estandarizar el formato de declaración de mercancías a ser exportadas y armonizar los procesos aduaneros (SENAE, 2013, pág. 4). El DAE cuenta con información detallada de la exportación a realizar y es un

vínculo legal de las obligaciones del exportador (PRO ECUADOR, 2014, pág. 8), los principales datos contemplados en el DAE son:

- Datos del exportador o declarante.
- Descripción de mercancía por ítem declarado en la factura
- Datos del consignatario
- Destino de la carga
- Cantidades
- Peso
- Demás datos relativos a la mercancía.

Los documentos digitales que tienen que acompañar al DAE son la factura comercial original, lista de empaque de exportación y eventualmente autorizaciones previas.

### **Etapas de post-embarque**

Posterior al embarque, se debe regularizar las Declaraciones Aduaneras de Exportación en el SENA, para obtener la DAE definitiva, a través de un registro electrónico que permite finalizar el proceso de exportación (PRO ECUADOR, 2014, pág. 19). Dicho registro permite obtener la marca Regularizada. El proceso de regularización debe realizarse en máximo 30 días después de la fecha de embarque (PRO ECUADOR, 2014, pág. 19), siendo requeridos para el registro los siguientes documentos:

- Copia de la factura comercial.
- Copia de la lista de embarque.
- Copia del certificado de origen.
- Copias no negociables del Documento de Transporte multimodal.

## **Acuerdos de comercio internacional**

Las exportaciones están sujetas a normas y acuerdos internacionales de comercio exterior. Además, dependiendo de la naturaleza de los productos, éstos pueden requerir de documentación y controles especiales.

Los acuerdos comerciales de exportación según PRO ECUADOR (2014, págs. 23-24) son el Acuerdo Comercial entre los Países Miembros de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), el Acuerdo de Alcance Parcial No. 29 con México, el Acuerdo de Complementación Económica No. 65 con Chile, el Acuerdo de Alcance Parcial entre Ecuador y El Salvador, el Acuerdo comercial entre los Países Miembros de la Comunidad Andina (CAN), el Acuerdo de Complementación Económica No. 59 con el Mercosur y el Sistema Generalizado de Preferencias (SGP +) con la Unión Europea.

### **Requisitos especiales**

Existen productos para los cuales es imprescindible cumplir con requisitos y contar con permisos especiales para ser idóneos para la exportación. Estos productos incluyen a los productos agrícolas como las flores. Para este tipo de productos, el exportador se debe registrar en Agrocalidad, pasar un inspección autorizada por la misma institución, y además obtener un Certificado Fitosanitario (PRO ECUADOR, 2014, pág. 25).

### **Incoterms**

Los incoterms son términos de negociación en transacciones internacionales. Según PRO Ecuador (2014), los incoterms definen los derechos y las obligaciones que se tienen en la relación de negociación vendedor-comprador (PRO Ecuador se rige bajo los Incoterms 2010). Existen varios incoterms identificados por las siglas de sus nombres, sin embargo, en este trabajo se utilizará sólo el término FOB explicado a continuación.



- FOB o Franco a Bordo, es un incoterm en el cual los términos de negociación entre el comprador y el vendedor establecen que

El vendedor debe realizar el trámite para la exportación de la mercancía, así como asumir los costos de la misma. El vendedor no tiene ninguna obligación con el comprador de formalizar el contrato de transporte, sin embargo, si así lo solicita el comprador, el vendedor deberá contratar el transporte pero a riesgos y expensas del comprador. Se considerará la mercancía entregada cuando el vendedor coloca la misma a bordo del buque designado por el comprador en el punto de carga, si lo hay indicado por el comprador en el puerto de embarque designado, o proporcionando la mercancía así entregada. En cualquiera de los dos casos el vendedor deberá entregar la mercancía dentro del plazo acordado. Si el comprador no ha indicado un punto de carga específico, el vendedor podrá elegir el punto de carga que mejor le convenga en el puerto de embarque designado. (PRO Ecuador, 2014).

## **2.3. Función de la demanda**

### **2.3.1. Demanda**

En el contexto del presente estudio es esencial entender de forma concreta que significa demanda, ya que se tratará de explicar los factores que afectan a la misma en la cadena de exportación de flores. Además, se harán pronósticos basados en la demanda que luego servirán para desarrollar modelos de planeación agregada que permitan integrar la cadena y sus operaciones.

Para entender lo que es la función de la demanda, primero se debe conocer a qué hace referencia respecto del término demanda en sí y varios de sus conceptos relacionados. Según

Mankiw (2004, pág. 40) la demanda o cantidad demandada es el número de productos que los compradores pueden adquirir de un bien específico. La demanda conjuntamente con la oferta establecen “fuerzas determinantes de las economías de mercado” (Baye, 2006, pág. 36).

Existen varios factores que pueden afectar la demanda de un bien, sin embargo el principal de ellos, al analizar el comportamiento de los mercados, es el precio de dicho bien (Mankiw, 2004, pág. 40). Haciendo referencia a esto, Baye (2006, pág. 37) destaca esta característica como la ley de la demanda, la cual dice que la cantidad y el precio de un bien tienen una relación inversa. Mientras el precio de un bien aumenta, entonces la cantidad de producto adquirido disminuirá y viceversa (Baye, 2006, pág. 37). Asimismo Mankiw (2004, pág. 40) menciona que se conoce esta ley como ley de la demanda, dado que en la mayoría de los casos de bienes de mercado, se cumple con la relación inversa.

### **2.3.2. Curva de demanda**

Una herramienta para identificar gráficamente la demanda es utilizando la curva de la demanda. Mankiw (2004, pág. 44) dice que la curva de la demanda es un “gráfico de la relación entre el precio de un bien y la cantidad demandada”. De igual forma, Nicholson (2001, pág. 99) menciona que “la curva de la demanda [...] muestra la relación *ceteris paribus* entre la cantidad demandada de un bien y su precio”. El criterio *ceteris paribus* se mantiene constante, tanto a las preferencias como a los factores económicos de la demanda (Nicholson, 2001, pág. 99). En la economía el supuesto de *ceteris paribus*, es aquel en el cual el factor estudiado cambia mientras que todos los factores sobrantes se mantienen constantes (Nicholson, 2001, pág. 51).

### **2.3.3. Desplazamiento de la Demanda**

Al hablar de la curva de demanda es necesario conocer el tema del desplazamiento de la demanda. El desplazamiento de la curva de la demanda ocurre cuando se da un cambio en alguno de los términos que hasta el momento se han mantenido constantes (Nicholson, 2001,

pág. 103). Existen diferentes tipos de desplazamientos; el aumento de la demanda, en el cual el cambio de alguno de los factores aumentará la cantidad demandada y la curva se desplaza hacia la derecha (Mankiw, 2004, pág. 42); la disminución de la demanda, la cual genera un desplazamiento a la izquierda ocurre cuando algún cambio provoca la disminución de la cantidad de demanda (Mankiw, 2004, pág. 42) Tanto Mankiw (2004, pág. 42) y Baye (2006, pág. 37) mencionan que existen diferentes factores que desplazan la demanda. A continuación se presentan algunos de ellos.

### **2.3.3.1. La Renta**

Se ha tomado en consideración la renta como un factor de posible afectación a la demanda de flores ecuatorianas de exportación. Por esta razón, a continuación se profundiza su concepto.

Según Baye (2006, pág. 38), “puesto que la renta afecta a la capacidad que tienen los consumidores para comprar un bien, las variaciones de la renta afectan a la cantidad que compran los consumidores a cualquier precio”. De igual forma, Mankiw (2004, pág. 42) dice que “al disminuir nuestra renta, tendríamos menos para gastar en total, por lo que habríamos de gastar menos en algún bien”. De igual forma, pero desde otro punto de vista, Nicholson (2001, pág. 83) señala que “cuando el ingreso total de una persona aumenta, suponiendo que los precios no cambian, podríamos esperar que la cantidad comprada de cada bien también se incremente”.

Cabe mencionar que existen diferentes tipos de bienes, por lo cual el aumento de la renta no siempre significará el aumento de la compra de algún producto. Los bienes normales son aquellos que al momento en que se aumenta el ingreso, estos bienes son comprados en mayores cantidades (Nicholson, 2001, pág. 83); un bien normal es aquél que aumenta su cantidad de demanda dado que se aumenta la renta y disminuye su cantidad de demanda dado que disminuye la renta (Baye, 2006, pág. 38); “un bien es normal cuando aumenta la

demanda si aumenta la renta, manteniéndose todo lo demás constante” (Mankiw, 2004, pág. 42). De manera contraria se tienen a los bienes inferiores, los cuales al momento en que se aumenta el ingreso, son comprados en menores cantidades (Nicholson, 2001, pág. 84); un bien inferior es aquél que disminuye su cantidad de demanda debido a un aumento en la renta y viceversa (Baye, 2006, pág. 38) “un bien es inferior cuando disminuye la demanda si aumenta la renta, manteniéndose todo lo demás constante” (Mankiw, 2004, pág. 43).

### **2.3.3.2. Precio de los bienes relacionados**

La curva de demanda de un bien puede ser desplazada por las variaciones de los precios de los bienes relacionados (Baye, 2006, pág. 39). Existen dos tipos de bienes relacionados, los bienes sustitutivos y los bienes complementarios. Mankiw (2004, pág. 43) menciona que “dos bienes son sustitutivos cuando la subida de precio de uno de ellos provoca un aumento de la demanda del otro”; de la misma forma Baye (2006, pág. 39) señala que los bienes sustitutivos son aquellos “bienes para los que un incremento del precio del bien provoca un incremento de la demanda del otro bien”. Mientras que los bienes complementarios son aquellos “bienes para los que un incremento del precio del bien provoca una reducción de la demanda del otro bien” (Baye, 2006, pág. 40).

### **2.3.3.3. Otros factores**

La renta y los precios de bienes relacionados son factores muy importantes que pueden ocasionar el desplazamiento de la curva de demanda, sin embargo existen otros factores que pueden afectar a la demanda. Baye (2006, pág. 41) menciona que “cualquier variable que afecte a la disponibilidad o a la capacidad de los consumidores a comprar determinado bien tiene el potencial de desplazar la demanda”.

Dentro de estos factores se puede encontrar la publicidad, gustos y expectativas de consumidores y el número de consumidores que existen. Baye (2006, pág. 40) menciona que la curva de la demanda se desplazará a la derecha si existe un aumento en la cantidad de

publicidad de un bien. En cuanto al gusto Mankiw (2004, pág. 43) menciona que “el determinante más evidente de nuestra demanda son nuestros gustos”. Mankiw (2004, pág. 43) y Baye (2006, pág. 41) indican que las expectativas de los consumidores también constituyen un factor que afecta el desplazamiento de la curva de la demanda, ya que al creer que un producto en un futuro elevará sus precios, éste aumentará su demanda actual. La curva de la demanda también se ve afectada por la cantidad de consumidores que existen, lo cual se está dando porque al aumentar el número de personas que compran un bien, entonces la curva se desplazará hacia la derecha.

### 2.3.4 Función de demanda

Ahora que se conoce lo que es la demanda y sus conceptos básicos, se debe señalar el significado de función de demanda. Todos los factores que se mencionaron anteriormente pueden resumirse en la denominada función de demanda (Baye, 2006, pág. 41). “Una función describe cuánto se adquirirá de un bien a precios alternativos de ese bien y de los bienes relacionados, a distintos niveles de rentas, y a distintos valores de otros factores que afectan a la demanda” (Baye, 2006, pág. 41). La función de la demanda puede ser apreciada a continuación:

$$Q_x^d = f(P_x, P_y, M, H) \quad (2.3.1)$$

Donde  $Q_x^d$  representa la cantidad demandada del bien  $X$ ,  $P_x$  representa el precio del bien  $X$ ,  $P_y$  representa el precio de los bienes relacionados,  $M$  la renta y  $H$  cualquier otra variable (Baye, 2006, pág. 41). Baye (2006, pág. 42), menciona que los diferentes productos tendrán diferentes formas de función de demanda, así mismo menciona que una forma útil y sencilla de representar la función de demanda es la función de demanda lineal la cual se presenta a continuación:

$$Q_x^d = \alpha_0 + \alpha_x P_x + \alpha_y P_y + \alpha_M M + \alpha_H H \quad (2.3.2)$$

Los  $\alpha_i$ s son constantes que indican como se dan los cambios en la cantidad de demanda (Baye, 2006, pág. 42). Estas constantes o parámetros de la función son estimados mediante un análisis de regresión (Baye, 2006, pág. 76). Los análisis de regresión se analizan en el siguiente apartado con una mayor profundidad. La estimación de los parámetros de función de demanda se realiza mediante el uso de conocimientos de una área de la economía conocida como econometría, la cual se refiere al análisis de fenómenos económicos mediante el uso de la estadística (Baye, 2006, pág. 96). El análisis de la econometría se realiza a mayor profundidad en el apartado 2.6.

## 2.4. Regresiones

La función de demanda se resuelve de a través de modelos de regresión. Por esta razón, se profundizará en el concepto detrás de los modelos de regresión. En la práctica existen muchos problemas que se definen obteniendo la relación entre dos o más variables.

“Por ejemplo, suponga que el rendimiento del producto en un proceso químico está relacionado con la temperatura de operación del proceso. Puede usarse un análisis de regresión para construir un modelo que permita predecir el rendimiento en un nivel de temperatura dado” (Montgomery & Runger, 2009, pág. 431).

Usualmente, se busca entender la relación de causa y efecto que tienen ciertas variables sobre otra. El análisis de regresión entonces es una herramienta que busca estudiar el efecto de una o más variables independientes sobre otra variable dependiente del efecto de las mismas (Gujarati & Porter, 2010, pág. 15). “El análisis de regresión es una técnica estadística para modelar e investigar la relación entre dos o más variables” (Montgomery & Runger, 2009, pág. 431).

El fin del análisis de regresión consiste en estimar el valor promedio de la variable dependiente en términos de las variables independientes (Gujarati & Porter, 2010, pág. 15).

Es importante señalar que la regresión lineal busca una relación con fondo estadístico entre las variables. “[...] en el análisis de regresión interesa lo que se conoce como dependencia estadística entre variables, no así la funcional o determinista, propia de la física clásica” (Gujarati & Porter, 2010, pág. 19). En general, las regresiones buscan evaluar de manera razonable el efecto que tienen  $k$  variables dependientes  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$  sobre una dependiente  $Y$  de con un trasfondo estadístico. Como sugieren Gujarati y Porter (2009, pág. 21), existen muchas maneras de nombrar y explicar las variables dependientes e independientes de una regresión, en el caso de este trabajo se utilizarán los términos variable regresada o de respuesta, y variables regresoras o explicativas.

La construcción de un modelo depende entonces del tipo de relación que se presente entre la variable regresada y las regresoras. Las relaciones varían dependiendo de la cantidad de variables que considere un modelo, y de la relación que expresen las variables explicativas sobre la variable de respuesta. La relación puede ser lineal en el caso más simple o tomar forma de relación polinomial. El modelo básico y desde el cual parte la teoría es el análisis de regresión lineal simple. En éste “se considera sólo un *regresor o predictor*  $x$ , y una variable dependiente o *variable de respuesta*  $Y$ ” (Montgomery & Runger, 2009, pág. 434). Además, están los modelos de regresión múltiple en los que se toma en cuenta más de una variable regresora y los modelos de regresión polinomial cuyo fin es ajustar la linealidad de cualquier variable explicativa.

En los análisis de regresión se busca además medir la intensidad con la que se relacionan las variables explicativas. A éste análisis se le llama análisis de correlación, como mencionan Gujarati y Porter (2010, pág. 20) y éste tiene una relación íntima con los análisis de regresión, pero su definición es diferente. Esta diferencia radica en el tratamiento de variables entre los análisis. Por un lado, los análisis de regresión tratan a sus variables como asimétricas (las variables de respuesta son totalmente aleatorias y las variables explicativas

son fijas), en cambio los análisis de correlación suponen a sus variables simétricas (es decir no existe distinción entre variables) (Gujarati & Porter, 2010, pág. 20).

Los análisis de regresión, al ser un método de inferencia estadística, busca sacar conclusiones sobre una población determinada tomando en cuenta datos de una muestra aleatoria de la misma (Montgomery & Runger, 2009, pág. 260). Los tipos de datos que se pueden utilizar para regresiones son de distintos caracteres; están los datos de series de tiempo, datos transversales y datos combinados (Gujarati & Porter, 2010, págs. 22-23)

#### **2.4.1. Regresión lineal simple**

Como se mencionó antes, en este tipo de modelo se busca solamente la relación entre dos variables, una regresora y una regresada. Es importante mencionar la regresión lineal simple, ya que constituye el fundamento de todo tipo de análisis de regresión. En este tipo de análisis, se supone que la relación entre la variable de respuesta  $Y$  y la explicativa  $X$  es una recta, y que toda observación de las  $Y$  es aleatoria o estocástica (Montgomery & Runger, 2009, pág. 434).

Primero, se parte de la función de regresión poblacional, modelo que ha sido caracterizado como empírico. Un modelo empírico es un tipo de modelo matemático basado en relaciones estadísticas entre variables (Universidad de Murcia). Como sugieren Gujarati y Porter (2009, pág. 37), la esperanza de una observación  $Y$  dado un  $X_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ; siendo  $n$  el número de observaciones)  $E(Y|X_i)$ , es función lineal de  $X_i$  y se expresa como:

$$E(Y|X_i) = f(X_i) \quad (2.4.1)$$

ó

$$E(Y|X_i) = \beta_1 + \beta_2 X_i \quad (2.4.2.)$$

En esta expresión se denotan los parámetros de la regresión  $\beta_1$  y  $\beta_2$  que son no conocidos pero fijos. El fin de una regresión entonces es estimar la función de regresión



poblacional o estimar los valores desconocidos de  $\beta_1$  y  $\beta_2$  (Gujarati & Porter, 2010, págs. 37-38).

Ahora, es normal esperar que el comportamiento de una  $Y$  varíe alrededor de su media, a esta desviación se la denotará como  $Y_i$ . Entonces, se puede expresar la desviación alrededor de su media condicional como

$$u_i = Y_i - E(Y|X_i) \quad (2.4.3)$$

ó

$$Y_i = E(Y|X_i) + u_i \quad (2.4.4.)$$

Donde el término aleatorio  $u_i$  se conoce técnicamente como error aleatorio, perturbación estocástica o término de error estocástico (Gujarati & Porter, 2010, pág. 40).

Como se ha denotado anteriormente, las regresiones hacen inferencias sobre una muestra de la totalidad de una población. Esto se da porque prácticamente, es muy difícil conseguir información de una población, usualmente sólo se tiene una muestra de ciertos valores de la población. Por lo tanto, es importante hacer inferencias en base a una muestra de la función de regresión poblacional.

Se introduce la función de regresión muestral, como un estimador los valores de la función de regresión poblacional. Un estimador o estadístico es un método utilizado para estimar cualquier parámetro de una población (Gujarati & Porter, 2010, pág. 44). En contraste con la ecuación (2.4.2) se obtiene la siguiente función de regresión muestral:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 X_i \quad (2.4.5.)$$

Donde  $\hat{Y}_i$  es un estimador para  $E(Y|X_i)$ ,  $\hat{\beta}_1$  es un estimador de  $\beta_1$  y  $\hat{\beta}_2$  es un estimador de  $\beta_2$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 44). Al igual que la función de regresión poblacional a la función de una muestra se le puede introducir un término de error aleatorio con respecto a la media muestral  $Y_i$  como se muestra a continuación:

$$Y_i = \hat{Y}_i + \hat{u}_i \quad (2.4.6.)$$

ó

$$Y_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 X_i + \hat{u}_i \quad (2.4.7.)$$

Donde  $\hat{u}_i$  es una estimación de  $u_i$  y se le da el nombre de residual (Gujarati & Porter, 2010, pág. 44).

Para poder encontrar los valores de los estimadores  $\hat{\beta}_1$  y  $\hat{\beta}_2$  se utiliza el método de los mínimos cuadrados, que busca encontrar el mejor ajuste de los datos a la recta que pase por las observaciones (Montgomery & Runger, 2009, pág. 434). Este método busca minimizar la suma de cuadrados de las desviaciones verticales de la media, es decir establece que  $\sum \hat{u}_i^2 = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$  debe ser lo más pequeño posible (Gujarati & Porter, 2010, pág. 56). Como el objetivo de este trabajo no es profundizar en el método de mínimos cuadrados, tan sólo se darán las ecuaciones para obtener los estimadores  $\hat{\beta}_1$  y  $\hat{\beta}_2$  mostradas a continuación:

$$\hat{\beta}_2 = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2} \quad (2.4.8)$$

y

$$\hat{\beta}_1 = \bar{Y} - \hat{\beta}_2 \bar{X} \quad (2.4.9)$$

Donde  $x_i$  y  $y_i$  denotan las desviaciones  $x_i = (X_i - \bar{X})$  y  $y_i = (Y_i - \bar{Y})$  respectivamente; mientras que  $\bar{X}$  y  $\bar{Y}$  son las medias muestrales de las variables  $X$  y  $Y$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 58). Se recomienda revisar el libro *Econometría* de Gujarati y Porter (2010) para profundizar más en el tema.

A  $\hat{\beta}_1$  y  $\hat{\beta}_2$  se los conoce como estimadores de mínimos cuadrados. Los estimadores de mínimos cuadrados tienen ciertas propiedades que se revisarán a continuación:

- i. “Los estimadores de MCO<sup>1</sup> se expresan únicamente en términos de las cantidades observadas (es decir,  $X$  y  $Y$ ) observables (es decir, muestras)” (Gujarati & Porter, 2010, pág. 59).
- ii. Los estimadores de MCO son estimadores puntuales. Un estimador puntual es aquel que da un valor número único de un parámetro de la población (Montgomery & Runger, 2009, pág. 264)
- iii. Son estimadores insesgados, es decir dan un valor cercano al valor real del parámetro de la población. En términos formales, son insesgados ya que  $E(\hat{\beta}_1) = \beta_1$  y  $E(\hat{\beta}_2) = \beta_2$  (Montgomery & Runger, 2009, pág. 265).

#### 2.4.1.1. Supuestos de un modelo de regresión lineal

Como mencionan Gujarati y Porter (2010, págs. 61-68) el modelo de regresión tiene que cumplir ciertos supuestos. Puesto que no está en la extensión de este trabajo profundizar en temas de regresión lineal, tan sólo se resumirá dichos supuestos. Éstos son:

- Supuesto 1. “El modelo de regresión es lineal en los parámetros, aunque puede o no ser lineal en las variables” (Gujarati & Porter, 2010, pág. 61).
- Supuesto 2. Los valores que puede tomar una regresora  $X$  son fijos, o son valores independientes del término de error (Gujarati & Porter, 2010, pág. 61).
- Supuesto 3. Los valores esperados de los errores estocásticos o perturbaciones son iguales a cero es decir  $E(u_i|X_i) = 0$ , o  $E(u_i) = 0$  en el caso de que  $X_i$  no sea estocástica (Gujarati & Porter, 2010, pág. 63).
- Supuesto 4. Los términos  $u_i$  tienen varianza constante o cumplen con el supuesto de homocedasticidad (Gujarati & Porter, 2010, pág. 64).

---

<sup>1</sup> MCO: mínimos cuadrados ordinarios (Gujarati & Porter, 2010).

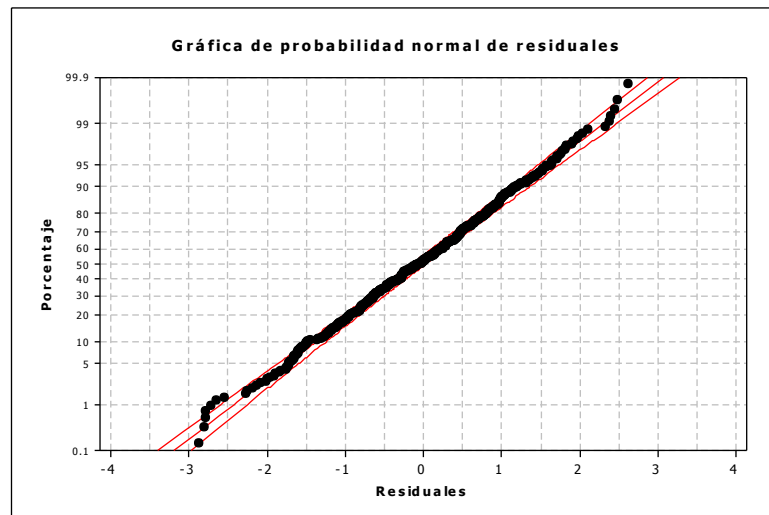
- Supuesto 5. No existe correlación entre dos errores estocásticos de dos variables de observaciones diferentes.
- Supuesto 6. “El número de observaciones  $n$  debe ser mayor que el número de parámetros por estimar” (Gujarati & Porter, 2010, pág. 67).
- Supuesto 7. La naturaleza de las variables dicta que no todos los valores de las variables  $X$  regresoras deben ser iguales (Gujarati & Porter, 2010, pág. 68).

La significancia de una regresión se puede verificar mediante pruebas de hipótesis. Como mencionan Montgomery y Runger (2009, págs. 447-452), existen principalmente tres pruebas que ayudan a comprobar la significancia de una regresión dada una hipótesis nula, la prueba  $t$ , la prueba de Durbin-Watson para la autocorrelación y el análisis de varianza.

### **Métodos de evaluación de adecuación de un modelo de regresión**

Como se muestra anteriormente, el modelo de regresión requiere que se cumplan ciertos supuestos para saber si el modelo es adecuado o no. “La estimación de parámetros del modelo requiere el supuesto de que los errores son variables aleatorias no correlacionadas con media cero y varianza constante” (Montgomery & Runger, 2009, pág. 461). Para este propósito se pueden utilizar varias pruebas sobre los residuales.

La primera prueba es un análisis de residuales. Esta prueba se utiliza para verificar si los residuales siguen una distribución normal o no. “Como verificación aproximada de la normalidad, el experimentador puede construir un histograma de frecuencias de los residuales o una gráfica de probabilidad normal de los residuales” (Montgomery & Runger, 2009, pág. 461). Un gráfico de probabilidad normal se puede observar en la Figura 2.4.1.



**Figura 2. 4. 1. Ejemplo de gráfica de probabilidad normal.**

**Elaborado por los autores.**

Como segunda verificación se utiliza el coeficiente de determinación  $R^2$  y el coeficiente  $R^2$  ajustado. El  $R^2$  se utiliza para saber qué tan adecuado es un modelo de regresión determinado (Montgomery & Runger, 2009, pág. 464). En el caso del modelo de regresión lineal simple este coeficiente corresponde al coeficiente de correlación que se explicará más adelante. Los valores del coeficiente de determinación varían entre 0 y 1, es decir  $0 \leq R^2 \leq 1$ , lo cual explica la cantidad de variabilidad explicada por el modelo (Montgomery & Runger, 2009, págs. 464-465). Una alternativa, para la determinación del modelo es  $R^2$  ajustado o  $\bar{R}^2$ . Éste es tan sólo un ajuste a  $R^2$  para los grados de libertad de la suma de cuadrados del modelo (Gujarati & Porter, 2010, pág. 202). La diferencia entre estos dos estimadores de resumen radica en que a medida que aumenta el número de variables  $R^2$  varía en mayor grado que  $\bar{R}^2$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 202). Por ende, la utilización de ambos estadísticos dará mayor información sobre la adecuación o “bondad de ajuste” del modelo.

Finalmente, se puede utilizar la prueba Durbin-Watson para estimar la autocorrelación entre los residuales. La prueba Durbin-Watson sirve para determinar autocorrelación o

correlación serial entre las variables de un modelo (Gujarati & Porter, 2010, pág. 434). Para la comprobación de autocorrelación se compara el estadístico  $d$  contra un estadístico  $d$  crítico.

La ecuación del estadístico  $d$  es:

$$d = \frac{\sum(\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1})^2}{\sum \hat{u}_t^2} \quad (2.4.10)$$

La prueba se basa en la hipótesis nula de que  $\rho=0$ . Si se rechaza la hipótesis nula, significa que los datos presentan una autocorrelación en los residuales. El criterio de rechazo es  $d < d_L$ , donde  $d_L$  es uno de los estadísticos críticos tabulados para esta prueba (Gujarati & Porter, 2010, pág. 434).

#### 2.4.1.2. Correlación

Como se mencionó anteriormente, el coeficiente de determinación  $r^2$  es una medida de bondad de ajuste de un modelo de regresión. En palabras menos técnicas, la bondad de ajuste es una medida de qué tan bien se ajusta la línea de regresión a un modelo determinado (Gujarati & Porter, 2010, pág. 73). Sin embargo, existe otro estadístico, llamado coeficiente de correlación  $r$ , cuyo fin es ver el grado de asociación entre dos variables y que está asociado directamente con  $r^2$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 77). Gujarati y Porter (2010, pág. 77), definen el coeficiente de correlación con respecto a las observaciones de las variables estudiadas de la siguiente forma:

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{[n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2][n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}} \quad (2.4.11)$$

A este coeficiente se lo conoce como coeficiente de correlación muestral debido a que se formula en base a las observaciones de una muestra, más formalmente se lo conoce como la  $r$  de Pearson (Pagano, 2009, págs. 122-125). Este coeficiente tiene algunas propiedades que se

deben mencionar. Basándose en lo escrito por Gujarati y Porter (2010, pág. 77), se resumirán estas propiedades a continuación:

- i. Puede tomar tanto signo positivo o negativo.
- ii. Éste se encuentra entre -1 y 1, es decir  $-1 \leq r \leq 1$ .
- iii. Es simétrico, esto significa que no importa si se mide la correlación de  $X$  respecto a  $Y$  o de  $Y$  respecto a  $X$ .
- iv. No depende del origen y la escala.
- v. Si la correlación es igual a cero,  $r=0$ , esto no necesariamente implica independencia.
- vi. Sólo sirve para una descripción de dependencia lineal.
- vii. No implica que exista necesariamente una relación causa y efecto entre las variables.

### **Significancia de la $r$ de Pearson**

Para estimar la significancia de una correlación con una  $r$  de Pearson se puede utilizar una prueba  $t$ , sin embargo, existe una forma más fácil de calcular la significancia de la correlación lineal entre dos variables (Pagano, 2009, págs. 336-337). Este método compara el valor obtenido de correlación muestral  $r$  con su valor crítico  $r_{crítico}$  (Pagano, 2009, págs. 336-337). Se busca probar la hipótesis nula  $H_0: \rho = 0$  contra la hipótesis alternativa  $H_1: \rho \neq 0$ , donde  $\rho$  es la correlación poblacional (Pagano, 2009, págs. 336-337). El criterio de rechazo de  $H_0$  es  $|r| \geq |r_{crítico}|$ , donde rechazar la hipótesis nula lleva a concluir que existe una correlación significativa (Pagano, 2009, págs. 336-337). Los  $r_{crítico}$  se los puede encontrar en tablas tabuladas para este propósito.

#### **2.4.1.3. Significancia de los modelos de regresión**

En la prueba  $t$ , se compara el estadístico  $t_0$  con un  $t_{\alpha, n-2}$  crítico (donde  $\alpha$  es el nivel de significancia de la prueba y  $n-2$  son los grados de libertad para una muestra con  $n$  observaciones) para rechazar o no la hipótesis nula  $H_0$  dadas las hipótesis  $H_0: \beta_1 = 0$  y

$H_1: \beta_1 \neq 0$  (Montgomery & Runger, 2009, págs. 447-449). El criterio de rechazo de la prueba es  $|t_0| > t_{\alpha, n-2}$ . En caso de rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , se infiere que el modelo de regresión es adecuado o en su defecto que podrían agregarse más términos lineales o polinómicos que ayuden a ajustar de manera más robusta el modelo (Montgomery & Runger, 2009, págs. 448-449). Otro criterio de rechazo para la hipótesis nula del estadístico  $t$  es comparar  $\alpha$  con el valor  $p$  calculado, en el caso de que  $\alpha > \text{valor-}p$  se rechaza la hipótesis nula (Montgomery & Runger, 2009, págs. 448-449).

En el caso del análisis de varianza se hace una relación de los cuadrados medios de la regresión y el error para calcular el estadístico  $F_0$ . Este estadístico se compara con un  $F_{GL1, GL2}$  crítico (donde GL1 y GL2 representan los grados de libertad de los cuadrados medios de la regresión y del error respectivamente) (Montgomery & Runger, 2009, págs. 451-452). En este enfoque se utilizan las mismas hipótesis nula y alternativa propuestas para la prueba  $t$ . El criterio de rechazo es  $f_0 > f_{\alpha, GL1, GL2}$  (Montgomery & Runger, 2009, págs. 451-452). Igual que en la prueba  $t$ , un rechazo de la hipótesis nula llevaría a las mismas conclusiones expuestas anteriormente.

#### 2.4.2. Regresión lineal múltiple

Como se expuso anteriormente, el análisis de regresión simple se puede generalizar en un modelo que contenga más de una variable explicativa. En la práctica, para explicar el comportamiento de una variable de respuesta, una variable explicativa muchas veces no basta. Es por esta razón que se tienen que tomar en cuenta distintas variables que sean capaces de explicar la conducta de una particular respuesta. El modelo de regresión lineal simple se puede generalizar para más de una variable en su forma de función de regresión muestral de la siguiente manera:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 X_{2i} + \hat{\beta}_3 X_{3i} + \dots + \hat{\beta}_k X_{ki} + \hat{u}_i \quad (2.4.12)$$



Donde  $k$  representa el número total de variables e  $i$  representa el número de observaciones de una muestra, así  $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$  son estimadores de los parámetros de la regresión,  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ ;  $X_{2i}, X_{3i}, \dots, X_{ki}$  son las variables explicativas observadas de la muestra; y  $\hat{u}_i$  es un estimador del error estocástico (Gujarati & Porter, 2010, págs. 188-190).

Como el modelo de regresión simple, el múltiple debe cumplir con ciertos supuestos. Además de los expresados en la sección 2.4.1.1. el modelo de regresión múltiple debe cumplir con:

Supuesto 8. No debe haber colinealidad exacta entre las variables  $X$

(Montgomery & Runger, 2009, pág. 189)

Supuesto 9. No hay sesgo de especificación (Montgomery & Runger, 2009, pág. 189).

El supuesto 8, menciona que no debe haber una relación lineal exacta entre las variables  $X$ . Esto se conoce mejor como multicolinealidad (Gujarati & Porter, 2010, pág. 189). Cuando la dependencia entre variables es muy fuerte, su efecto puede tener consecuencias en las estimaciones del modelo haciendo que no sea posible aplicarlo (Montgomery & Runger, 2009, pág. 554). En términos generales la multicolinealidad afecta la precisión y exactitud con las que se estiman los coeficientes de regresión, a pesar de que éstos hayan sido determinados (Gujarati & Porter, 2010, pág. 323). Las consecuencias de la multicolinealidad pueden llevar a sacar conclusiones erradas sobre el modelo por lo que se desea que se cumpla el supuesto 8.

En cuanto al sesgo de especificación, se dice que la elección de un modelo debe cumplir ciertos criterios para que el mismo sea correcto. Gujarati y Porter (2010, pág. 468) citan a Hendry y Richard sobre los criterios presentados a continuación:

1. Un modelo se debe elegir de manera que sea adecuada para que las predicciones que se hagan con el mismo sean lógicamente posibles.
2. El modelo debe ser consistente con la teoría que lo sustenta.
3. Las variables explicativas del modelo no deben estar correlacionadas con el error inherente.
4. Los valores que tomen los parámetros deben ser estables.
5. Los residuos encontrados deben ser únicamente debidos a error puro o aleatorio.
6. Debe ser un modelo inclusivo que abarque los modelos contendientes.

### **Detección de la multicolinealidad**

Existen varios métodos con los que se puede probar la multicolinealidad entre variables, sin embargo en este trabajo se utilizará el método de regresiones auxiliares. En este método se realizan regresiones de una variable  $X_i$  contra el resto de variables  $X$  para obtener los correspondientes  $R^2$ , que denominarán  $R_i^2$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 339). Existe una relación entre  $R_i^2$  y la prueba  $F$  como se muestra a continuación:

$$F_i = \frac{R_{X_1, X_2, \dots, X_k}^2 / (k - 2)}{(1 - R_{X_1, X_2, \dots, X_k}^2) / (n - k - 1)} \quad (2.4.13)$$

Donde la variable  $F_i$  sigue una distribución  $F$  con  $k-2$  y  $n-k-1$  grados de libertad (Gujarati & Porter, 2010, pág. 339). Si  $F_i$  excede a la  $F$  crítica se concluye que la  $X_i$  es colineal con las demás  $X$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 339).

### **Modelos con variables dummy**

En ciertos casos es de especial interés utilizar variables independientes de carácter cualitativo que ayuden a explicar el comportamiento de la variable de respuesta, en este caso se hace uso de variables dummy (Groebner, Shannon, Fry, & Smith, 2011, pág. 654). A las variables dummy se le asigna un valor de 1 o 0, dependiendo de si la observación posee o no una característica dada (Groebner, Shannon, Fry, & Smith, 2011, pág. 654). Una

característica especial de estas variables es que siempre se debe usar una variable menos de las categorías que se tengan, la razón de esto es que en caso de no hacerlo se puede caer en la trampa de la variable dummy llevando a la introducción de multicolinealidad perfecta (Groebner, Shannon, Fry, & Smith, 2011, pág. 654).

### **Modelos de regresión polinomial**

Los modelos de regresión polinomial son modelos que expresan relaciones no lineales entre las variables. En general, éstos pueden expresar relaciones de tipo polinomial mientras tengan una sola variable explicativa con un efecto no lineal sobre una respuesta. Estos modelos se pueden expresar en su función de regresión muestral como:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 X_i + \hat{\beta}_3 X_i^2 + \dots + \hat{\beta}_k X_i^k + \hat{u}_i \quad (2.4.14)$$

No se profundizará en cuanto a regresiones de carácter polinomial debido a que no entran en la extensión del trabajo. Sin embargo, se recomienda fuertemente que se revise el texto *Econometría* de Gujarati y Porter (2010).

## **2.5. Pronósticos**

Con el fin de predecir la demanda futura de flores ecuatorianas de exportación se realizarán pronósticos, que compartidos en la cadena de suministro ayudarán a mejorar la gestión de las operaciones de la misma. Por esta razón, se profundiza en el concepto de pronósticos.

Pronóstico es el conocimiento de un evento que sucederá en un futuro a través de comportamientos dados por diferentes factores o indicios. Se pueden realizar pronósticos de clima, de resultados deportivos, de rutas, entre varios otros aspectos. Nahmias (2007, pág. 53) recalca que los pronósticos también son de suma importancia en el control de las operaciones de una empresa, especialmente para la planeación de cualquier tipo de estrategia. Los pronósticos en las empresas son de una elevada importancia para estar conscientes de cómo

reaccionar ante los cambios que se pueden dar en un futuro. Los pronósticos son esenciales en la cadena de suministro, ya que permiten tomar decisiones más acertadas respecto a varios detalles de la cadena como por ejemplo el comportamiento de los clientes y sus compras (Chopra & Meindl, 2007, pág. 87).

### **2.5.1. Horizonte de tiempo en los pronósticos**

Como se mencionó anteriormente los pronósticos se elaboran para conocer información que puede ocurrir en el futuro, por lo cual es de gran importancia que se determine un horizonte de tiempo específico. Para Nahmias (2007, pág. 54) existen tres diferentes horizontes de tiempo en los que se puede manejar un pronóstico, éstos son: corto plazo, mediano plazo y largo plazo.

Los pronósticos de corto plazo son aquellos que actúan inmediatamente y se dan día por día o semana por semana (Nahmias, 2007, pág. 54). Los pronósticos a mediano plazo son útiles para decisiones sobre requerimientos y disponibilidad de trabajadores, así como decisiones con familias de productos y se dan en semanas y meses (Nahmias, 2007, pág. 54). En cuanto a los pronósticos de largo plazo, éstos son usados en mayor parte en lo que se refiere a la estrategia de diseño global de una compañía y se manejan por años (Nahmias, 2007, pág. 54).

### **2.5.2. Características de los pronósticos**

Dado que los pronósticos son utilizados para la toma de decisiones, es esencial conocer que éstos siempre tendrán asociados un porcentaje de error, debido a que existen diferentes factores exógenos que afectan el comportamiento del mismo (Nahmias, 2007, pág. 55). En consecuencia de esta inexactitud es importante analizar el error que da el pronóstico con el fin de saber si es factible para tomar decisiones (Chopra & Meindl, 2007, pág. 188).

Una característica atractiva de los pronósticos es que son más exactos cuando se realizan de una manera agregada, ya que tienen una menor desviación estándar de error

comparado con los que se realizan de manera desagregada (Chopra & Meindl, 2007, pág. 188).

Cuando el pronóstico sea realizado en un horizonte de tiempo muy largo, el error de éste será más elevado que el error de un pronóstico a corto plazo (Nahmias, 2007, pág. 55) . Los pronósticos hechos con un periodo extenso de tiempo, comentan Chopra y Meindl (2007, pág. 55), son inexactos dado que la desviación estándar del error es elevada comparada con los pronósticos de corto plazo.

### **2.5.3. Métodos de pronóstico**

Ya que el propósito de los pronósticos es conocer eventos que pueden pasar en un futuro, existen diferentes métodos de pronosticar éstos eventos. Para un mejor entendimiento, se hablará como demanda al factor a ser pronosticado. Chopra y Meindl (2007, pág. 190) establecen cuatro métodos para pronosticar, los cuales son explicados a continuación:

- Método cualitativo.- se refiere a los métodos que son realizados por el juicio humano, éstos se usan cuando no se tiene gran cantidad de datos históricos (Chopra & Meindl, 2007, pág. 190).
- Método de series de tiempo.- este método se usa cuando se cree que los datos históricos son significativos para prever lo que sucederá en un futuro con la demanda; es necesario que exista una cantidad de datos históricos significativa (Chopra & Meindl, 2007, pág. 190).
- Método causal.- los métodos causales son utilizados cuando la demanda del producto que se desea pronosticar depende de variables del entorno en el que se maneja el producto (Chopra & Meindl, 2007, pág. 190).
- Método de simulación.- la simulación usa modelos para determinar cuáles serán las decisiones que un comprador puede tomar (Chopra & Meindl, 2007, pág. 190).

### 2.5.3.1. Métodos Cualitativos

Los métodos cualitativos son métodos subjetivos, ya que están sujetos al juicio humano. Existen varias técnicas que se pueden ocupar en el método cualitativo, dentro de las cuales se tiene: agregados de la fuerza de ventas, encuestas a clientes, juicio de opinión ejecutivo y el método Delphi (Nahmias, 2007, pág. 55).

- Agregados de las fuerzas de venta.- en una compañía quienes tienen mayor contacto con los clientes son los integrantes del personal de ventas, por lo cual su conocimiento sobre el comportamiento de los clientes es utilizado para determinar pronósticos (Nahmias, 2007, pág. 55).
- Encuestas a los clientes.- esta técnica pretende encontrar las tendencias del mercado e identificar los patrones de compras de los clientes, pero cabe mencionar que si las encuestas no son diseñadas de manera efectiva, los resultados pueden dar pronósticos muy equivocados (Nahmias, 2007, pág. 55).
- Juicio de opinión ejecutiva.- existen ocasiones en las que no se tiene datos históricos sobre algún producto, en estas ocasiones es necesario usar el juicio de los expertos para determinar el comportamiento futuro de la demanda (Nahmias, 2007, pág. 56). Mientras menos se sepa de un producto mayor cantidad de expertos deberían ser entrevistados para combinar las opiniones de cada uno (Nahmias, 2007, pág. 56).
- El método Delphi.- esta técnica es muy similar al juicio de opinión ejecutiva, ya que busca la opinión de los expertos, la única diferencia está en el método de recolección de información (Nahmias, 2007, pág. 56) . El método Delphi busca las opiniones de los expertos mediante encuestas, después el resumen de los resultados de todos los expertos es entregado a cada experto y se pide que reconsideren sus resultados (Nahmias, 2007, pág. 56).

### 2.5.3.2 Métodos Causales

Los métodos causales encuentran la correlación que existe entre la demanda y los diferentes factores que rodean su ambiente, para usar estas estimaciones en el pronóstico de la demanda (Chopra & Meindl, 2007, pág. 190). De forma similar, Nahmias (2007, pág. 56) indica que "los métodos causales son aquellos que usan datos provenientes de fuentes distintas a las series que están pronosticando: esto es, pueden existir otras variables con valores que están vinculadas de alguna forma a lo que se está pronosticando". La econometría es muy usada en los métodos causales especialmente cuando la relación entre la demanda y sus factores es lineal (Nahmias, 2007, pág. 56). Dado que una mejor forma de entender estos modelos es el uso de la econometría, dejaremos la explicación de ésta para el apartado 2.6.

### 2.5.3.3 Métodos de Series de Tiempo

Estos métodos se caracterizan porque sus resultados se basan en los datos pasados de la variable que desean predecir, es decir que simplemente toman en cuenta sus mismos datos y ningún otro factor (Nahmias, 2007, pág. 57). Las series de tiempo usan patrones que se presentan al graficar los datos de la variable a ser predicha, estos patrones definen cuál de las técnicas debe ser usada para realizar el pronóstico (Nahmias, 2007, pág. 55). En breve se explican los patrones que deben ser tomados en cuenta:

- **Tendencia.**- la tendencia se da cuando el patrón de la variable demuestra algún tipo de crecimiento o reducción estable a través del tiempo, cabe resaltar que el patrón también puede ser no lineal como por ejemplo una curva exponencial (Nahmias, 2007, pág. 57).
- **Estacionalidad.**- la estacionalidad se demuestra cuando existen patrones repetidos en intervalos de tiempo fijos, por ejemplo un patrón se puede repetir cada año, cada trimestre, cada mes etc., (Nahmias, 2007, pág. 55).

- Ciclos.- estas variaciones en las gráficas de la variable tienen el mismo comportamiento que las variaciones de estacionalidad, pero se diferencian puesto que la extensión del ciclo puede variar (Nahmias, 2007, pág. 55).
- Aleatoriedad.- la aleatoriedad se da cuando no se identifica ningún patrón de los anteriormente mencionados (Nahmias, 2007, pág. 55).

Existen diferentes tipos de técnicas que se usan cuando se presenta alguno de los patrones previamente mencionados, a continuación se explican las diferentes técnicas que pueden ser usadas.

### 2.5.3.3.1. Promedios Móviles

El promedio móvil es probablemente la técnica más sencilla de pronosticar la demanda de algún producto, lo que le da una elevada popularidad (Nahmias, 2007, pág. 63). Los promedios móviles se pueden usar cuando no se observa ningún patrón de tendencia o de estacionalidad (Chopra & Meindl, 2007, pág. 198). Se dice que un promedio móvil es de orden N cuando se realiza el promedio de las N observaciones anteriores (Nahmias, 2007, pág. 63). De esta forma, el pronóstico se da de la siguiente manera:

$$F_t = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=t-N}^{t-1} D_i \quad (2.5.1.)$$

Donde  $F_t$  representa el pronóstico en el periodo t,  $D_t$  representa la demanda en el periodo t y N representa cuantos periodos pasados se tomarán en cuenta (Nahmias, 2007, pág. 63).

Un inconveniente del promedio móvil es que su pronóstico sólo es para un paso adelante, es decir que el pronóstico obtenido para el periodo t será el mismo para todos los periodos en adelante (Nahmias, 2007, pág. 64).



### 2.5.3.3.2. Suavizamiento Exponencial

Al igual que el promedio móvil, el suavizamiento exponencial se usa cuando no se observa patrones de estacionalidad ni de tendencia (Chopra & Meindl, 2007, pág. 199). La diferencia entre el promedio móvil y el suavizamiento exponencial consiste en que el suavizamiento exponencial toma en consideración el valor actual de la demanda más el promedio de los pronósticos anteriores (Nahmias, 2007, pág. 66).

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad (2.5.2.)$$

Tiene que tomarse en cuenta que  $(1 - \alpha)$  representa el peso que se le da a las observaciones pasadas, es decir que si se tiene un  $\alpha$  elevado se dará más peso a las observaciones actuales de demanda (Nahmias, 2007, pág. 66).

### 2.5.3.3.3. Método de Holt

A esta técnica se la conoce también como el doble suavizamiento exponencial que se usa cuando la variable a ser pronosticada muestra patrones de tendencia ya sea creciente o decreciente (Nahmias, 2007, pág. 76). En este método se debe considerar dos constantes las cuales van a estar ligadas a las ecuaciones para conseguir el valor de la serie y el valor de la tendencia, estas constantes serán  $\alpha$  y  $\beta$  respectivamente (Nahmias, 2007, pág. 76). A continuación se muestran dichas ecuaciones:

$$S_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (2.5.3.)$$

y

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1} \quad (2.5.4.)$$

Donde  $S_t$  representa el valor del intercepto en el tiempo t y  $G_t$  representa el valor de la pendiente en el tiempo t. Las constantes mencionadas anteriormente pueden ser iguales, sin embargo es mejor dar un mayor peso al estimador de la pendiente, por lo cual  $\beta \leq \alpha$  (Nahmias, 2007, pág. 76).

El método de Holt puede realizar pronósticos de varios pasos adelante, a diferencia del suavizamiento exponencial simple y el promedio móvil, los cuales simplemente son de un paso adelante. Para determinar cuantos pasos adelante se va a pronosticar se usa el termino  $\tau$ , y el pronóstico de este se verá como  $F_{t,t+\tau}$  (Nahmias, 2007, pág. 76).

$$F_{t,t+\tau} = S_t + \tau G_t, \quad (2.5.5.)$$

La manera en la que se debe inicializar el método de Holt es mediante una regresión lineal. La regresión lineal es otro de los métodos que se pueden utilizar para el pronóstico de variables con patrones de tendencia, sin embargo este tema ya fue tratado con mayor profundidad en el apartado 2.4.

#### 2.5.3.3.4. Método de Winters

Para Nahmias (2007, pág. 83) “el método de Winters es un tipo de suavizamiento exponencial triple, y tiene la importante ventaja de ser fácil de actualizar conforme se dispone de nuevos datos”. Este método supone un modelo de la siguiente forma:

$$D_t = (\mu + G_t)c_t + \epsilon_t \quad (2.5.6.)$$

En este modelo,  $\mu$  representa la intercepción en el tiempo  $t=0$ ,  $G_t$  es el componente de tendencia o pendiente,  $c_t$  representa el componente de estacionalidad de los datos y  $\epsilon_t$  es el término del error (Nahmias, 2007, pág. 83).

En este modelo se usan tres ecuaciones, cada una diseñada para encontrar los términos de la ecuación del modelo de este método. En el método de Holt, se mantienen dos constantes  $\alpha$  y  $\beta$ , pero para el modelo de Winters, es necesario aumentar otra constante,  $\gamma$  (Nahmias, 2007, pág. 84).

La ecuación para la serie, la cual representa el nivel de la serie desestacionalizada es:

$$S_t = \alpha \left( D_t / c_{t-N} \right) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (2.5.7.)$$

Esta ecuación permite desestacionalizar la observación de la demanda más reciente, cuando se divide el factor estacional apropiado (Nahmias, 2007, pág. 84). En este método, N representa el número de periodos que tiene la estación (Nahmias, 2007, pág. 83).

La ecuación de la tendencia es similar a la que se usa en el método de Holt:

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)(G_{t-1}) \quad (2.5.8.)$$

La tercera ecuación es la que representa a los factores estacionales, y se determina de la siguiente manera:

$$c_t = \gamma \left( D_t / S_t \right) + (1 - \gamma)c_{t-N} \quad (2.5.9.)$$

Finalmente, se debe encontrar el pronóstico para un determinado periodo. La ecuación que permite conocer dicho pronóstico es expuesta a continuación:

$$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau G_t) c_{t+\tau-N} \quad (2.5.10.)$$

A diferencia de los demás, este método necesita una inicialización más complicada. Para comenzar con dicho método es necesario tener los “estimados iniciales de la serie, la pendiente y los factores estacionales” (Nahmias, 2007, pág. 85). Para la aplicación de este método Nahmias (2007, pág. 85) sugiere que se tengan como mínimo dos estaciones de datos, es decir 2N. Por este motivo usaremos la suposición de que existe dos estaciones para indicar como se inicializa el método Winters. A continuación se señalan los pasos a seguir para lograr la inicialización del método.

1. De cada una de las estaciones de datos se debe calcular la media, es decir

$$V_1 = \frac{1}{N} \sum_{j=-2N+1}^{-N} D_j \quad (2.5.11.)$$

$$V_2 = \frac{1}{N} \sum_{j=-N+1}^0 D_j \quad (2.5.12.)$$

2. Para definir el estimado de la pendiente, se debe realizar  $G_0 = (V_2 - V_1)/N$ , donde  $V_1$  se localiza en el periodo  $(-3N + 1)/2$  mientras que  $V_2$  se ubicará en el periodo  $(-N + 1)/2$ , por lo cual  $G_0$  es sencillamente la pendiente que une a  $V_1$  y  $V_2$  (Nahmias, 2007, pág. 85).
3. Para el estimador inicial de la serie de tiempo, se utiliza la siguiente ecuación.

$$S_0 = V_2 + G_0[(N - 1)/2] \quad (2.5.13.)$$

4. En el cuarto paso, Nahmias (2007, pág. 85) menciona que primero “los factores estacionales iniciales se calculan para cada periodo del cual tenemos datos disponibles y después se promedia para obtener un conjunto de factores estacionales, para finalmente normalizarlos”.

Factores estacionales:

$$c_t = \frac{D_t}{V_i - [(N + 1)/2 - j]G_0} \quad (2.5.14.)$$

Promedio de los factores:

$$c_{-N+1} = \frac{c_{-2N+1} + c_{-N+1}}{2} \quad (2.5.15.)$$

Normalización:

$$c_j = \left[ \frac{c_j}{\sum_{i=0}^{-N+1} c_i} \right] N \quad (2.5.16.)$$

El método de inicialización que se muestra en este apartado es el más recomendado pero no es el único, cabe señalar que cualquiera que sea el método que se utilice, los estimadores de la intercepción, de la pendiente y de los factores estacionales será muy similares (Nahmias, 2007, pág. 86).

#### 2.5.4. Evaluación de pronósticos

Previamente se mencionó que los pronósticos, por más exactos que sean, nunca tendrán una veracidad del cien por ciento. Por este motivo, el error que exista entre lo pronosticado y los datos reales será un indicador que permitirá evaluar y comparar diferentes métodos de pronóstico (Nahmias, 2007, pág. 60). Este error mencionado será conocido como  $e_t$ , y existen dos formas de calcularlo.

Error en pronósticos de un paso adelante:

$$e_t = F_t - D_t \quad (2.5.17.)$$

Error en pronósticos de varios pasos adelante:

$$e_t = F_{t-\tau,t} - D_t \quad (2.5.18.)$$

Aunque el error nos da una mejor visión de la efectividad del modelo de pronóstico que se utilice, no es suficiente para poder comparar entre diferentes métodos. Por este motivo existen varias medidas del error que determinan la exactitud del modelo de pronóstico. Entre las más conocidas están la desviación absoluta media (DAM), el error cuadrático medio (ECM) y el error porcentual absoluto medio (EPAM), estas medidas son usadas ampliamente cada vez que se realizan pronósticos (Nahmias, 2007, pág. 60). Las mediadas del error se calculan de la siguiente manera:

$$DAM = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (2.5.19.)$$

$$ECM = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (2.5.20.)$$

$$EPAM = \left[ \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n |e_i/D_i| \right] 100 \quad (2.5.21.)$$

## 2.6. Econometría

En esta sección se dará una breve introducción a la econometría y se plantearán sus objetivos básicos. Se debe recordar que la econometría es un campo muy amplio y tiene muchas aplicaciones prácticas, es por esta razón que sólo se dará una visión holística y algunas relaciones más profundas en cuanto a lo que respecta este trabajo.

### 2.6.1. ¿Qué es la econometría?

A continuación se presentarán algunas definiciones citadas por Gujarati y Porter (2010, pág. 1) en su obra *Econometría*. Éste será un punto de referencia para entender qué es la econometría. Luego se complementará con una definición dada por Kevin Hoover (2006) en el libro *Palgrave Handbook of Econometrics: Volume 1 Econometric Theory*.

Gujarati y Porter (2010, pág. 1) dicen que la econometría no es más que la medición de la economía, sin embargo, aquélla abarca un espectro temático más amplio. Es por esta razón que citan a algunos autores para ayudarse a dar una definición más completa. Las definiciones se presentan a continuación:

- Según Tintner (1968, pág.74) “la econometría resultado de cierta perspectiva sobre el papel que desempeña la economía, consiste en la aplicación de la estadística matemática a los datos económicos para dar soporte empírico a los modelos construidos por la economía matemática y obtener resultados numéricos” (Gujarati & Porter, 2010, pág. 1).

- Goldberg (1964, pág. 1) dice que “La econometría se define como la ciencia social en la cual las herramientas de la teoría económica, las matemáticas y la inferencia estadística se aplican al análisis de los fenómenos económicos” (Gujarati & Porter, 2010, pág. 1).
- Por su lado Malinvaud (1966, pág. 514) dice que “el arte del econometrista consiste en encontrar un conjunto de supuestos lo bastante específicos y realistas para que le permitan aprovechar de la mejor manera los datos con que cuenta” (Gujarati & Porter, 2010, pág. 1).

Hoover (2006, pág. 63) dice que la econometría es la relación entre la estadística y matemática con la teoría económica; y que además, es un enfoque teórico-cuantitativo para afrontar problemas económicos.

En general, la econometría no es más que teorías económicas que hacen extenso uso de estadística y matemáticas con el fin de resolver y concluir sobre fenómenos y problemas de carácter económico. A pesar de que la econometría es utilizada para economía, esta “ciencia” se puede utilizar como un enfoque de apoyo para resolver problemas de otros campos como se podrá ver en la resolución de este trabajo.

### **2.6.2. Metodología de la econometría**

En esta sección se presentará la metodología que se utiliza para tratar análisis econométricos. Gujarati y Porter (2010, pág. 4) dicen que existen varias metodologías según la escuela de pensamiento, sin embargo ellos nos proporcionan la llamada metodología clásica que todavía predomina en la investigación, ésta se presenta a continuación:

1. Planteamiento de la teoría o de la hipótesis.
2. Especificación del modelo matemático de la teoría.
3. Especificación del modelo econométrico o estadístico de la teoría.
4. Obtención de datos.

5. Estimación de los parámetros del modelo econométrico.
6. Pruebas de hipótesis.
7. Pronóstico o predicción.
8. Utilización del modelo para fines de control o de políticas.

### **2.6.3. Econometría de series de tiempo**

La econometría puede tratar diferentes tipos de datos, para los cuales se debe tomar diferentes supuestos. Uno de estos tipos de datos son las series de tiempo. A continuación, se darán algunos conceptos básicos del tratamiento que da la econometría a las series de tiempo.

#### **2.6.3.1. Procesos estocásticos**

“Un proceso estocástico o aleatorio es una colección de variables aleatorias ordenadas en el tiempo” (Gujarati & Porter, 2010, pág. 740). Más explícitamente, un proceso aleatorio es cualquier grupo de datos que tienen un determinado orden en el tiempo. Gujarati y Porter (2010, pág. 740), dicen que los datos de series de tiempo pueden ser tanto discretos como continuos. En este trabajo se utilizarán datos estrictamente discretos, por esta razón se hará caso omiso a las series de tiempo continuas. Se denotarán a las variables de series de tiempo discretas como  $Y_t$  donde  $t=1, 2, \dots, n$ , siendo  $n$  el número total de observaciones (Gujarati & Porter, 2010, pág. 740).

#### **Procesos estocásticos estacionarios**

En particular, en los estudios de las series de tiempo se ha puesto particular atención a los procesos estocásticos estacionarios (Gujarati & Porter, 2010, pág. 740), su importancia se denotará adelante. Un proceso estocástico estacionario es aquel cuya media, varianza y covarianza no varían en el tiempo, es decir permanecen constantes sin importar el tiempo en que hayan sido medidos (Gujarati & Porter, 2010, pág. 741).



Gujarati y Porter (2010, pág. 742) hablan de la importancia de los procesos estocásticos estacionarios:

[...] si una serie de tiempo es no estacionaria, sólo podemos estudiar su comportamiento durante el periodo en consideración. Por tanto, cada conjunto de datos perteneciente a la serie de tiempo corresponderá a un episodio particular. En consecuencia, no es posible generalizar para otros periodos. Así, para propósitos de pronóstico, tales series de tiempo (no estacionarias) tienen poco valor práctico. (Gujarati & Porter, 2010, pág. 741)

### **2.6.3.1. Procesos estocásticos no estacionarios**

En la práctica, normalmente las series de tiempo siguen procesos estocásticos no estacionarios, el ejemplo clásico es el modelo de caminata aleatoria o MCA (Gujarati & Porter, 2010, pág. 741). Hay dos variaciones de este tipo de modelos, el primero es la caminata aleatoria sin deriva y el segundo es la caminata aleatoria con deriva (Gujarati & Porter, 2010, pág. 741). La deriva es un desvío en el modelo que toma la forma de intercepto o término constante (Gujarati & Porter, 2010, pág. 741).

#### **Caminata aleatoria sin deriva**

Un modelo de caminata aleatoria se define como:

$$Y_t = Y_{t-1} + u_t \quad (2.6.1.)$$

Donde  $Y_t$  es una serie de tiempo. En esta ecuación,  $u_t$  es un término de error estocástico o ruido blanco, con media 0 y varianza igual a  $\sigma^2$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 742). En otras palabras, la variable  $Y$  en un tiempo determinado  $t$  se explica por su valor anterior, es decir por  $Y$  en  $t-1$  más un término de error (Gujarati & Porter, 2010, pág. 742).

El proceso de caminata aleatoria sin deriva se puede generalizar si se toma en cuenta que la serie empezó en  $Y_0$  de la siguiente manera:

$$Y_t = Y_0 + \sum u_t \quad (2.6.2.)$$

En la ecuación (2.6.2) se puede observar que  $Y_t$  no es más que la  $Y_0$  inicial más la suma de los errores estocásticos de todos los períodos hasta  $t$ . La media y la varianza para un modelo de caminata aleatoria sin deriva son:

$$E(Y_t) = E\left(Y_0 + \sum u_t\right) = Y_0 \quad (2.6.3.)$$

$$var(Y_t) = t\sigma^2 \quad (2.6.4.)$$

En estas ecuaciones se puede ver claramente que la varianza varía con el tiempo, lo cual viola los supuestos de un proceso estacionario.

Se puede expresar la ecuación (2.6.1.) en términos de diferencias como se observará a continuación:

$$(Y_t - Y_{t-1}) = \Delta Y_t = u_t \quad (2.6.5.)$$

En esta ecuación,  $\Delta$  denota las primeras diferencias  $Y_t$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 742). La importancia de esta expresión se podrá ver en la sección de la prueba de raíz unitaria.

### **Caminata aleatoria con deriva**

La segunda variación del MCA, es el modelo de caminata aleatoria con deriva. Como se explicó anteriormente, este modelo toma en cuenta un término constante que genera un desvío. El modelo se expresa como sigue:

$$Y_t = \delta + Y_{t-1} + u_t \quad (2.6.6.)$$

En esta ecuación  $\delta$  se conoce como el parámetro de deriva (Gujarati & Porter, 2010, pág. 743). Si se escribe (2.6.6.) en términos de diferencias, se puede observar claramente que  $\delta$  puede desviar a  $Y_t$  tanto positivamente como negativamente, dependiendo del signo que

tome su valor (Gujarati & Porter, 2010, pág. 743). La ecuación de Gujarati y Porter (2010, pág. 743) en diferencias se muestra a continuación:

$$(Y_t - Y_{t-1}) = \Delta Y_t = \delta + u_t \quad (2.6.7.)$$

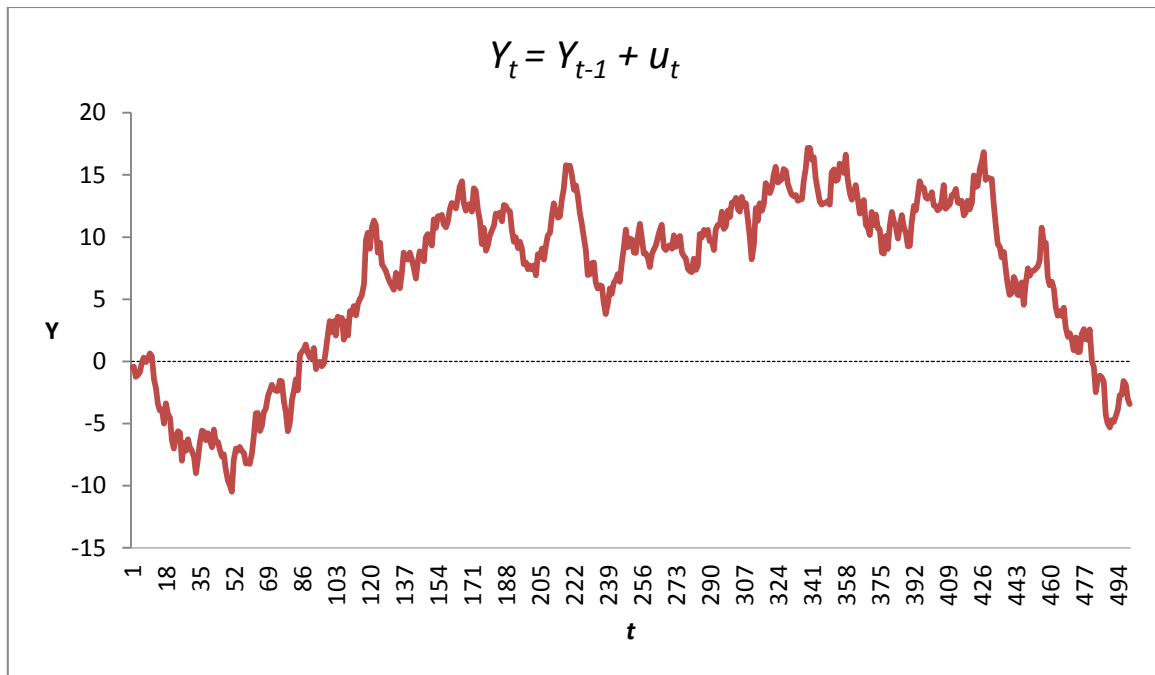
Para (2.6.7.) la media y la varianza son:

$$E(Y_t) = Y_0 + t \cdot \delta \quad (2.6.8.)$$

$$var(Y_t) = t\sigma^2 \quad (2.6.9.)$$

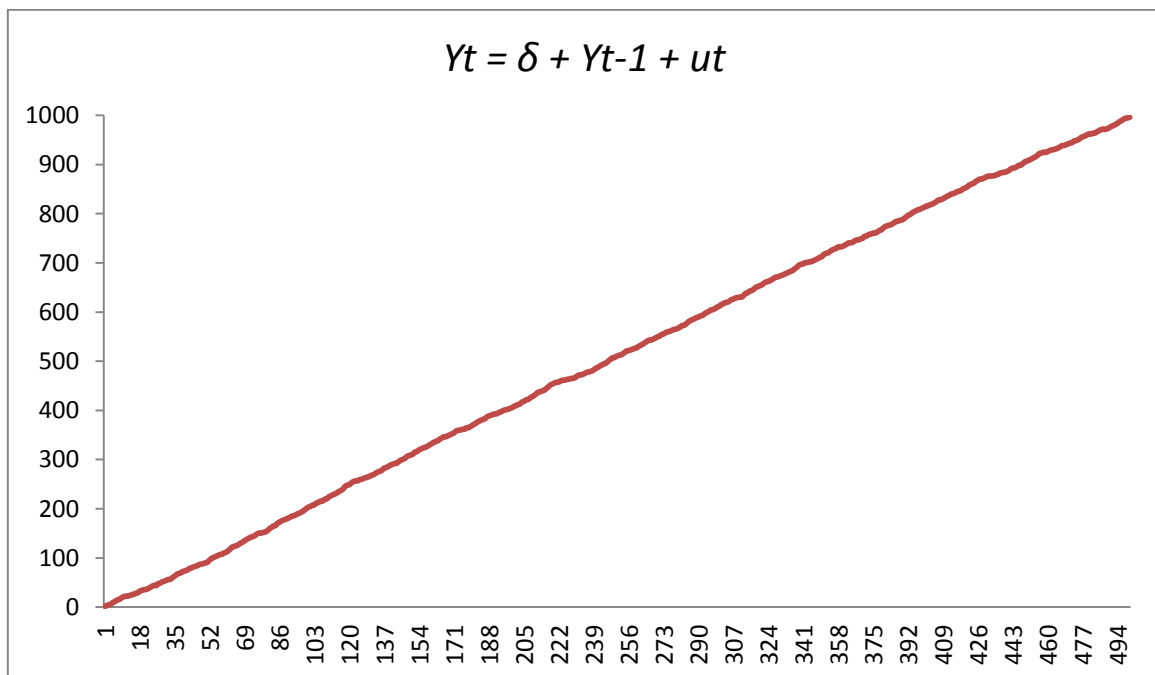
Nuevamente, se puede ver que no se cumplen los supuestos de un proceso estacionario, ya que tanto la media como la varianza son variantes en el tiempo (Gujarati & Porter, 2010, pág. 743).

Una manera que ayuda a identificar mejor los procesos de caminata aleatoria con y sin deriva, es realizando un gráfico. Para este propósito, se generan números aleatorios para los errores estocásticos  $u_t \sim N(0,1)$ , que siguen una distribución normal, y se asume que  $Y_0 = 0$  y  $\delta = 2$ . A estos números encontrados se los grafica utilizando las ecuaciones respectivas, como se puede observar a continuación:



**Figura 2. 6. 1. Caminata aleatoria sin deriva.**

Elaborado por los autores.



**Figura 2. 6. 2. Caminata aleatoria con deriva.**

Elaborado por los autores.

Estos modelos de caminata aleatoria se los conoce como proceso estocástico de raíz unitaria.

### **Tendencia determinista**

Otra variación de los MCA son aquellos que tienen una tendencia determinista. Tendencia determinista, es aquella en la se puede predecir la tendencia la cual no es variable (Gujarati & Porter, 2010, pág. 746). En general, si un modelo se ve como en (2.6.10), se dice que es una caminata aleatoria con deriva alrededor de una tendencia determinista (Gujarati & Porter, 2010, pág. 755).

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (2.6.10.)$$

En esta ecuación,  $\beta_1$  representa el término del intercepto,  $\beta_2$  el coeficiente de regresión para el tiempo  $t$ ,  $\delta$  el término del desvío y, como siempre,  $u_t$  el término del error estocástico (Gujarati & Porter, 2010, págs. 745-746).

### **Procesos estocásticos de raíz unitaria**

Se puede escribir un modelo de MCA insertando un término  $\rho$  que lo convierte en modelo autorregresivo de primer orden (Gujarati & Porter, 2010, pág. 744), el modelo se ve como:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (2.6.11.)$$

Se puede observar que el si  $\rho = 1$ , éste se transforma en una caminata aleatoria sin deriva, y si efectivamente toma ese valor, existe un proceso de raíz unitaria, quebrantando los supuestos de estacionariedad (Gujarati & Porter, 2010, pág. 744). Por otro lado, si en valor absoluto  $\rho$  es estadísticamente menor a 1 ( $|\rho| < 1$ ) se puede probar que es un proceso estacionario (Gujarati & Porter, 2010, pág. 744). Por lo tanto, para determinar si un proceso es estacionario o no se ha desarrollado la prueba de la raíz unitaria.

### Prueba de raíz unitaria

Ésta es la prueba más popular para determinar si un proceso es estacionario o no. La prueba busca conocer si  $\rho$  es estadísticamente igual a 1 o no (Gujarati & Porter, 2010, pág. 754). Se parte de la ecuación (2.6.11.), sin embargo, no se pueden utilizar MCO para estimar la ecuación y utilizar la prueba  $t$  para determinar si  $\rho = 1$ , lo cual se debe a que en el caso de haber una raíz unitaria existe un sesgo prominente (Gujarati & Porter, 2010, pág. 754). Por esta razón, se modifica la ecuación (2.6.11) restando el término  $Y_{t-1}$  de ambos lados de la igualdad

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t \quad (2.6.12.)$$

$$\Delta Y_t = (\rho - 1)Y_{t-1} + u_t \quad (2.6.13.)$$

o de forma más sencilla

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (2.6.14.)$$

Donde  $\delta = (\rho - 1)$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 754). Se estima entonces un valor de  $\delta$  y se prueba la hipótesis nula  $H_0: \delta = 0$  contra la hipótesis alternativa  $H_1: \delta < 0$  para probar si el proceso es estacionario o no (Gujarati & Porter, 2010, pág. 755). Debido a que no se puede utilizar una prueba  $t$ , Dickey y Fuller desarrollaron un estadístico  $\tau$  y valores críticos para comparar e inferir en base a la hipótesis nula, esta prueba se conoce como la prueba de Dickey-Fuller (Gujarati & Porter, 2010, pág. 755). La prueba de Dickey-Fuller prueba tres hipótesis nulas sobre tres posibles modelos de caminata aleatoria las que se presentan en la Tabla 2.6.1.

**Tabla 2. 6. 1. Hipótesis nula para prueba de Dickey-Fuller.**

Adaptado de Gujarati & Porter, op. cit., p. 755.

<b><math>Y_t</math> es caminata aleatoria :</b>	$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$	(2.6.15.)
<b><math>Y_t</math> es caminata aleatoria con deriva:</b>	$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t$	(2.6.16.)
<b><math>Y_t</math> es caminata aleatoria con deriva alrededor de una tendencia determinista:</b>	$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t$	(2.6.17.)

Para rechazar la hipótesis nula y concluir que el proceso es estacionario en cada caso es preciso ver si los valores calculados de  $\tau$  son mayores que sus valores críticos en la tablas de MacKinnon (Gujarati & Porter, 2010, pág. 756).

Existen otras pruebas para probar la estacionariedad de un proceso como la prueba Dickey-Fuller aumentada, la prueba de la significancia de más de un coeficiente o prueba  $F$ , la prueba Phillips-Perron y la prueba de cambios estructurales. Sin embargo, éstas van más allá de la extensión de este trabajo.

#### **2.6.4. Modelos de pronóstico ARIMA**

Los modelos ARIMA, se enfocan en la predicción de datos basándose en las propiedades probabilísticas de una serie de tiempo (Gujarati & Porter, 2010, pág. 774). Estos modelos, además, buscan que los datos sean los que hablen por sí mismos, es decir buscan la explicación de la variable  $Y_t$  en términos de sus valores pasados o rezagados (Gujarati & Porter, 2010, pág. 774).

ARIMA es un modelo autorregresivo integrado de promedios móviles, o también y más popularmente conocido como la metodología Box-Jenkins (Gujarati & Porter, 2010, pág. 773).

### Proceso autorregresivo (AR)

Un proceso autorregresivo de primer orden es aquel que sigue el siguiente modelo:

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + u_t \quad (2.6.18.)$$

Donde  $\delta$  representa la media de  $Y$ ,  $u_t$  el error y  $\alpha_1$  el coeficiente de regresión, a este modelo se lo conoce como proceso autorregresivo de primer orden AR (1) (Gujarati & Porter, 2010, pág. 775). Se puede generalizar este proceso para  $p$  rezagos de  $t$  como sigue:

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + \alpha_2(Y_{t-2} - \delta) + \dots + \alpha_p(Y_{t-p} - \delta) + u_t \quad (2.6.19.)$$

A este modelo se lo conoce como proceso autorregresivo de orden  $p$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 776).

### Proceso de medias móviles (MA)

Otra forma de generar una serie  $Y_t$  se puede dar mediante un proceso de medias móviles en cuyo caso el modelo sería:

$$Y_t = \mu + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} \quad (2.6.20.)$$

Donde  $\mu$  representa una constante,  $u$  es el error estocástico y  $\beta_1$  son los coeficientes de regresión (Gujarati & Porter, 2010, pág. 776). Este modelo también se le puede generalizar para  $q$  períodos de rezago en cuyo caso la ecuación sería:

$$Y_t = \mu + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} + \beta_2 u_{t-2} + \dots + \beta_q u_{t-q} \quad (2.6.21.)$$

A éste se lo denomina proceso MA de orden  $q$  (Gujarati & Porter, 2010, pág. 776).

### Procesos ARIMA

En determinados casos, puede que una serie de tiempo haya sido generada por un proceso combinado AR( $p$ ) y MA( $q$ ), en cuyo caso existirían componentes tanto autorregresivos como de medias móviles en los modelos, los cuales son conocidos como



procesos ARMA ( $p, q$ ) (Gujarati & Porter, 2010, pág. 776). Pero además, se puede hacer una combinación de estos procesos con un proceso de series de tiempo integrado.

Un proceso integrado es aquel en el cual se recurre a sus diferencias (explicadas anteriormente) para hacer que la serie de tiempo sea estacionaria (Gujarati & Porter, 2010, pág. 776). A estos procesos se los identifica con  $I(d)$ , donde  $d$  es el número de diferencias de la serie de tiempo que se utilizaron hasta hacerla estacionaria (Gujarati & Porter, 2010, pág. 776). Este proceso es el que se conoce como ARIMA ( $p, d, f$ ), autorregresivo integrado de promedios móviles.

### Metodología Box-Jenkins

Esta metodología sirve para identificar qué tipo de modelo ARIMA se debe utilizar y realizar pronósticos de la serie de tiempo. Se explicará de manera general como funciona la metodología. Los 4 pasos que utiliza la metodología son la identificación, la estimación, el examen de diagnóstico y el pronóstico (Gujarati & Porter, 2010, págs. 777-778), éstos se explicarán brevemente a continuación:

- **Identificación:** Este paso sirve para identificar los valores de  $p, d, q$ , que se deben utilizar para el modelo ARIMA (Gujarati & Porter, 2010, pág. 778). Se utilizarán para este propósito los correlogramas, que son diagramas de la función de autocorrelación (FAC) y autocorrelación parcial (FACP).

La FAC, es nada más que la covarianza en el rezago  $k$  sobre la varianza y se denota por  $\rho_k$  como sigue:

$$\hat{\rho}_k = \frac{\hat{y}_k}{\hat{y}_0} \quad (2.6.22.)$$

donde  $\hat{y}_k$  la covarianza muestral en el rezago  $k$  respecto a  $t$ , y  $\hat{y}_0$  es varianza muestral (Gujarati & Porter, 2010, pág. 749).

En forma similar, la autocorrelación parcial  $\rho_{kk}$  mide la correlación entre observaciones (series de tiempo) separadas  $k$  periodos y mantiene constantes las correlaciones en los rezagos intermedios (es decir, rezagos menores de  $k$ ). En otras palabras, la autocorrelación parcial es la correlación entre  $Y_t$  y  $Y_{t-k}$  después de eliminar el efecto de las  $Y$  intermedias. (Gujarati & Porter, 2010, pág. 778).

Para conocer la  $d$  del modelo ARIMA a utilizar, se utiliza la prueba de la raíz unitaria para saber si la serie es estacionaria o no. En el caso de ser estacionaria, se debe integrar los procesos hasta hacerlos estacionarios, el número de veces que diferencie la serie será la  $d$  utilizada (Gujarati & Porter, 2010, pág. 779).

En cuanto a los términos  $p$  y  $q$ , se debe hacer uso de los correlogramas para identificar el tipo de modelo AR( $p$ ) y MA( $k$ ) a utilizar, este proceso debe ser iterativo de ensayo y error hasta encontrar el modelo que se adapte mejor (Gujarati & Porter, 2010, págs. 778-782). A continuación se presenta un cuadro de lineamientos generales extraído de la obra de Gujarati y Porter (2010, pág. 781) para identificar los procesos ARMA.

**Tabla 2. 6. 2. Patrones teóricos de FAC y FACP.**

**Adaptado de Gujarati & Porter, op. cit., p. 781.**

Tipo de modelo	Patrón típico de FAC	Patrón típico de FACP
AR ( $p$ )	Disminuye exponencialmente o con un patrón de onda sinusoidal achatada o ambos.	Picos significativos en los rezagos $q$
MA ( $q$ )	Picos significativos en los rezagos $q$	Decrece exponencialmente
ARMA ( $p, q$ )	Decrece exponencialmente	Decrece exponencialmente

- **Estimación:** Una vez identificado el modelo ARIMA a utilizar y sus correspondientes valores  $p, d, f$ ; se pasa a estimar los parámetros mediante el método de mínimos

cuadrados (existen otros métodos pero en este trabajo se utilizará MCO) (Gujarati & Porter, 2010, pág. 777).

- **Examen de diagnóstico:** Es posible que más de un modelo ARIMA se ajuste a los datos, es por esta razón que se deben probar varios modelos y seleccionar el mejor, una vez más se recalca que la metodología de ARIMA es iterativa (Gujarati & Porter, 2010, pág. 777). Se utilizarán los errores mencionados en el apartado de pronósticos para este propósito.
- **Pronósticos:** Finalmente, una vez seleccionado el mejor modelo ARIMA, éste se debe emplear para hacer pronósticos de los datos. Se debe hacer hincapié en que los pronósticos en que este tipo de modelo funciona mejor son para el corto y mediano plazo (especialmente el corto plazo) (Gujarati & Porter, 2010, pág. 778).

## 2.7. Planeación agregada.

### 2.7.1. Definición y conceptos básicos de la planeación agregada

La planeación agregada es una técnica mediante la cual se puede identificar cuáles deben ser los niveles de capacidad, producción, subcontratación, inventarios, faltantes y precio en un determinado horizonte de tiempo (Chopra & Meindl, 2007, pág. 218). De manera similar, Nahmias (2007, pág. 109) conceptualiza la planeación agregada de la siguiente manera: “la planeación agregada, que también podría llamarse planeación macro de la producción, aborda el problema de decidir cuantos empleados debe ocupar una empresa; y, para una compañía manufacturera, la cantidad y mezcla de productos que debe producir”. Nahmias (2007, pág. 109) menciona que la planeación agregada es indispensable para la estrategia general de planeación de negocio de una empresa. El primer paso para realizar la planeación agregada se da con el pronóstico de la demanda y esto puede ser realizado tanto en empresas manufactureras como de servicios (Nahmias, 2007, pág. 110). Para una empresa, es de gran importancia tener conocimiento acerca de su demanda para así realizar una

planeación de su capacidad de producción, distribución, fuerza laboral, entre otros, para cubrir la demanda mencionada (Chopra & Meindl, 2007, pág. 218). Una de las principales características que se puede observar de forma obvia es que la planeación agregada va a depender mucho del pronóstico que se haya realizado de la demanda.

Existen varios objetivos dentro de la planeación agregada; como tener una rápida reacción ante cambios en la demanda, retener una fuerza estable de trabajo y desarrollar un plan que maximice las ganancias (Nahmias, 2007, pág. 110). En cada uno de estos objetivos debe ser mencionado que pueden existir factores a favor o en contra, los que se explican a continuación. Para obtener una rápida reacción ante cambios en la demanda se debe ejecutar cambios constantes en la fuerza laboral con despidos y contrataciones cada determinado tiempo; esto puede ser rentable, pero los operarios despedidos pueden optar por no volver en las épocas de alta demanda (Nahmias, 2007, pág. 110). Por otro lado, mantener una fuerza estable de trabajo implica que el inventario puede aumentar en un determinado tiempo, y a su vez incrementar los costos asociados a éste (Nahmias, 2007, pág. 110). Para una planificación que maximice las ganancias, se debe tener los costos de las operaciones bien especificados, ya que éstos permitirán un mejor control en la toma de decisiones (Nahmias, 2007, pág. 110). De manera similar, para Chopra y Meindl (2007, pág. 218), el objetivo final de la planeación agregada pretende optimizar las ganancias resolviendo problemas que envuelven decisiones agregadas en lugar de decisiones a un sólo nivel.

La planeación agregada es una herramienta importante dentro de la cadena de suministro. Sin embargo, ésta ha sido utilizada en mayor parte para aplicaciones en empresas únicas y no en la cadena de suministro (Chopra & Meindl, 2007, pág. 219). Para que la planeación agregada de la cadena de suministro tenga un buen resultado, Chopra y Meindl (2007, pág. 219) comentan que es importante que existan aportaciones de parte de toda la cadena de suministro. En la planeación agregada algunas de las restricciones vienen dadas

por parte de los actores externos a la empresa; estas restricciones son información de entrada que son utilizadas principalmente por parte de los actores de un paso adelante (Chopra & Meindl, 2007, pág. 219). Las plantas de producción establecen las demandas para sus proveedores y la restricciones de suministro a sus clientes (Chopra & Meindl, 2007, pág. 219).

Existen varios factores operacionales que deben ser calculados por la empresa u organización que realice la planeación agregada. Estos factores son:

- Tasa de producción.- número de unidades a ser completadas por unidad de tiempo (Chopra & Meindl, 2007, pág. 219).
- Fuerza laboral.- el número de trabajadores de la capacidad necesarios para la producción (Chopra & Meindl, 2007, pág. 219).
- Tiempo extra.- cantidad de producción de las horas extras (Chopra & Meindl, 2007, pág. 219).
- Nivel de capacidad de máquina.- número de máquinas necesarias para cubrir la demanda (Chopra & Meindl, 2007, pág. 219).
- Subcontratar.- número de unidades subcontratadas en un horizonte de tiempo especificado (Chopra & Meindl, 2007, pág. 219).
- Atrasos.- demanda no satisfecha en un periodo (Chopra & Meindl, 2007, pág. 219).
- Inventario.- inventario guardado en los periodos de un horizonte de tiempo (Chopra & Meindl, 2007, pág. 219).

En la planeación agregada de la cadena de suministro, idealmente, los eslabones deben trabajar juntos para optimizar el rendimiento de la cadena (Chopra & Meindl, 2007, pág. 220). Si cada eslabón realiza sus propios planes agregados, los resultados no serán muy favorables para toda la cadena (Chopra & Meindl, 2007, pág. 220).

Chopra y Meindl (2007, pág. 219) al igual que Nahmias (2007, pág. 111), mencionan que en la planeación agregada se deben tomar decisiones de manera agregada y no únicamente a un sólo nivel, por lo cual debe existir una unidad agregada de producción. Una unidad agregada puede ser un artículo promedio en el caso de que los productos sean semejantes; y en el caso de que exista una alta variedad de productos, se pueden manejar por peso, por volumen cantidad necesaria de trabajo o por valor monetario (Nahmias, 2007, pág. 111). Cabe resaltar que la unidad de planeación agregada puede cambiar entre los eslabones de la cadena, aunque se puede trabajar mejor si se maneja la misma unidad en todos los modelos de la planeación agregada. Respecto a lo anterior Hax y Meal (1975) (citado en Nahmias, 2007, pág. 112), presentan una jerarquía de las unidades que es utilizada en la planeación agregada. Esta jerarquía se presenta a continuación:

- Artículos.- Son los bienes que se entregan al cliente después de todo el proceso (Hax & Meal, 1975, citado en Nahmias, 2007, pág. 112)
- Familias.- Grupo de artículos que tienen los mismos costos de fabricación (Hax & Meal, 1975, citado en Nahmias, 2007, pág. 112)
- Tipos.- Grupos de familias que usan un plan agregado de producción para establecer sus cantidades de producción (Hax & Meal, 1975, citado en Nahmias, 2007, pág. 112).

### **2.7.2. Problema de la planeación agregada**

Respecto al problema de la planeación agregada, Chopra y Meindl (2007, pág. 220) expresan que dado el pronóstico de la demanda para cada período, se debe establecer el nivel de producción, nivel de inventario y nivel de capacidad con la finalidad de obtener la mayor ganancia posible. Para Chopra y Meindl (2007, pág. 220) el horizonte de tiempo para realizar la planeación agregada idealmente debería estar en el rango de 3 a 18 meses. Nahmias (2007,

pág. 112) menciona que la planeación se da en periodos de tiempo de un mes pero puede ser realizada en intervalos de tiempo de semanas, trimestres o años.

La lista que se presenta a continuación indica los datos que Chopra y Meindl (2007, pág. 220) consideran necesarios para la realización de la planeación agregada.

- Demanda pronosticada para los periodos en el horizonte de planeación.
- Costo laboral, es decir costo de operario por hora y costo de operario por hora extra.
- Costo de subcontratación.
- Costo de cambiar la capacidad, es decir costo de contratar y de despedir personal.
- Horas de trabajo requeridas por unidad.
- Costo de inventario.
- Costo de faltantes o retrasos.
- Restricciones de horas extras, despidos, capital, faltantes entre otros.
- Restricciones de proveedores y clientes.

Es necesario mencionar que dependiendo los recursos de cada empresa se puede tener información adicional como por ejemplo costos de transporte si el caso es saber cuántos vehículos se necesita para la producción.

### **2.7.3. Planeación Agregada usando Programación Lineal**

La planeación de la demanda tiene como objetivo principal la maximización de las ganancias siempre y cuando se mantenga cubierta la demanda de productos, por lo cual se debe usar herramientas que sean adecuadas para la optimización (Chopra & Meindl, 2007, pág. 221). Es necesario el uso de herramientas de optimización para poder alcanzar las metas con la mayor efectividad posible. Hillier y Lieberman (2010, pág. 21) mencionan que una herramienta para la planeación de actividades con el fin de obtener resultados óptimos es la programación lineal, la cual consigue el mejor resultado de todas las opciones posibles. La programación lineal es una herramienta que elabora una solución capaz de cubrir todas las

restricciones impuestas mientras obtiene la mayor ganancia posible (Chopra & Meindl, 2007, pág. 221). Existen varios modelos de programación lineal para lidiar con diferentes tipos de problema. Sin embargo, para evitar la confusión entre varios términos y fórmulas se presenta sólo el modelo de programación lineal utilizado por Chopra y Meindl en el libro *Supply Chain Management*, del 2007.

### 2.7.3.1. Parámetros

Para la planeación agregada, existen ciertos costos e información que deben ser suministrados por la empresa. Esta información se enlista a continuación:

$c_P =$  Costo de material

$c_I =$  Costo de mantener una unidad de inventario en un periodo

$c_S =$  Costo de unidad faltante o retrasada

$c_H =$  Costo de contratar

$c_L =$  Costo de despedir

$c_R =$  Costo de hora regular

$c_O =$  Costo de hora extra

$c_C =$  Costo de subcontratar

$K =$  horas de trabajo por unidad

$I_0 =$  Inventario inicial

$W_0 =$  Fuerza laboral inicial

$n =$  Número de días de trabajo de un operario al mes

$h =$  Horas trabajadas al día

$o =$  Número de horas extras máximas



$I_f = \text{Inventario final}$

### 2.7.3.2. Variables de decisión

En este modelo de programación lineal, al igual que en los demás, se necesita de variables de decisión. En breve se despliega la lista de variables que Chopra y Meindl (2007, pág. 224) indican en su modelo de planeación agregada el cual se realiza en un horizonte de tiempo de 6 meses.

$D_t = \text{Demanda del mes } t, t = 1, \dots, 6$

$W_t = \text{Fuerza laboral del mes } t, t = 1, \dots, 6$

$H_t = \text{Número de personas contratadas en el mes } t, t = 1, \dots, 6$

$L_t = \text{Número de personas despedidas en el mes } t, t = 1, \dots, 6$

$P_t = \text{Número de unidades producidas en el mes } t, t = 1, \dots, 6$

$I_t = \text{Cantidad de inventario mantenido en el mes } t, t = 1, \dots, 6$

$S_t = \text{Número de unidades faltantes o con retraso al final del mes } t, t = 1, \dots, 6$

$C_t = \text{Número de unidades subcontractadas para el mes } t, t = 1, \dots, 6$

$O_t = \text{Número de horas extras trabajadas en el mes } t, t = 1, \dots, 6$

Una vez que se conocen los parámetros y se determinan las variables del modelo, se debe crear la función objetivo.

### 2.7.3.3. Función Objetivo

La función objetivo del modelo de Chopra y Meindl (2007, pág. 224) está diseñada para encontrar el mejor resultado mediante la minimización de los costos totales en el horizonte de tiempo planeado. Dado que la planeación agregada pretende cubrir toda la producción de la empresa se incurren en varios costos, los cuales son analizados a continuación.

### Costo de trabajo de tiempo regular

La manera de determinar el costo de pagar a un operario por una hora de trabajo regular, consiste en multiplicar los días trabajados al mes por las horas trabajadas al día por el costo de trabajo de una hora regular (Chopra & Meindl, 2007, pág. 224). Para completar el costo se debe multiplicar por el número de operarios que trabajan en el periodo t, obteniendo así la siguiente formula:

$$\text{Costo de trabajo de tiempo regular} = \sum_{t=1}^6 n h c_R W_t \quad (2.7.1.)$$

### Costo de trabajar horas extras

Para calcular el costo de las horas extra, se multiplica el número de horas extras de cada mes por el costo de cada hora extra (Chopra & Meindl, 2007, pág. 225)

$$\text{Costo de trabajar horas extras} = \sum_{t=1}^6 c_o O_t \quad (2.7.2.)$$

### Costo de contratar y despedir

Los costos de contratar y despedir simplemente implican sumar el costo de cada periodo, lo cual implica la multiplicación de los operarios contratados y despedidos por el costo de contratar y despedir un operario respectivamente (Chopra & Meindl, 2007, pág. 225)

$$\text{Costo de contratar y despedir} = \sum_{t=1}^6 c_H H_t + \sum_{t=1}^6 c_L L_t \quad (2.7.3.)$$

### Costo de inventario y faltantes

Para calcular el costo total de inventario y faltantes hay que multiplicar el costo de mantener una unidad de inventario por el número de unidades de inventario, más el número de faltantes en cada periodo por el costo de una unidad faltante (Chopra & Meindl, 2007, pág. 225).

$$\text{Costo de inventario y faltante} = \sum_{t=1}^6 c_I I_t + \sum_{t=1}^6 c_S S_t \quad (2.7.4.)$$

### Costo de material y unidades subcontratadas

La producción de algún bien implica el costo de ciertos materiales por lo cual se debe calcular el costo de producir cada una de las unidades, y de igual forma, se debe calcular los costos que implican subcontratar diversas unidades (Chopra & Meindl, 2007, pág. 225).

$$\text{Costo de material y unidades subcontratadas} = \sum_{t=1}^6 c_P P_t + \sum_{t=1}^6 c_C C_t \quad (2.7.5.)$$

Una vez que hemos identificados los costos que afectan a la planeación agregada es momento de unificar estos costos para obtener la función objetivo a ser minimizada (Chopra & Meindl, 2007, pág. 225).

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{t=1}^6 n h c_R W_t + \sum_{t=1}^6 c_o O_t + \sum_{t=1}^6 c_H H_t + \sum_{t=1}^6 c_L L_t + \sum_{t=1}^6 c_I I_t + \sum_{t=1}^6 c_S S_t \\ & + \sum_{t=1}^6 c_P P_t + \sum_{t=1}^6 c_C C_t \end{aligned} \quad (2.7.6.)$$

La función objetivo debe ser desarrollada con atención, ya que ésta representa el costo que vamos a minimizar y debemos tomar en cuenta los costos necesarios. Cuando ya se ha desarrollado la función objetivo es necesario conocer las restricciones que limitan al modelo.

#### 2.7.3.4. Restricciones

Anteriormente se mencionó que en todo modelo de planeación agregada es necesario el uso de restricciones. A continuación se presentan las restricciones que afectan al modelo de planeación. Chopra y Meindl (2007, pág. 225) hacen referencia a estas restricciones donde mencionan que las variables de decisión no pueden restringir estas limitaciones.

### **Fuerza laboral, contratos y despidos.**

La restricción de la fuerza laboral implica el número de personas que fueron contratadas menos el número de personas que fueron despedidas más el número de trabajadores del periodo anterior (Chopra & Meindl, 2007, pág. 225). Por lo tanto,

$$W_t = W_{t-1} + H_t - L_t \quad (2.7.7.)$$

### **Restricción de capacidad**

Existen ocasiones en las que la demanda va a ser muy elevada, por lo cual es usual que se deba producir más de la capacidad actual de la empresa, motivo por el cual se debe usar una restricción de capacidad. La restricción que se presenta a continuación limita la producción para que ésta no exceda la capacidad, tomando en cuenta las horas regulares y extras laboradas por el personal. Se deja de lado a las unidades subcontratadas porque éstas no son parte de la capacidad interna de la empresa (Chopra & Meindl, 2007, pág. 226).

$$P_t \leq \left(\frac{nh}{K}\right)W_t + \frac{O_t}{K} \quad (2.7.8.)$$

### **Restricción de inventario**

La cantidad de inventario que se maneje en una empresa implica varios factores como costos y espacio ocupado, por lo cual es necesario el uso de una restricción de inventario en el modelo de planeación agregada. La suma de la demanda, los faltantes previos y el inventario del periodo actual, menos los faltantes del periodo actual deben ser balanceados con la suma del inventario previo, la producción y las unidades subcontratadas en el periodo actual (Chopra & Meindl, 2007, pág. 226).

$$I_{t-1} + P_t + C_t = D_t + S_{t-1} + I_t - S_t \quad (2.7.9.)$$

Cabe señalar que en algunos modelos, se debe mantener un inventario final y el número de faltantes debe ser cero en el último periodo (Chopra & Meindl, 2007, pág. 226).

### **Restricción del límite de horas extras**

Los operarios están regidos por un número máximo de horas extra que pueden trabajar. Chopra y Meindl (2007, pág. 226) señalan que esta restricción simplemente es cumplida teniendo en cuenta que el número de horas extra total en un periodo es menor que el número máximo de horas extra por trabajador multiplicado por cada trabajador en ese periodo.

$$O_t \leq oW_t \quad (2.7.10.)$$

En el modelo de planeación agregada las variables tienen que ser no negativas y en algunas ocasiones las variables deben ser enteras.

#### **2.7.4. Resultados de la planeación agregada**

La planeación agregada es una herramienta muy útil que da varios resultados una vez que se aplica. Primero, se tiene la cantidad de producción, ya sea en horas normales, extras y subcontrataciones realizadas que puede ser ocupada para determinar los niveles de compra de insumos y a su vez el número de trabajadores (Chopra & Meindl, 2007, pág. 221). Otro de los resultados de la planeación agregada es el inventario que se mantiene en la bodega, esta información es utilizada para conocer el espacio mínimo de la bodega y los costos implicados (Chopra & Meindl, 2007, pág. 221). La cantidad de personas contratadas y despedidas es un resultado más de la planeación agregada. Conocer el número de personas que se van a contratar y despedir ayuda a la prevención de cualquier asunto laboral que se presente (Chopra & Meindl, 2007, pág. 221). La capacidad de una empresa depende de su mano de obra, pero a la vez también es necesario el uso de ciertas máquinas. Chopra y Meindl (2007, pág. 221) señalan que de la planeación se puede obtener resultados acerca de la capacidad con que las máquinas deben cumplir. Hasta el momento, los resultados han dado información importante para la producción de la empresa, no obstante, esta técnica también brinda resultados con información en cuanto a clientes. Un aspecto importante de los resultados es

que se puede identificar los niveles de servicio a los clientes mediante la cantidad de faltantes o retrasos obtenidos con la planificación agregada (Chopra & Meindl, 2007, pág. 221).

Tanto las variables de la función de la demanda como las variables de la planeación agregada son importantes para lograr los objetivos de este estudio. Las variables de la función de demanda permiten identificar qué factores pueden afectar a la demanda, con el fin de conseguir una mejor interpretación de su comportamiento. Las variables de la planeación agregada permiten conocer los recursos necesarios para el funcionamiento de una empresa. Estas variables se relacionan entre sí, ya que los datos necesarios para la planeación agregada vienen dados por los pronósticos, los cuales pueden ser afectados por las variables de la función de demanda.

## **2.8. Definiciones adicionales**

### **2.8.1. Diagrama de Pareto**

“Un histograma de ocurrencia por categoría (en el que las categorías están ordenadas por el número de ocurrencias) en ocasiones se denomina diagrama de Pareto” (Montgomery & Runger, 2009, pág. 36). En este tipo de diagrama se clasifican los artículos de interés a estudiar y se miden de acuerdo a una escala en común, luego se reorganizan en orden ascendente del tal manera que se obtiene una distribución acumulada (Niebel & Freivalds, 2004, pág. 23).

### **2.8.2. Paletizar**

Al acto de agrupar objetos en una superficie como un pallet o tarima con el fin de tener una unidad de manejo que ayude a minimizar el tiempo y esfuerzo de una operación (Comité Costarricense de Logística, 2003, pág. 4). Estos objetos son aquellos que presentan dificultad de manejo por su peso o volumen; o pueden ser numerosos objetos que son fáciles

de desplazar pero que requieren de mucho tiempo o trabajo si se manejan de forma individual (Comité Costarricense de Logística, 2003, pág. 4).

### **2.8.3. Consolidar**

La consolidación de carga es la unión de cargas de diferentes proveedores, clientes, etc., que tienen un destino en común o que comparten una ruta, en una misma unidad de transporte, con el fin de minimizar costos, aprovechar economías de escala, e incluso brindar un mejor servicio (Enfásis Logística México, 2006).

### **2.8.4. Método de la gran M**

Este método consiste en aumentar una variable artificial no negativa en un modelo de optimización lineal en la forma de una variable de holgura y asignarle una penalización enorme en forma de un número muy grande con una  $M$  (Hillier & Lieberman, Introducción a la investigación de operaciones, 2010, pág. 103). El fin de la utilización del método de la gran  $M$  es hacer que la variable asociada a ésta sea despreciada por su valor numérico alto (Hillier & Lieberman, Introducción a la investigación de operaciones, 2010, pág. 103).

## Capítulo III: Revisión de literatura

### 3.1. Cadena de suministro

Con el fin de hacer propuestas de mejora en una cadena de suministro y lograr hacer cambios significativos en el proceso, primero es esencial entender su concepto. Albiol (2010, pág. 51) define la cadena de suministro como una “RED de Sistemas Logísticos Integrados que son coordinados por una o más entidades para brindar un servicio eficiente al Cliente Final”. En su libro *Supply Chain Management: strategy, planning and operation*, Chopra y Meindl (2007, pág. 3) dicen que una cadena de suministro es la composición de todas partes involucradas directa o indirectamente en el cumplimiento de pedidos de clientes. Ghiani, Laporte & Musmanno (2004) dicen que es un sistema complejo de logística en el cual la materia prima es convertida en productos terminados y distribuida al usuario final. En palabras más sencillas, las cadenas de suministro existen con el propósito de conectar, hacer transacciones y distribuir (Kuei, Madu, & Lin, 2011, pág. 4458).

Debido al alto impacto de la globalización y los rápidos cambios de la tecnología, los negocios han sufrido grandes transformaciones en busca de nuevas estrategias que permitan la mejora continua en el desempeño de los mismos (Yue, 2014, pág. 2174). Según Carlos, Rodríguez, Liquidano, Silva y González (2015, pág. 24) “la gestión de la cadena de suministros tiene ya un amplio reconocimiento como una estrategia para enfrentar la competencia que, más que entre las empresas, se está dando precisamente entre las cadenas de suministro”. Foster, Wallin & Ogden (2011, pág. 2285) agregan que una gestión hábil resulta en beneficios para las operaciones como reducción de costos, tratamiento más rápido de productos, y puede ser clave en el manejo de la calidad. La gestión de la cadena de suministros aumenta su eficiencia mientras exista una mejor sincronización de sus eslabones. Para Vallet-Bellmut (2010, pág. 12), la sincronización o integración de la cadena de



suministros a mayor grado o intensidad se traduce en una ventaja competitiva. Otros autores argumentan que se observan mejores niveles de rendimiento cuando se utiliza arcos de integración más profundos en la cadena de suministro (Frohlich & Westbrook, 2001, pág. 185).

### **3.1.1. Cadena de suministro de flores**

El propósito del entendimiento de la cadena de suministro de flores es buscar en la literatura los trabajos y enfoques que se han realizado con el fin de mejorar el manejo de la misma. Debido a que Colombia es el mayor exportador de flores de América y segundo en el mundo (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 10), la investigación que se ha hecho en el país ha sido bastante amplia. Sumándole el hecho de que Colombia, por su localización geográfica, variedades de flor y mercado objetivo, es el competidor más directo de Ecuador, se ha concentrado en buscar literatura sobre trabajos relacionados a la cadena de suministro del sector floricultor colombiano.

Gaviria y Pérez (2013, pág. 10) realizaron un análisis de la cadena de suministro de flores en Antioquia, en el que identificaron el proceso productivo y los actores de la cadena, y establecieron la situación actual de la cadena a través de una matriz PESTA y un análisis FODA. Por otro lado, Urrea, Garzón y Pérez (2007, págs. 1-2) hacen un análisis de las ventajas y desventajas a las que se ve expuesto el sector floricultor colombiano a través de herramientas como el Balanced Score Card, modelo SCOR, gSCM, y costos basados en actividades ABC. Fontalvo y Cardona (2012, pág. 65), en su artículo *Análisis de la cadena de suministro de flores de corte para exportación mediante el modelo SCOR*, analizan la importancia del desarrollo del sector floricultor colombiano basados en “una estructura fundamentada en el modelo SCOR para los procesos ejecutados por un empresa productora y comercializadora de flores”.

Asimismo González (2013, págs. 5-7), hace un estudio de caso más bien cualitativo de la cadena de suministro de la flor de exportación colombiana, en el cual estudia cómo ha evolucionado el sector floricultor, hace un diagnóstico de la situación actual de la cadena y menciona perspectivas para el futuro de la misma. Por su lado, Vélez, Rodríguez, Camacho y Soto (2013, pág. 4), realizan un informe para la Superintendencia de Sociedades en el cual exponen la situación económica y financiera, y la evolución de los indicadores disponibles para el sector floricultor colombiano; este estudio comprende un análisis económico del sector. Quirós (2001, pág. 59) presenta un análisis de las características intrínsecas del sector floricultor colombiano desde una perspectiva macroeconómica y microeconómica histórica, presentado la evolución del sector desde sus inicios.

Oviedo y Rodríguez (2009, págs. 1-2) realizan un estudio de caracterización de la cadena de suministros de rosas en Colombia, en el que desarrollaron una metodología propia para este propósito. Como primera fase se definió el alcance de la cadena, tomando en cuenta “el suministro de materias primas hasta la comercialización de producto final” (Oviedo & Rodríguez, 2009, pág. 1). La segunda fase del estudio de Oviedo y Rodríguez (2009, pág. 2), fue la selección de factores y preguntas claves específicas para la cadena de suministro de rosas y finalmente

La tercera fase fue la aplicación de la metodología definida a lo largo de la cadena de abastecimiento, describiendo cada uno de los eslabones de la cadena, así como los flujos de información y producto que en ella se mueven. Adicionalmente, se incluyeron entes externos como entes regulatorios, asociaciones del sector floricultor y alianzas estratégicas que impactan en la dinámica de la cadena. (Oviedo & Rodríguez, 2009, pág. 2)

Las conclusiones más importantes obtenidas por Oviedo y Rodríguez (2009, pág. 2) destacan: la importancia el planteamiento de una metodología de investigación que permita delimitar el análisis a realizar en la cadena de suministro, el resultado de un análisis

macroeconómico que resalta la importancia de la cadena de rosas para la economía colombiana, y la alta existencia de normativa que existe en el sector floricultor.

### **3.2. Pronósticos**

Los pronósticos son una herramienta clave para la planeación dentro de una cadena de suministro ya que proveen información importante sobre la demanda futura. A través de éstos, las cadenas de suministro pueden implementar acciones preventivas, realizar decisiones estratégicas y operacionales. Por esta razón, constituyen una de las grandes herramientas en la gestión de las cadenas de suministro. De aquí la importancia de su estudio práctico y teórico.

Datta et al., (2008, p. 2) dicen que herramientas avanzadas de pronóstico ayudan a mejorar el rendimiento de las cadenas de suministro si se logra un la optimización de ciertos requisitos propios de cada cadena. Así también Datta et al. (2008, p. 2), dicen que los modelos autorregresivos han jugado un papel importante en el desarrollo de pronósticos de inventarios y han sido efectivos especialmente en macroeconomía. En su trabajo, *Forecasting and Risk Analysis in Supply Chain Management*, Datta et al. (2008, p. 2), estudian como la aplicación de métodos avanzados de pronóstico pueden ayudar a un mejor manejo de ser aplicados a cadenas de suministro globales. En el mismo trabajo, Datta et al. (2008, p. 2), señalan algunos de los problemas que se puede tener al aplicar modelos avanzados de pronósticos, así hablan de cómo construir modelos autorregresivos en un ambiente de cadenas de suministro globales, y qué cambios son necesarios para la adaptación de estos modelos en el diseño de una cadena de suministro. También señalan que la precisión de un pronóstico depende del entendimiento profundo y de la cobertura de parámetros, así como la precisión de los datos que se manejen (Datta, et al., 2008, p. 2).

Otro importante punto que se debe tratar en el manejo de pronósticos es la calidad de las predicciones, ya que si no se toma en cuenta puede que los resultados lleven a decisiones incorrectas. En este tema Morlidge (2014, pág. 26) propone la utilización del error absoluto relativo como medición de calidad de pronósticos en la cadena de suministros. Morlidge (2014, pág. 26) también destaca que la utilización de un software que ayude a realizar pronósticos no es suficiente y no garantiza el éxito en los mismos. En el tema Spithourakis, Petropoulos, Babai, Nikolopoulos, y Assimakopoulos (2011, pág. 16) proponen el uso de un modelo de demanda enfocado en la agregación y desagregación intermitente (ADIDA) para la mejora de pronósticos. Spithourakis et al. (2011, pág. 16), utilizan métodos estadísticos de agregación de demanda que ayudan a la mejora significativa a los errores de pronóstico.

Santillán (s.f., pág. 3) dice que existen tres métodos de adaptación a los errores de pronóstico; el primero es la reducción de errores a través de un pronóstico más confiable, segundo es el incremento de flexibilidad en las operaciones y políticas, y finalmente es reducir el tiempo de demora en la realización de pronósticos. Sin embargo, Santillán (s.f., pág. 3) explica que a pesar de las adaptaciones sistemáticas que se hagan a los errores de pronóstico, éstos siempre constituirán una gran parte de cualquier modelo que se utilice; así propone la utilización de la señal de rastreo como un error alternativo a los normalmente utilizados en las organizaciones.

En cuanto a pronósticos en cadenas de suministro de flores, Prakash y Muniyandi (2014, págs. 279-280) proponen un modelo de predicción ARIMA para las flores de jazmín en India. En su trabajo Prakash y Muniyandi (2014, págs. 279-280) dicen que la utilización de un modelo macroeconómico es la mejor forma de pronóstico para la producción de jazmín, y plantean la formulación del modelo a través del entendimiento de la estacionariedad de la demanda y el correcto planteamiento de los parámetros de predicción ARIMA.

No se ha encontrado literatura específica sobre el uso de pronósticos en la predicción de demanda de flores.

### **3.3. Planeación Agregada**

Una de las herramientas que se utilizan en este estudio es la planeación agregada, por lo cual es de gran importancia conocer sus aportes en el campo de la ciencia. Últimamente se ha notado una mayor utilización de modelos de programación matemática para la planificación de las operaciones de la cadena de suministro (Alemany, Alarcón, Lario, & Boj, 2009, pág. 33). La planeación agregada es útil para la toma de decisiones basado tanto en el flujo de materiales como en la capacidad de la empresa (Alemany et al., 2009, pág. 33). Existen diferentes maneras de abordar la planeación agregada de la cadena de suministro, la primera es de forma centralizada y la segunda de forma distribuida (Alemany et al., 2009, pág. 33). Como su nombre lo indica en la forma centralizada se obtiene la información de un sólo lugar o de una sola empresa en global que tiene varias instalaciones, mientras que la distribuida se utiliza cuando se tienen diferentes empresas en los eslabones de la cadena (Alemany et al., 2009, pág. 33). Tomando esto en cuenta el modelo de planeación agregada que se debe utilizar en este proyecto es un modelo de forma distribuida.

La integración de la selección de proveedores con la producción, y el envío de los productos mediante la planeación agregada, puede ser una gran ventaja competitiva ya que permite hacer mejoras mediante la minimización de los costos y aumento de la capacidad respuesta en la cadena (Pal , Chan, Mahanty, & Tiwari, 2010, pág. 2873). Como se menciona la planeación agregada cubre varios aspectos estratégicos y operativos de vital importancia para la toma de decisiones en la cadena de suministro, donde cada uno de estos aspectos merece un alto enfoque en análisis y optimización (Pal et. al, 2010, pág. 2874).

Con estos autores se puede observar que la planeación agregada es de gran ayuda en la cadena de suministro, por lo cual en este estudio también es considerada como herramienta de apoyo para la solución de problemas. Sin embargo, dado que se van a manejar productos perecibles en este proyecto, es necesario conocer los casos en los que la planeación agregada se aplica para este tipo de productos. Revollo y Suarez (2009, pág. 83) realizaron un trabajo de planeación agregada en productos alimenticios, y en su estudio señalan que la “planeación agregada está en la capacidad de proporcionar a la compañía un recurso clave que le ayudará a abarcar una mayor participación dentro del mercado”.

Como parte inicial del proyecto es necesario conocer un buen modelo de pronóstico y escoger bien el horizonte de tiempo, dado que se trata de productos perecederos es necesario que el horizonte de tiempo tanto para el pronóstico como para la planificación sea de mediano alcance (Revollo & Suarez , 2009, pág. 7). En algunas ocasiones la demanda puede llegar a ser muy variable por varios factores que afectan a su comportamiento por lo cual es importante tomar en cuenta varios criterios antes de seleccionar un sólo tipo de pronóstico para la planeación agregada (Revollo & Suarez , 2009, pág. 8).

Revollo y Suarez (2009, pág. 83) mencionan que lo primero a realizarse después del pronóstico es la unidad de planeación agregada, que permita tener un manejo global de lo producido; dado que usan diferentes tipos de frutas en su estudio, éstos prefieren manejar la unidad de kilogramos para que pueda ser utilizados en todas las mediciones de las frutas. Esto indica que las unidades pueden ser adaptadas a la situación específica que se desee resolver. Después, se debe determinar la capacidad, que es importante en la planeación agregada de productos perecibles ya que disminuye el impacto en las variaciones de la demanda (Revollo & Suarez , 2009, pág. 83).

Para Revollo & Suarez (2009, págs. 83-84) existe cinco opciones para controlar la capacidad de una empresa, las cuales se resumen en variar los niveles de inventario, variar la

fuerza laboral, realizar programación de tiempo extra, subcontratar personal y emplear colaboradores de tiempo parcial. Estas cinco opciones deben ser tomadas en consideración de forma importante para el desarrollo de este proyecto, analizando así cuales pueden ser aplicadas para el problema en específico tomado en consideración.

## Capítulo IV: Metodología

Por muchos años se ha buscado el comportamiento de los seres humanos para resolver problemas, indiferentemente el área a la que se refiera (Gómez-Senet, Sánchez, & González, 2000, pág. 71). Es por este motivo, que se han desarrollado un gran número de metodologías para la resolución de problemas. Como se ha mencionado antes, este proyecto de titulación busca realizar una propuesta de integración de la cadena de suministro de flores de exportación. Por lo cual, se ha decidido utilizar un enfoque basado en los procesos lógicos de desarrollo de los pasos conocidos como DMAIC. Los pasos de DMAIC delimitan una estrategia que ayuda al mejoramiento de continuo. DMAIC son cinco importantes pasos a seguir, que son: definir, medir, analizar, mejorar (*improve* en inglés) y controlar (American Society for Quality, 2014).

Es importante resaltar que sólo se han tomado los pasos de DMAIC como un marco referencial para el desarrollo del proyecto, y los autores han realizado una adaptación propia a las necesidades del estudio. Adelante, se analiza brevemente lo realizado en cada uno de los pasos propuestos, éstos serán ampliados con mayor profundidad en los siguientes capítulos de este trabajo.

En este capítulo, se presentan los pasos del DMAIC, de los cuales los autores han partido para crear su propia metodología con el fin de aplicarla en la integración de la cadena de suministro de exportación de flores. Los pasos de la metodología propuesta por los autores son: definición del problema, establecimiento de la línea base, análisis y modelamiento de datos, y aplicaciones prácticas.

Es importante recalcar el hecho de que la metodología DMAIC se utiliza para proyectos de six-sigma. Sin embargo, en este caso específico de estudio tan sólo se utiliza el proceso lógico que propone la metodología, más no las herramientas ni las características



específicas de un proyecto six-sigma. A continuación se presentan dichos pasos y como han sido implementados en el proyecto.

#### **4.1. Definición del problema**

En DMAIC, es usual que en esta fase se cree una visión global del proceso para identificar la necesidades del mismo (Go Lean Six Sigma, 2012, pág. 3). Asimismo, los autores han decidido entender de forma macro la cadena a través de métodos cualitativos como observación directa, entrevistas y encuestas. Es importante mencionar que no se ha utilizado métodos cuantitativos para la definición del problema, ya que no ha existido apertura de información en el medio estudiado.

Existen varios pasos que se deben tomar en cuenta dentro de la definición del problema. Primero, se debe confirmar si el proceso en realidad tiene problemas; para esta fase es importante el acceso a cierta información que certifique el problema existente (Go Lean Six Sigma, 2012, pág. 3). Para esto se hace un análisis de los eslabones de la cadena de exportación al observar el proceso que se ejecuta en éstos. Después, se identifica si el problema es de alto impacto y/o de alta prioridad (Go Lean Six Sigma, 2012, pág. 3).

En este estudio, con el fin de identificar cuál es el problema al que se debe prestar más atención dentro de la cadena de suministro, fue necesario hacer varias entrevistas personales con los altos directivos de los diferentes eslabones que componen la cadena de exportación de flores. Estas entrevistas fueron realizadas en las empresas consideradas las más de mayor posición en el mercado, y en cuáles se tuvo una mayor apertura. Los resultados de las entrevistas serán presentados en el apartado 5.2, donde se han extraído las partes más importantes que se obtuvieron de las mismas. Para determinar el impacto del problema se creó una matriz que resume los problemas encontrados luego de las entrevistas, con ésta se

seleccionó cuál de los problemas es el que requeriría más atención. Finalmente, en el apartado 5.4 se hace referencia al planteamiento del problema.

## **4.2. Establecimiento de la línea base**

El siguiente paso utilizado en el estudio es el establecimiento de la línea base. Este paso es importante ya que en éste se recolectará toda la información necesaria para el estudio. Previamente, en el alcance del proyecto, se determinó en que eslabones de la cadena se va a enfocar el estudio, éstos son las florícolas, las agencias de carga y las paletizadoras. En el desarrollo del establecimiento de la línea base, se definirán y calcularán los parámetros de los eslabones mencionados para los modelos de planeación agregada, los que posteriormente serán utilizados en las aplicaciones prácticas. Cabe mencionar, que también se analizó a las aerolíneas, pero se determinó que debe existir un mayor enfoque hacia los otros eslabones puesto que presentan más problemas.

Una de las características de la etapa medir que han sido utilizadas en la metodología adaptada por los autores, es que no sólo se enfoca en medir la línea base, sino que determina que es lo que ocasiona el problema en sí. Dado que en la etapa de definición del problema, se encuentra que se debe prestar singular atención a la demanda de las flores, se ha decidido implementar un diagnóstico respecto al mercado de éstas, donde se determina en cuál de los tipos de flores, y cuál de los mercados enfocarse con el fin de delimitar el estudio y hacerlo más práctico. Además, se recolectará toda la información necesaria para desarrollar los modelos de pronósticos y el análisis de regresión de la función de demanda.

## **4.3. Análisis y modelamiento**

El siguiente paso en el presente estudio tomará el nombre de análisis y modelamiento. Esta etapa del estudio se enfocará en la utilización de modelos matemáticos para encontrar qué factores pueden afectar a la demanda de flores y hacer predicciones de demanda futura.

La etapa de análisis y modelamiento está vinculada en gran medida a la etapa de establecimiento de la línea base, ya que una vez que se han recolectado la información necesaria, se puede observar el comportamiento de la misma.

Tomando en cuenta las variables mencionadas por los expertos en las entrevistas, se planteará una función de demanda, con la cual se realizarán análisis de regresión. Estos análisis de regresión serán realizados con el fin de encontrar si las variables propuestas pueden o no ser factores que afectan a la demanda.

Asimismo, con el fin de hacer predicciones futuras de demanda, se utilizarán diferentes modelos de pronóstico, de los cuáles se harán comparaciones con el fin de conocer cuál es el que mejor se adapta al comportamiento de la demanda de flores. Los resultados del mejor modelo de pronóstico se utilizarán posteriormente en la etapa de aplicaciones prácticas del estudio.

La utilización de la función de demanda, los análisis de regresión y los modelos de pronóstico se hacen con el objetivo de atacar al problema de la elevada variabilidad que presenta el mercado. Y aunque bien ésta no pueda ser controlada, conocer como puede ser su comportamiento futuro y que factores la afectan permite a las empresas estar preparados y tomar mejores decisiones.

#### **4.4. Aplicaciones prácticas**

Debido a que una limitación que presenta el proyecto, es que no se puede realizar una implementación de los pasos precedentes, se ha decidido hacer aplicaciones prácticas utilizando modelos de planeación agregada como un propuesta para tomar mejores decisiones dentro de la cadena. Los modelos de planeación agregada utilizarán como entrada los pronósticos realizados en el análisis y modelamiento. Además, se hará hincapié en que la

planeación se debe realizar solamente después de analizar los factores que puedan afectar a la demanda tomados de los análisis de regresión.

Las aplicaciones prácticas utilizarán el modelamiento de los datos de la fase previa, con el fin de crear diferentes escenarios que determinen como puede llegar a variar el sistema dependiendo de varios factores, los cuales se especificarán en el modelo. Se considera que este paso es de gran importancia, porque en base a éste se pueden crear las diferentes propuestas de mejora para la cadena de suministro. A su vez, el uso de los modelos de planeación agregada permitirá atacar al problema respecto a la rotación y costo de personal identificados en la definición del problema. Ya que los modelos de planeación agregada, permiten tomar decisiones estratégicas de planeación en fuerza laboral, contratación y producción a los eslabones que decidan utilizar la propuesta.

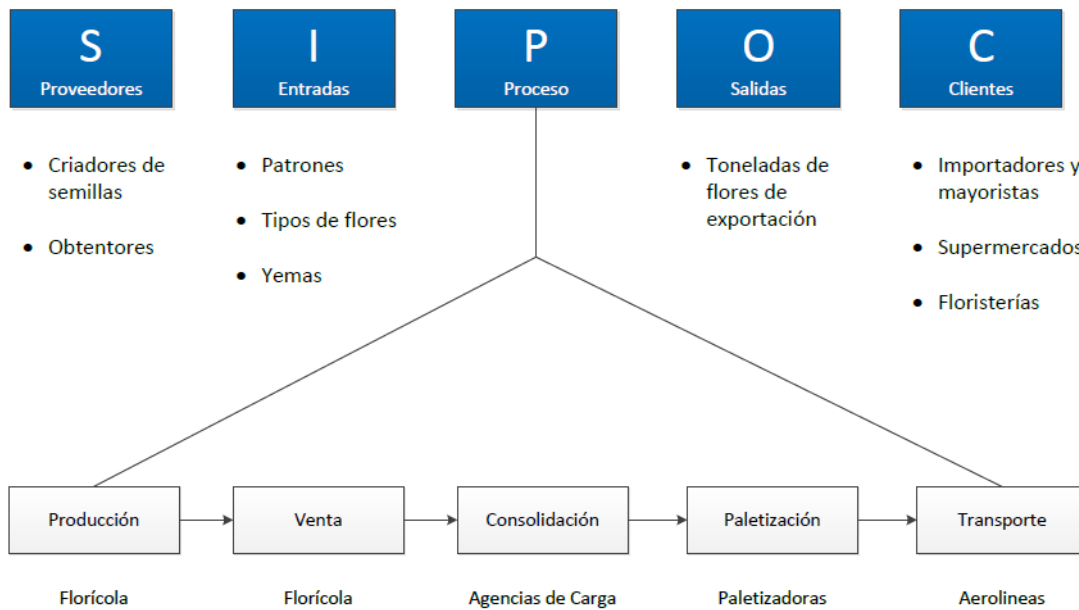
## Capítulo V: Definición del Problema

### 5.1. Diagnóstico de la cadena de suministro

En la metodología, se muestra que un paso fundamental para el desarrollo de un estudio, es definir el problema. Lo primero a realizarse en la etapa de definición es el establecimiento de una visión global del proceso con el fin de lograr un mejor entendimiento de lo que se debe estudiar (Go Lean Six Sigma, 2012, pág. 3). Una de las herramientas comunes utilizadas en la etapa definir es el diagrama SIPOC, el cual ayuda a delimitar las actividades en estudio, y a su vez brinda una estructura para analizar el proceso (Improvement Skills Consulting, 2008).

Existen seis pasos que se ejecutan para crear el diagrama SIPOC, los cuales se resumen a continuación: emparejar el nombre del diagrama con el proceso en estudio; definir los productos que salen del proceso, los clientes del proceso, lo que ingresa al proceso, los proveedores y finalmente los sub-procesos que permiten llevar a cabo la creación de los productos o servicios (Improvement Skills Consulting, 2008). El enfoque para la realización de un SIPOC en una cadena de suministro se aplica de la misma manera.

El objetivo de dar una visión holística del proceso de la cadena de suministro de exportación de flores es poder comprender de manera general el proceso que se da adentro, en el Ecuador. Asimismo se busca sentar bases para el mejor entendimiento de las entrevistas realizadas a expertos y de las encuestas a las florícolas en las siguientes secciones. Es importante recordar que la cadena comprende otros procesos más específicos para cada actor que la compone. Sin embargo, éstos se detallarán más adelante. En la Figura 5.1.1, se muestra el diagrama SIPOC general de la cadena de suministro.



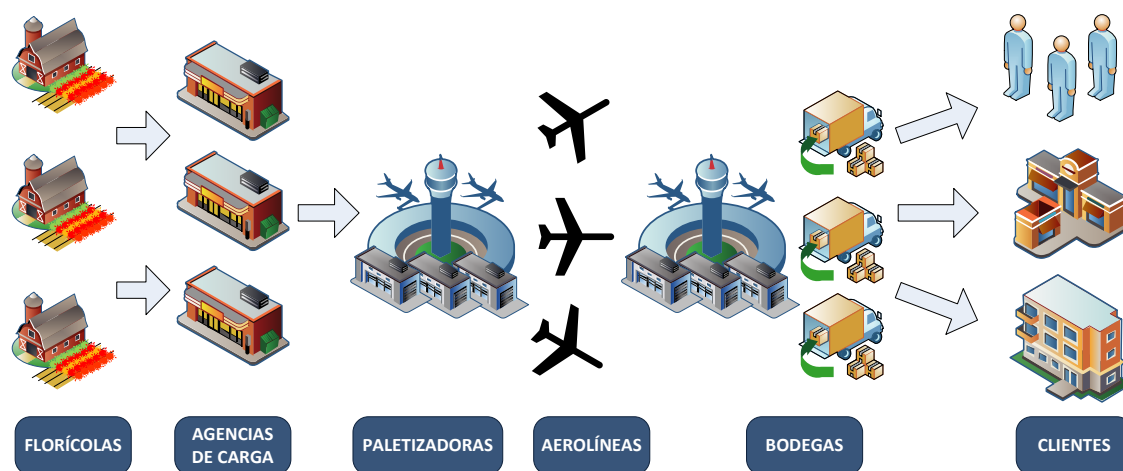
**Figura 5. 1. 1. Diagrama SIPOC Exportación de flores en el Ecuador.**

**Elaborado por los autores.**

Además, en esta sección se profundizará en cuanto a los procesos que se siguen dentro de la cadena de suministro de flores para poder llevarla a mercados internacionales. Primero, se enfatizará en el proceso en general y en el nombramiento de cada uno de sus actores. Además, se mostrará tanto el flujo de información como de producto que se da en la cadena. Segundo, se ahondará en el proceso que sigue cada eslabón escogido para su estudio.

### **5.1.1. Composición general de la cadena**

La cadena de suministro de flores se compone tanto de actores nacionales como de actores internacionales, ya que para cumplir con una orden de un cliente, el producto debe viajar a diferentes destinos dependiendo del mercado. Sin embargo, como se explicó anteriormente, se ha delimitado el trabajo al estudio del mercado de Estados Unidos al ser el más representativo. Basándose en las entrevistas con los expertos, se delimitó la cadena de suministros y sus operaciones. En la Figura 5.1.2., se muestra la composición general de la cadena de suministro hasta cumplir con el pedido de un cliente.



**Figura 5. 1. 2. Cadena de suministro de flores.**

**Elaborado por los autores.**

En general, la cadena está compuesta por cuatro actores que operan a nivel nacional y algunos otros que operan en el exterior como operadores logísticos y bodegas, en donde se encargan de realizar los procesos de aduanas en el destino del producto. En la Figura 5.1.2., se puede observar cómo funciona el proceso en general. La cadena empieza en las florícolas, quienes se encargan de alistar los pedidos hechos por los clientes y entregar el producto en las agencias de carga. Éstas a su vez se encargan de consolidar el producto y transportarlo hasta las paletizadoras. Las agencias paletizadoras se encargan de armar pallets preparados especialmente para caber dentro de los aviones. La paletizadoras son operadores que trabajan en el aeropuerto internacional, y debido a esto, de este lugar es donde las diferentes aerolíneas retiran la carga para transportarla al extranjero. Una vez que la carga llega a su destino, ésta se descarga del avión y otra organización se encarga de hacer los trámites de aduanas en las bodegas. En este punto, la carga se desconsolidada y el cliente es el encargado de ir a recoger directamente la carga o de contratar un servicio logístico que se encargue de la distribución del producto dentro del país de destino. Para motivos de este trabajo, se enfocará únicamente en los actores que operan nacionalmente y en su proceso, por esta razón, de ahora

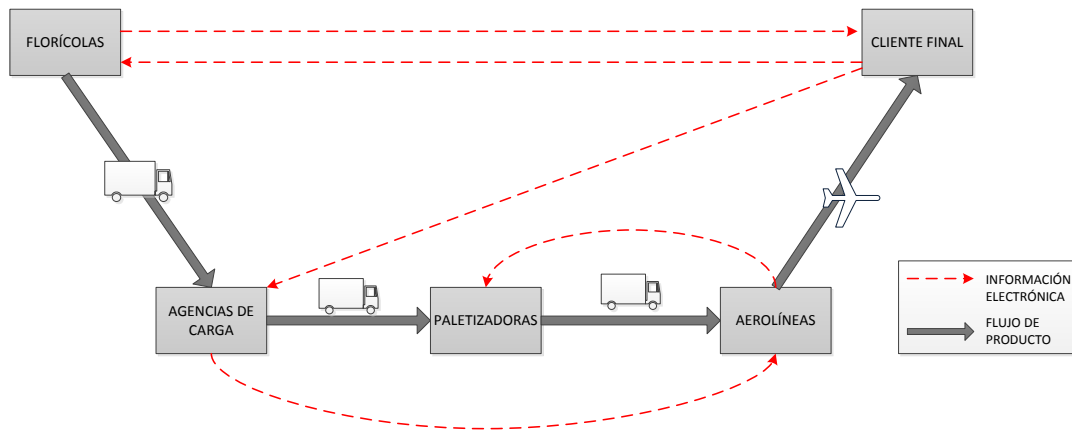
en adelante, se denominará cliente final para indicar los actores en el destino y sus procesos. De esta manera, la composición general de la cadena de suministro involucraría tan sólo a florícolas, agencias de carga, paletizadoras, aerolíneas y cliente final.

El flujo de producto dentro de la cadena de suministro va desde las florícolas, que son las encargadas de la producción, al cliente final, pasando por las agencias de carga, las paletizadoras y las aerolíneas que se encargan de transportar el producto. El transporte de producto entre las florícolas, agencias de carga y paletizadoras se hace por vía terrestre.

El flujo de información resulta ser un poco más complejo. Primero, los clientes finales son los que se encargan de contactar directamente a las fincas florícolas y comprar el producto de su elección. Este primer contacto se hace por vía electrónica. Según Mejía (2014), se hacen ventas por medios como Skype o mensajería instantánea. Una vez realizada la venta y definidos los términos de comercio internacional (se debe recordar que se enfocará en el incoterm FOB), los clientes contactan a las agencias de carga. El rol de estas agencias es realizar todos los trámites documentales para que la carga pueda salir del país. Además, dichas agencias deben hacer las reservaciones de vuelos con las aerolíneas, las cuales reciben información de la cantidad de carga y a qué destino va a ser enviada. En este punto, según la programación de vuelos, las aerolíneas asignan un puesto a la carga. Luego ésta informa a la paletizadora sobre lo que va a tener que paletizar. La información que comparte la aerolínea con la paletizadora comprende los tipos de pallets que tienen que armar con la carga y la hora de salida de los vuelos.

En la Figura 5.1.3., se puede visualizar de mejor manera tanto el flujo de carga como de información dentro de la cadena de suministro y sus actores.

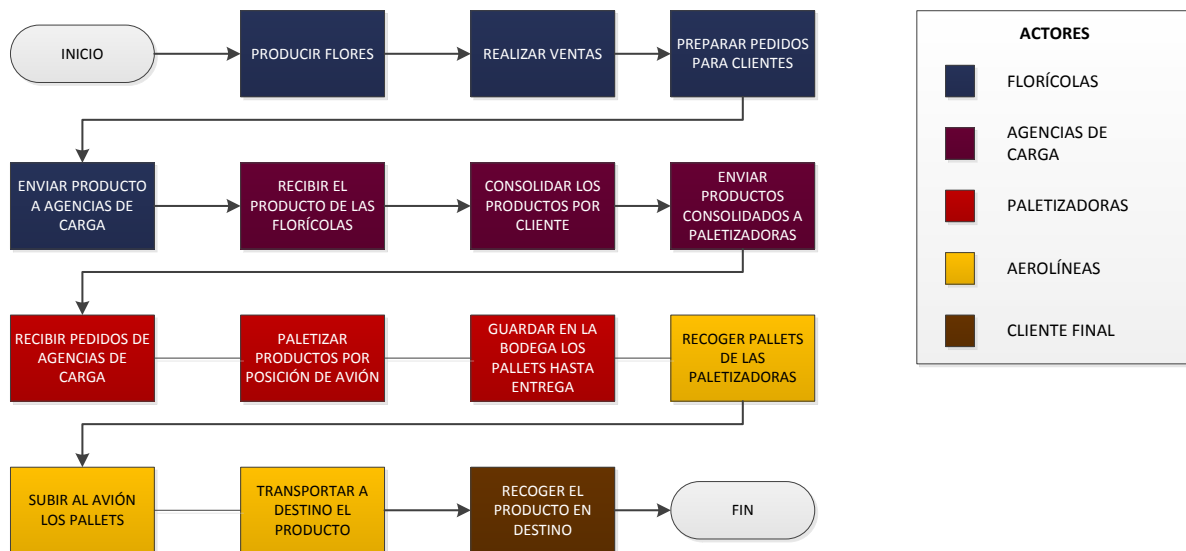




**Figura 5. 1. 3. Flujo de información y producto en la cadena de suministro.**

Elaborado por los autores.

En esta sección se hará una revisión general del proceso que siguen los actores seleccionados para que la carga llegue al cliente final. Sin embargo, en la sección posterior se profundizará en el proceso que cada actor debe seguir. El proceso general de la cadena de suministro se muestra en la Figura 5.1.4. En ésta se ha denotado a cada actor con un color fácilmente identificable. El proceso inicia con el aprovisionamiento de los insumos necesarios para la producción de flores y finaliza en la distribución de flores en destino.



**Figura 5. 1. 4. Proceso general de la cadena de suministro.**

Elaborado por los autores.

Basándose en las entrevistas, se ha decidido enfocar el trabajo tan sólo en las florícolas, agencias de carga y paletizadoras. Esta consideración se ha dado porque se cree que el impacto de las soluciones propuestas va a ser mayor para estos actores. En cuanto a las aerolíneas, debido al tipo de industria y a los avances como empresas, éstas tienen procesos y procedimientos mucho más avanzados, por lo cual han sido descartadas para el enfoque del trabajo. Además, en la entrevista con la aerolínea, se pudo ver que su proceso de gestión y de planificación es mucho más elaborado y mejor estructurado que para el resto de actores.

### **5.1.2. Eslabones**

Como se mencionó anteriormente el trabajo se enfocará en los actores nacionales de la cadena de suministro, específicamente florícolas, agencias de carga y paletizadoras. Es por esta razón que es indispensable conocer con mayor detalle el proceso que tiene cada uno de estos actores. El conocimiento de los procesos ayudará a establecer una línea base con la que trabaja la cadena de suministro actualmente.

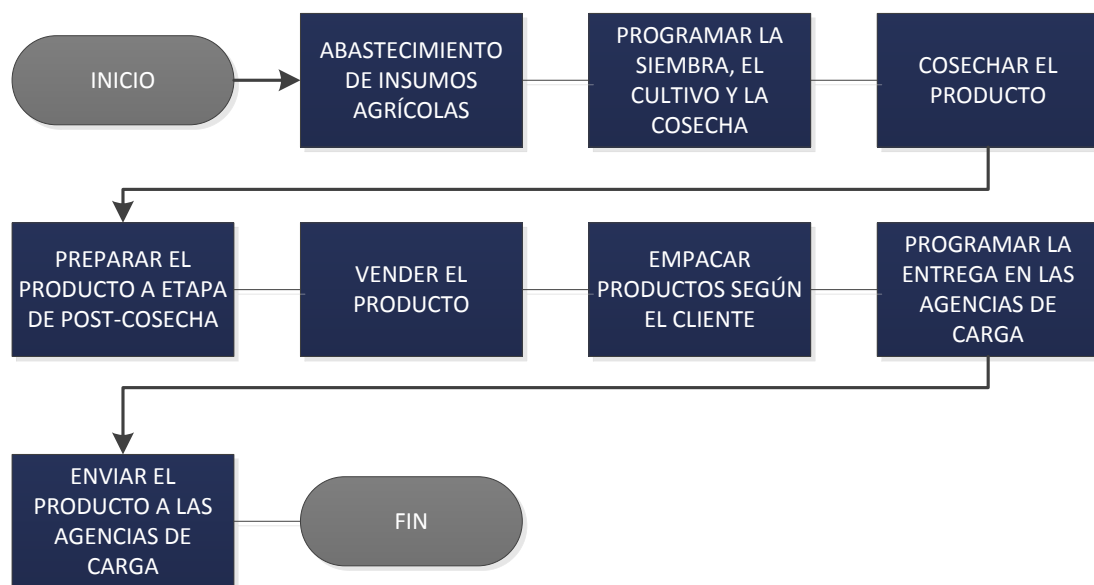
#### **5.1.2.1 Florícolas**

Según datos obtenidos de Expoflores (2007), en el Ecuador existen 629 fincas florícolas, las cuales cuentan con 4218 hectáreas de flores cultivadas en todo el país. La mayoría de la producción florícola se da en la provincia de Pichincha, la cual representa el 71.2% del total nacional, el restante se produce en Cotopaxi, Imbabura y Azuay.

Según Velastegui (2014) la flor ecuatoriana, en especial la rosa, es muy solicitada en los mercados internacionales por su calidad y la cantidad de variedades que se pueden ofrecer. La calidad de la flor que se ofrece en los mercados extranjeros se debe esencialmente al clima, a las condiciones geográficas y del suelo ecuatoriano. Debido a que la flor ecuatoriana ha sido un producto tan cotizado en el mercado internacional, la industria ha crecido de manera significativa. Esto ha llevado a que exista mucha competencia, no es por nada que existen 629 florícolas en todo el Ecuador. El exceso de competencia ha llevado a

que la industria sea muy reservada con la información que se maneja para la producción y las operaciones de cada florícola. Éste ha sido un factor que ha impedido el mejoramiento de la cadena de suministro en general.

Se busca entender de manera general el proceso que siguen las florícolas para la producción. Este proceso empieza con el aprovisionamiento de insumos florícolas y termina cuando se entrega el producto en las agencias de carga. En la Figura 5.1.5., se muestra el proceso general de las florícolas.



**Figura 5. 1. 5. Proceso general de una florícola.**

**Elaborado por los autores.**

Se debe recalcar que el proceso puede variar de florícola a florícola, pero en general, se comporta como de la Figura 5.1.5. La programación de siembras, cosechas y cultivo de sembríos es uno proceso clave para la producción ya que a partir de ésta, se define cuánta producción se tendrá en los meses subsiguientes. La planeación de la siembra presenta una alta complejidad, ya que ésta puede variar entre 15 semanas y 8 meses. Además, las ventas se

realizan simplemente con dos semanas de anticipación, generando así dificultades en la sincronización de la cadena.

Además, están los procesos de cosecha y post-cosecha. Estos procesos son claves para determinar la calidad que tendrán las flores. Como menciona Mejía (2014), si estas etapas no son realizadas de manera adecuada, el producto que se vende al cliente final no va a tener las características requeridas y esto podría representar una reducción significativa en las ganancias de una empresa. El alistamiento de pedidos involucra empacar las flores en cajas dependiendo de los requerimientos de los clientes y la programación de entrega en las agencias de carga. Existen muchos tipos de caja, las cuales se diferencian dependiendo de la cantidad de flores que se envíen. Mejía (2014) señala que la cantidad de distintos tipos de cajas que existen puede ser un gran problema para la cadena, razón por la cual en este trabajo, se enfocará solamente en la caja tipo full. Esta caja es la de mayor capacidad y lleva aproximadamente 250 tallos y pesa unos 16 kilos. Finalmente, el proceso llega a su fin cuando los pedidos son enviados y entregados en las distintas agencias de carga.

Es importante conocer los recursos con los que cuentan las fincas tanto para la producción como para la logística que éstas manejan. Por esta razón, a continuación se dará una visión general de sus recursos. Nuevamente es importante recordar que no todas las florícolas trabajan de la misma manera, por lo tanto pueden tener más o menos recursos que los mencionados. Las florícolas utilizan transporte terrestre para el movimiento de producto hasta la agencia de carga. Usualmente, las fincas poseen sus propios camiones, con los cuáles realizan las entregas. Sin embargo, es posible que en épocas de alta demanda subcontraten transporte para sus productos. En la producción, ellos utilizan recurso humano, tanto para la etapa de cosecha como de post-cosecha. El caso de la producción florícola es bastante particular en la agricultura ya que esta industria utiliza mucho recurso humano.

Según Velastegui (2014) el promedio es de 6 y 9 trabajadores por hectárea, mientras que para otro tipo de producción agrícola, se utilizan entre 2 y 4 trabajadores. En la etapa de post-cosecha, las florícolas utilizan cuartos fríos para alargar el ciclo de vida de las flores. Puede que algunas florícolas, en épocas de alta demanda, alquilen cuartos fríos adicionales con el fin de aumentar su capacidad de almacenamiento. Muchas veces, puede resultar que la capacidad productiva de una florícola no sea suficiente para abastecer la demanda de sus flores, razón por la cual pueden comprar flores a algún competidor con el fin de cubrir sus faltantes y no incumplirle al cliente. Sin embargo éste puede que no sea el caso para todas las florícolas.

#### **5.1.2.2. Agencias de carga**

Las agencias de carga son uno de los principales actores de esta cadena, ya que ellos son los encargados de cumplir con todos los trámites documentales para la exportación de flores. Su función básica es el consolidado de productos. La consolidación consiste en agrupar envíos de diferentes florícolas destinadas a un sólo cliente. Se debe recordar que el cliente final compra las flores a los distintos productores y se encarga de contratar una agencia de carga para que ésta proceda con todos los trámites documentales requeridos para que la flor salga del país. Las agencias de carga también son las responsables de etiquetar cada caja identificando el tipo de flor, la cantidad de tallos, la longitud de los tallos, el peso y el destino final.

El proceso de las agencias de carga comienza con la recepción de pedidos de los clientes en el extranjero y finaliza en la entrega de la carga consolidada en las paletizadoras. En la Figura 5.1.6., se puede ver el proceso general que realizan las agencias de carga. Hay que recordar que cada agencia está sujeta a su propio proceso. Sin embargo en la Figura 5.1.6., se puede observar los pasos generales que éstas realizan.



**Figura 5. 1. 6. Proceso general de una agencia de carga.**

**Elaborado por los autores.**

Entre los principales procesos que realizan las agencias de carga, está la programación de movimientos de carga. Los clientes finales avisan a las agencias qué tipo de carga y de qué finca proviene. Una vez conocida esta información, las agencias deben coordinar con las florícolas la recepción de carga. Las florícolas informan a las agencias cuánto y cuándo han planificado la entrega de carga en sus puertos respectivos. Una vez recibida la carga en las bodegas de la agencia, los operarios deben trasladarla a los cuartos fríos. Una vez que se encuentra dentro de los cuartos fríos, los operarios se encargan de realizar la consolidación de carga. Finalmente, el proceso termina cuando empieza la logística de despacho. En esta fase, se ocupan de trasladar la carga a los camiones que finalmente la llevarán a las paletizadoras en el aeropuerto.

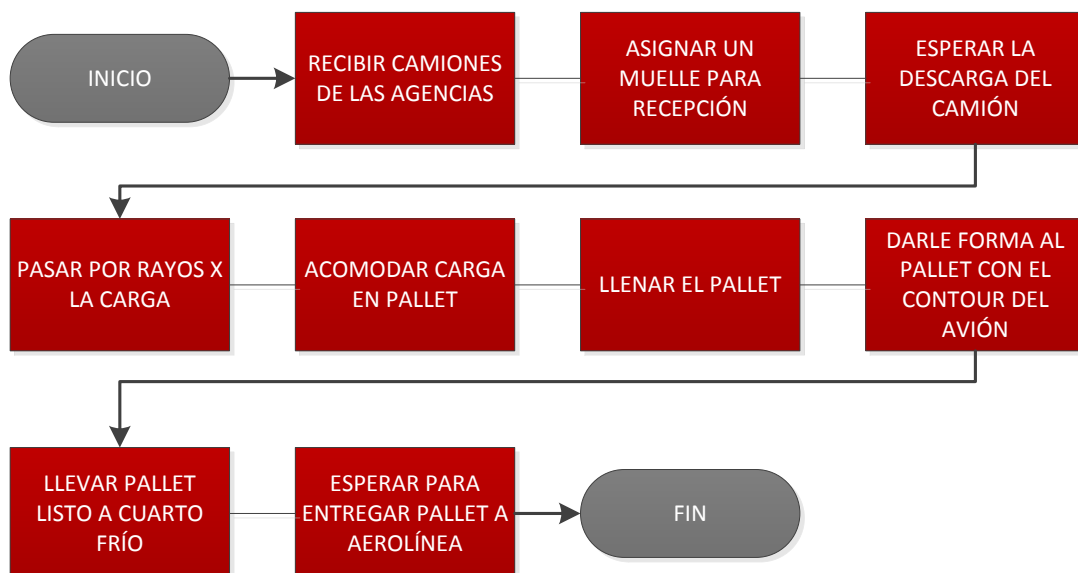
También se presentan los recursos en general con los que cuentan las agencias de carga. Usualmente, éstas poseen una pequeña flota de camiones con los cuales movilizan la carga hasta las agencias paletizadoras. También puede darse el escenario en el que se subcontraten camiones por la alta demanda. Además, para la operación en general, utilizan

cuartos fríos y en épocas de alta demanda, puede que también subcontraten espacio de cuarto frío. Sin embargo, al ser un proceso tan dinámico, es decir la carga en los cuartos fríos permanece muy poco tiempo dentro, este escenario no es muy frecuente.

### 5.1.2.3. Paletizadoras

Las paletizadoras son el último paso por el cual la carga debe pasar antes de subirse a un avión y ser transportada a su destino final. En la actualidad, existen 3 paletizadoras en el Nuevo Aeropuerto de Quito (Vásquez et al., 2014) encargadas de entregar pallets de flores a las aerolíneas. Las paletizadoras son contratadas directamente por las distintas aerolíneas, que usualmente tienen un convenio fijo con una o más de éstas. Las paletizadoras no son más que una bodega en donde la carga se expone a diferentes procesos para poder tomar un vuelo hacia el exterior.

El proceso que siguen las paletizadoras comienza con la recepción de camiones de las agencias de carga y finaliza en la entrega de pallets a las aerolíneas. El proceso se puede visualizar en la Figura 5.1.7.



**Figura 5. 1. 7. Proceso general de una paletizadora.**

**Elaborado por los autores.**

Los camiones que llegan de las agencias de carga son asignados a un muelle en donde se realizará la descarga. Es importante resaltar que por temas de seguridad aeroportuaria, los que realizan la descarga de los camiones son los transportistas de las agencias de carga. La paletizadora cumple una función muy importante de seguridad ya que en ésta se realizan todos los chequeos necesarios para que un producto pueda salir al extranjero. Mientras las agencias van descargando los camiones, los operarios de la paletizadora pasan la carga por una máquina de Rayos X para visualizar su contenido. Enseguida de los Rayos X, se encuentran los operarios quienes realizan la paletización de la carga. La paletización consiste en ubicar la carga de tal manera que entre en el avión. Para este propósito se utilizan contours que delimitan las diferentes posiciones de carga que poseen los aviones. Estos contours son estandarizados para todas las naves. Una vez que se finaliza la paletización y se da la forma del contour, la carga se traslada al cuarto frío en donde espera hasta que un representante de la aerolínea la recoja. Todas las paletizadoras tienen acceso directo a la pista del aeropuerto, ya que ahí es donde se parquearán los aviones para que la carga sea montada.

Debido a que todo el proceso se realiza en un mismo lugar, los recursos necesarios para la operación son menores que para las agencias de carga y florícolas. Entonces, las paletizadoras sólo necesitan de recurso humano y de capacidad de cuarto frío. Al ser nuevas las instalaciones de las paletizadoras, los cuartos fríos tienen la suficiente capacidad para toda la carga que se mueve diariamente.

## **5.2. Entrevistas**

Uno de los principales aspectos de la fase definir consiste en encontrar los requerimientos de los clientes internos y externos para detectar diferentes problemas (American Society for Quality, 2014). Con el fin de saber cuál o cuáles son los problemas principales de la cadena de suministro de exportación de flores, se opta por la realización de



entrevistas ya que con éstas, se pueden reconocer los requerimientos de los clientes internos y se pueden identificar los problemas que éstos han observado en el proceso.

Las entrevistas se realizaron a diferentes directivos de las empresas involucradas, con el fin de conocer su postura en el proceso de exportación que se está analizando. En total se realizan 5 entrevistas: una a cada eslabón mencionado en el apartado 1.2 de alcance, una a la aerolínea LAN y una a la asociación de productores y exportadores de flores. Cada una de las entrevistas fue realizada de manera individual, es decir que las preguntas de cada una de las entrevistas fueron particulares dependiendo de qué empresa era la que estaba siendo entrevistada. Las grabaciones de las entrevistas han sido guardadas en un documento electrónico, el cual está disponible para su sustento. A continuación, se da una explicación y un resumen breve de los principales resultados que se obtuvieron de las diferentes entrevistas.

### **5.2.1. Entrevista florícola**

El objetivo de esta entrevista es entender, desde la perspectiva de un experto, cuál es el rol de una empresa florícola en la cadena de exportación de flores y cuáles son los principales problemas a los que se enfrentan. Para este propósito, la encuesta desarrollada se dividió en cinco bloques de preguntas que buscan extraer toda la información posible. Los bloques de preguntas formulados fueron: personal, empresa, proveedores, clientes e identificación de problemas.

Las preguntas personales buscan profundizar sobre el conocimiento y la experiencia que tiene el entrevistado en su campo. El bloque de empresas tiene como fin proveer un marco de referencia de la empresa en cuanto a sus actividades, estrategias, productos, entre otros. Asimismo, tanto el bloque de proveedores como el de clientes busca conocer la relación que maneja la empresa en cuanto a los actores más cercanos disponibles. Finalmente, la identificación de problemas es un bloque para indagar en cuanto a los problemas que se perciben como florícolas respecto a la cadena de suministro y sus actores. A continuación, se

presenta un resumen de dicha entrevista dirigida a un integrante de la empresa florícola Jumbo Roses.

El entrevistado elegido fue Mario Alberto Mejía, Gerente Técnico de Jumbo Roses. Mejía tiene 28 años de experiencia en la floricultura en Colombia y en Ecuador. En Colombia, trabajó para el Consorcio Agroindustrial Colombiano durante 8 años, de ahí pasó a Ecuador donde lleva trabajando 20 años aproximadamente. En el Ecuador, ha sido gerente de la compañía Flores de la Montaña, gerente del Grupo Flores de la Montaña y hoy en día, pertenece a Jumbo Roses donde ha trabajado 3 años.

Jumbo Roses, fundada en 1996, es una empresa que se dedica a la producción y exportación de flores, específicamente rosas (Mejía, 2014). La compañía tiene una finca de 12.5 hectáreas en Tabicando-Ecuador, donde se dedican principalmente a la producción de rosas, su producto estrella, del cual se producen alrededor de 10 millones de tallos anuales (aproximadamente 30,000 cajas full) en 45 variedades diferentes. Mejía (2014), dice que “la misión es ser una compañía exportadora de rosas para satisfacer los mercados más exigentes de calidad; enfocada, no en el mercado masivo sino en el mercado diferenciado, donde, indudablemente, la idea es tener un producto diferente”.

Mejía (2014) añade que las fortalezas de la empresa radican en la relación consolidada que poseen con los clientes. Relación que se ha centrado en los estándares de calidad que ofrecen, lo que les ha permitido tener un producto más homogéneo y desde el punto de vista armónico, más consistente (Mejía, 2014). Por otro lado, en cuanto a las debilidades de la empresa, según Mejía (2014) existe una falta de penetración en nuevos mercados, siendo Estados Unidos y Rusia los más importantes e imponentes. El problema con estos mercados es que, al ser tan representativos para la empresa, si alguno se ve afectado por algún tipo de amenaza, la empresa indudablemente va a perder (Mejía, 2014). Esto, por ejemplo, ha pasado

con el mercado ruso que se ha visto afectado por la situación política con Ucrania (Mejía, 2014).

Uno de los aspectos claves a averiguar sobre la empresa es la composición y las competencias del personal. La fuerza laboral y el talento humano son una parte esencial para el funcionamiento de las floricultoras, al ser esenciales para la producción agrícola. Mejía (2014) dice que el personal en florícolas debe estar altamente capacitado para asegurar calidad y cumplir las especificaciones que requiere su producto final. Para Mejía (2014), existen dos puntos críticos en los que la mano de obra tiene una influencia directa, el corte y la clasificación de la flor. Por lo tanto, la influencia de la capacitación al personal es un aspecto crucial para la producción de flores, porque sin ésta, los productos presentan cada vez más defectos. Mejía (2014) además menciona que otros factores como mal transporte, mala hidratación o mal empaque también afectan a la calidad del producto.

Mejía (2014), menciona que el mercado en que compite su empresa, el mercado de las flores, es el más volátil en cualquier parte del mundo. Se cuenta con una cantidad enorme de productores que venden los mismos productos a diferentes precios, sin existir ningún tipo de estandarización (Mejía, 2014). Los precios de las flores pueden variar de un productor a otro de \$0.70 a \$0.30 dólares el tallo (Mejía, 2014). “El margen de cada compañía es totalmente diferente y depende básicamente de una estrategia comercial y del tipo de cliente que está manejando” (Mejía, 2014). Además, muchos países han desarrollado sus industrias florícolas, lo que ha llevado a que exista más competencia (Mejía, 2014).

Otra característica que presenta el mercado de flores, además de la competitividad, es su estacionalidad (Mejía, 2014). Existen tres fechas importantes en las que aumenta la producción y la demanda, la primera San Valentín, en febrero, luego el Día de la Madre, en mayo, y finalmente el Día de la Mujer celebrado en marzo (Mejía, 2014). Existen otras fechas importantes pero en general, el resto del año, la demanda para las florícolas permanece

constante (Mejía, 2014). En cuanto al producto, las características que se buscan en el mercado son flores que estén exentas de plagas cuarentenarias, que sean consistentes desde el punto de vista físico y armónico, que cumplan con las especificaciones de largo de tallo y ancho de botón (Mejía, 2014).

La exportación de flores se hace mediante cajas de diferentes tipos y tamaños. Mejía (2014) dice que la variedad de cajas que existe para el empaque de flores es otro de los problemas con los que se enfrenta la industria. El problema de las cajas se ha dado por la relación estrecha que tiene la industria con las aerolíneas de carga, ya que éstas han incrementado los costos de los fletes (Mejía, 2014). Nuevamente, existe una falta de estandarización de los floricultores en este punto.

Para Mejía (2014), la composición de la cadena de suministro de flores empieza con la florícola que entrega las flores en una agencia de carga, la cual a su vez, consolida la carga y la entrega a las agencias paletizadoras, que es donde las aerolíneas montan la carga a los aviones. Luego, la carga viaja a su destino, donde una empresa se encarga de los trámites de la aduana y pasa la carga a una bodega donde se desconsolida (Mejía, 2014). En ese punto, se pueden dar dos eventos; el cliente puede recoger su carga directamente o se contrata una empresa que se encargue de la logística de repartición a los puntos finales de venta (Mejía, 2014). En el caso de Europa, debido a la cantidad de destinos, la carga llega un aeropuerto principal como Ámsterdam y de ahí coge las diferentes rutas a otros países donde se efectúan los pasos antes descritos (Mejía, 2014).

En cuanto a los incoterms que se utilizan para exportación de flores, principalmente hay dos CIF y FOB (Mejía, 2014). Sin embargo, en el Ecuador, el término más utilizado es el FOB. Además de los términos de negociación, algunos clientes exigen crédito de pago y algunos piden los certificados contra plagas (Mejía, 2014).

El principal problema percibido por Mejía (2014) en la producción y exportación de flores es en la rotación de personal, debido a la variabilidad de la demanda. La rotación de personal implica un incremento significativo de los costos de producción asociados a la capacitación del personal (Mejía, 2014). El hecho de que la demanda de flores sea estacional implica incrementos en la demanda en las fechas ya mencionadas, lo cual significa un aumento de producción y necesidad de personal capacitado (Mejía, 2014). La consecución de la capacitación, como dice Mejía (2014), es un objetivo difícil de lograr ya que se cuenta con menos tiempo del requerido para lograr una calidad consistente en los productos que se ofrecen.

Un gran referente de información de la exportación de flores en el Ecuador es Expoflores (Mejía, 2014). Expoflores son el gremio de exportadores de flores y trabajan para el mejoramiento de la industria floricultora del Ecuador (Mejía, 2014). La organización cuenta con diversas estadísticas de producción y exportación de flores (Mejía, 2014).

### **5.2.2. Entrevista Agencia de Carga**

La agencia de carga con la cual se trabajó durante el desarrollo del proyecto solicitó que se mantuviera su identidad en anónimo dado que la información que ésta maneja es muy delicada para el desarrollo de sus operaciones. Por este motivo, se cambia el nombre de la empresa y se le hará referencia como Consolida EC.. En esta agencia, también se llevó a cabo una entrevista con la finalidad de identificar los principales problemas que se presentan en la empresa y la cadena de suministro.

Las preguntas para esta entrevista se clasificaron en tres categorías: preguntas del proceso general de consolidación de carga, técnicas para la planeación y control de la producción, y finalmente, problemas internos y de la cadena de suministro.

En cuanto a las preguntas del proceso en general de consolidación de carga, se pide a los ejecutivos una breve explicación de las funciones que realiza la empresa en la cadena de

suministro de exportación de flores. Esta explicación se resume a continuación. El cliente final es el que se encarga de comprar la flor y de contratar a la agencia para que se transporte la flor hasta su destino final. La agencia contrata espacio en los vuelos de las aerolíneas, quienes a su vez contratan los servicios de las paletizadoras para el manejo de su carga. Las florícolas entregan sus cargas en las agencias, las cuales se ocupan de consolidar la carga. Una vez que la carga ha sido consolidada, pasa a otro proceso donde se paletiza y es preparada para subir al avión, este proceso lo realiza la paletizadora. La responsabilidad de la agencia de carga desde el Ecuador termina cuando la carga es entregada en la paletizadora, pero una vez que la carga es desaduanizada en el país destinatario es responsabilidad de la agencia el llevar la carga hasta el cliente final.

Dado que un factor importante en el manejo de la cadena de suministro es la planeación de las actividades de producción y distribución, se decidió aumentar preguntas que permitan identificar qué tipos de controles se dan para la toma de decisiones y la planeación que se utiliza en la empresa. Los ejecutivos de Consolida EC, mencionan que no existe ningún sistema que permita tener una planeación de la producción ya que la demanda que se maneja en este mercado de flores es muy variable, por lo cual ni siquiera se ha intentado realizar pronósticos con la demanda. Así mismo, estos ejecutivos concuerdan que existe cierto conocimiento empírico sobre la demanda, ya que existen épocas del año identificadas en las que se eleva la producción como son San Valentín, el día de la madre, entre otros. El objetivo actual de los ejecutivos de la empresa es lograr tener un análisis más profundo de su demanda para poder tener un mejor control de las decisiones y ser más flexibles ante una situación inesperada.

Por otra parte, también se pregunta a la empresa si ésta cuenta con algún sistema para la gestión de calidad, un sistema que maneje el flujo de la información y finalmente un sistema que maneja los recursos internos y los clientes. En cuanto al sistema de control de

calidad, los ejecutivos de la empresa supieron indicar que no se maneja ningún sistema por el momento. Por otro lado, el sistema de información que se ocupa es muy bueno ya que permite tener la información de una manera más rápida y efectiva, puesto que se usa código de barras, el cual transmite la información a la agencia y a la paletizadora. Para lo que corresponde al manejo de recursos y clientes, los ejecutivos de Consolida EC, señalan que simplemente se maneja un sistema interno que va retroalimentando la información, pero que no se maneja ningún tipo de ERP o CRM.

Para cerrar la entrevista, las preguntas realizadas hacían referencia a los problemas internos de la empresa y cuáles han sido los errores que ellos han identificado a través de la cadena de suministro. Para los altos ejecutivos de Consolida EC, internamente el problema que representa mayor costo para la organización es la elevada fuerza laboral, ya que es complicado planificar la rotación del personal de tal manera que se obtenga una mayor eficiencia. Los ejecutivos mencionan que disminuir el número de operarios permite reducir varios costos que van de la mano con la cantidad de personal. Un problema que se observó al momento de realizar la entrevista con Consolida EC, es que la comunicación que existe entre la florícola y la agencia de carga es muy escasa. Estos eslabones, por ser ambos proveedores del cliente final, deberían tener un flujo de información muy elevado para coordinar de la mejor manera la consolidación de los clientes. Los ejecutivos de Consolida EC comentan que las florícolas son muy reservadas con su información, con lo cual es complicado crear un vínculo que permita una mejor colaboración entre las partes.

### **5.2.3. Entrevista NOVACARGO S.A.**

La paletizadora es un eslabón esencial en la cadena de suministro de exportación de flores puesto que por ésta pasa cualquier tipo de mercancía que va a ser enviada fuera del país. Por este motivo, se decide realizar una entrevista con los ejecutivos de la empresa

NOVACARGO S.A., específicamente con el gerente general Rolando Vásquez con la participación de Marco Torres, contador general, y Juan Velasco, gerente de operaciones.

El objetivo de esta entrevista es conocer mejor a la empresa para definir sus problemas a ser estudiados en el proyecto. Esta entrevista fue realizada de manera que cubriera tres temas específicos: los aspectos generales que permitan limitar el estudio, los problemas internos que se presentan en la empresa, y los controles que se realizan para la planeación de producción y recursos.

Las preguntas enfocadas en limitar el estudio tratan de los productos que pasan por la paletizadora. Respecto a la diversificación de productos que son paletizados en esta empresa, se maneja un 90% de flores, un 5% de carga seca y un 5% de pescado (Vásquez, Torres, & Velasco, 2014). Esta información permite certificar que debe ser realizado un estudio en el área de las flores, por lo cual el rumbo de la entrevista sigue por este camino.

El siguiente bloque de preguntas se refiere a los problemas que se presentan en la empresa, ya sean internos o con la cadena de suministro. Vásquez et al. (2014), mencionan que el mayor problema que se presenta es el control de la fuerza laboral ya que en épocas de picos altos, es necesario contratar a una gran cantidad de personas, mientras que en épocas regulares existen muchos tiempos muertos, por lo cual se tiene a personas que no realizan ninguna actividad. Vásquez et al. (2014) mencionan también que los costos de no poder controlar la cantidad de personal son elevados, dado los diferentes servicios que se deben pagar por cada uno de los operarios. Otro de los problemas que se presentan comúnmente en cualquier empresa, son los cuellos de botella y esta empresa no es la excepción. Vásquez et al. (2014) indican que la mala programación de arribo de camiones ocasiona que los muelles de recepción de carga se saturen y se cree una fila de camiones en espera de descargar sus mercancías en la paletizadora.



Una vez conocidos los problemas, se decide realizar preguntas sobre los controles que se dan en la producción, así como controles sobre los problemas identificados. La existencia de picos altos y bajos en la demanda implica una variación de la demanda, lo cual implica realizar preguntas al respecto. Vásquez et al. (2014) señalan que no existe un análisis sobre el comportamiento de la demanda, también mencionan que la manera de enfrentarse a la variación de esta demanda es mediante un presupuesto que se tiene planeado dependiendo de la época del año a la que se refiera. El mercado de las flores tiene varios factores que pueden afectar su producción y su compra, por lo cual, es complicado determinar la cantidad de flores que se van a enviar en un corto, mediano, y peor aún, en un largo plazo, lo cual no permite tener una planeación adecuada en cuanto a la producción y al recurso humano.

Un problema identificado previamente es el de la errónea programación respecto del arribo de los camiones a la paletizadora. Vásquez et al. (2014) mencionan que éste es un problema que se ha dado en este negocio durante mucho tiempo ya que las paletizadoras dependen de las agencias y éstas dependen de las florícolas, las cuales dependen a su vez de sus ventas para hacer las entregas en las agencias. La equivocada planeación para el arribo de camiones se da por la variación que existe en la demanda de flores, pero a su vez influye la documentación que se debe diligenciar puesto que son varios los controles para la exportación de productos (Vásquez, Torres, & Velasco, 2014). Los resultados de los problemas más críticos son presentados en el apartado 5.2.6., donde se presenta la matriz de problemas entre los eslabones de la cadena de suministro.

#### **5.2.4. Entrevista LAN**

La aerolínea es una de las empresas involucradas en la cadena de suministro que se quiere mejorar, por este motivo se decidió hacer una entrevista a la aerolínea LAN. El objetivo de esta entrevista fue enfocado en conocer el funcionamiento que tiene la aerolínea con el resto de eslabones, las relaciones y los problemas que surgen entre los mismos. Se

entrevistó a María Rosa Rodríguez, quien ocupa el cargo de Jefe de operaciones de carga de la empresa LAN.

La entrevista comienza con un bloque de preguntas que buscan aclarar el funcionamiento de la aerolínea respecto a la carga y a las fallas que se encuentren de forma interna en el proceso. Seguidamente se toca el tema del flujo de materiales y de información que se maneja entre empresas así como su rendimiento. Dado que el objetivo global de las entrevistas es determinar cuáles son los problemas de la cadena, se termina con una serie de preguntas orientadas a identificar los problemas percibidos por la aerolínea respecto de las otras empresas.

En el primer bloque de preguntas Rodríguez, explica el funcionamiento de la aerolínea respecto al proceso de exportación de flores. Las florícolas realizan sus ventas de manera directa con el cliente final, el cual se encargan de contratar un agencia de carga para el manejo de la misma; la agencia es quien reserva puestos a las aerolíneas para enviar las cajas de flores en los vuelos (Rodríguez, 2014). Una vez que se conoce la cantidad de cajas a ser enviadas, se determina el número de aviones que se necesitan y se planifica todo lo respectivo a la realización del vuelo como documentos y permisos de exportación, también se planifica las horas de anticipación que debe tener el vuelo y la contratación de los servicios necesarios para el vuelo de carga (Rodríguez, 2014).

Las fallas internas que se presentan en la aerolínea también fueron parte del primer bloque de preguntas. Entre los problemas internos de la aerolínea, se puede mencionar que el hecho de que el negocio no sea itinerante, es decir que no se cumpla con un itinerario estricto, hace que se desprograme lo que ya se tenía planeado para un determinado vuelo (Rodríguez, 2014). Cada vez que es necesario reprogramar un vuelo, se incurre en costos, ya que algunos de los servicios deben ser contratados nuevamente; de igual manera, se puede evidenciar un aumento en los tiempos de demora cuando se tiene una reprogramación (Rodríguez, 2014).

Respecto al flujo de información y de material, no se han presentado problemas graves, lo que se ha podido identificar es el retraso de las guías, lo cual en ocasiones provoca el retraso de los vuelos pero no implica un problema de gran impacto (Rodríguez, 2014). Respecto al flujo de material, se mencionan los problemas que se dan con el manejo del mismo pero se explica en breve con los problemas de los eslabones. LAN controla sus procesos internos y externos mediante indicadores de producción que permiten tener una mejor idea del comportamiento de cada una de las áreas, permitiendo identificar en que zonas se producen los retrasos o fallas del proceso (Rodríguez, 2014). Para esta empresa es de gran importancia mantener monitoreados sus procesos, ya que pequeñas fallas pueden generar grandes costos y demoras en toda la planeación, por este motivo se presta gran atención a los indicadores y se mantienen bajo control a los mismos.

Finalmente se llega al bloque de preguntas que buscan identificar los problemas a través de toda la cadena de suministro en relación al punto de vista de la aerolínea. Existen pocos problemas con las florícolas, ya que con éstas es con las que menos contacto se tiene, ya que como se explica antes éstas realizan sus tratos con la agencia y ésta contrata los puestos en vuelos de las aerolíneas (Rodríguez, 2014). Sin embargo, cabe mencionar que por el hecho de que las florícolas usen una gran cantidad de cajas para los diferentes tipos y tamaños de producto, el manejo de productos se complica en comparación a que se use un número menor de cajas (Rodríguez, 2014). A su vez, existen ocasiones en las que las florícolas empacan mal las flores, abusando del espacio que tienen las cajas, es decir que sobrepasa la capacidad de las cajas y tratan de empacarlas a como dé lugar (Rodríguez, 2014).

Dado que la agencia de carga es el eslabón con el que se realiza la negociación de los puestos y se maneja un elevado flujo de material e información, es de esperarse que surjan inconvenientes entre este eslabón y la aerolínea. Rodríguez (2014) señala que uno de los

principales problemas que se dan con la agencia de carga es el maltrato de las cajas, dado el elevado volumen de material que se procesa a diario en las agencias de carga. En algunas oportunidades los errores se dan en el proceso de pesaje de las cajas que pueden ser ocasionados por varios factores, por lo cual sería de gran ayuda que la agencia mejore sus controles (Rodríguez, 2014).

La aerolínea es la encargada de contratar los servicios de la paletizadora con el fin de manejar las cargas que serán enviadas en los aviones. Al igual que con los eslabones anteriores, existen problemas entre la bodega y la aerolínea. Rodríguez (2014) indica que uno de los problemas que se dan en la paletizadora viene de la mano con uno de los problemas antes mencionados; la repaletización genera caos en las paletizadoras, ya que no existe un procedimiento establecido para la repaletización de las cargas y suele existir pérdida de cajas. Otro problema que afecta el proceso es que se notan picos en cuanto al rendimiento de los operarios ya que ciertos fines de semana, en los indicadores que se manejan, se nota la diferencia y esto se da por la variación de turnos y demuestra que algunos operarios están mejor preparados que otros (Rodríguez, 2014).

Éstos son los principales problemas que se presentan en una aerolínea. Para tener una visión más gráfica de los problemas, se presenta en el apartado 5.2.6 una matriz que resume los problemas existentes entre los eslabones.

### **5.2.5. Entrevista Expoflores**

La siguiente entrevista se realizó a uno de los expertos en logística de la Asociación Nacional de Productores y Exportadores de flores del Ecuador, Expoflores. El objetivo de esta entrevista es conocer cuál es la perspectiva de una organización promotora de la industria de flores respecto a la cadena de suministro de flores y los problemas que presenta la misma. La entrevista se dividió en tres bloques de preguntas respecto a la experiencia profesional del entrevistado, acerca de Expoflores y sobre la cadena de suministro que promueve.

En el primer bloque, se desarrollaron preguntas personales al entrevistado respecto a su experiencia en la industria florícola. En el segundo, se hicieron preguntas para conocer más a fondo la labor de Expoflores y su rol en la industria florícola ecuatoriana. Finalmente, en el tercer bloque, se desarrollaron preguntas sobre la perspectiva que tiene la cadena de suministro y las oportunidades de mejora que se pueden presentar. El resumen de la entrevista se muestra en los subsiguientes párrafos.

La entrevistó a Arturo Velastegui, Gerente de Logística y Comercio Exterior de Expoflores. Velastegui (2014) lleva 15 años trabajando para la asociación y es el encargado de gestionar la logística de la organización. Según Velastegui (2014), Expoflores es un gremio que se encarga de agrupar a los productores y exportadores de flores bajo un sistema organizado y busca beneficios y mejoras para el sector florícola (Velastegui, 2014). Expoflores además produce la revista Flor Ecuador, que brinda información sobre el sector dentro y fuera del país (Velastegui, 2014).

El principal producto florícola del Ecuador es la rosa, de la cual se ofrecen aproximadamente 450 variedades, cuando en Colombia sólo se producen alrededor de 100 variedades (Velastegui, 2014). Además de rosas se producen también gypsophilas, crisantemos, clavel, hypericum, una gama amplia de flores de verano, follajes y pocas flores tropicales (Velastegui, 2014).

En cuanto a la cadena de suministro, Velastegui (2014) dice que los principales actores en Ecuador son: proveedores de insumos, florícolas, transportistas terrestres, agencias de carga, líneas aéreas y paletizadoras. Velastegui (2014) explica además el proceso de la cadena de suministro. Éste comienza con la producción de flores en las fincas. Luego de la producción, las flores se ofertan en el mercado internacional y se coordinan las ventas con los clientes (Velastegui, 2014). Una vez realizada la venta, la carga para exportación se entrega a las agencias de carga (Velastegui, 2014). Éstas son las encargadas de hacer la consolidación

del producto y reservar vuelos con las aerolíneas (Velastegui, 2014). La carga entonces se desplaza al aeropuerto, en donde las agencias la dejan en un paletizadora (Velastegui, 2014). Una paletizadora es la encargada de hacer chequeos antinarcóticos, pesaje, paletizaje y bodegaje hasta la subida de la carga al avión (Velastegui, 2014). Al llegar a su destino, la carga baja del avión y pasa por los trámites de aduanas en bodegas (Velastegui, 2014). En este punto, el importador es el que se hace cargo de la flor y se encarga de hacer la distribución del producto de la manera que le convenga (Velastegui, 2014). Para la exportación, se deben cumplir con los trámites de aduana correspondientes y contar con las certificaciones de la Agrocalidad (Velastegui, 2014). En Ecuador el incoterm más utilizado es el FOB, en un 95% según Velastegui (2014).

Existen algunos problemas entorno a la industria. El primero que afecta la operación, constituye todos los trámites burocráticos con diferentes entidades por cumplir para poder producir (Velastegui, 2014). El siguiente problema está en los costos de exportación (Velastegui, 2014). En Ecuador, las tarifas aéreas son altas y representan un costo significativo para los exportadores de flores; en contraste, Colombia tiene unos precios más bajos de transporte aéreo, lo cual hace que se tenga una desventaja competitiva (Velastegui, 2014). Otro de los grandes problemas que se tiene en la parte operativa, es el costo de la mano de obra (Velastegui, 2014). Se utiliza mano de obra intensiva para la producción de flores, con alrededor de once o doce personas por hectárea sembrada; que comparado con otros productores agropecuarios, donde se utilizan dos o tres personas, es bastante alto (Velastegui, 2014). Asimismo, un problema de la floricultura en algunos países, es que esta industria se maneja en base a la confianza, no existe mucha formalidad en cuanto a ventas (Velastegui, 2014). Para Velastegui (2014), los principales factores que afectan la demanda son: la competencia con Colombia, el clima, situaciones políticas y económicas de los países compradores.

Uno de los retos que se tiene en la cadena de suministro es contar con información precisa para hacer análisis (Velastegui, 2014). Velastegui (2014) dice que Expoflores, busca que la información y su flujo sean más efectivos desde el exportador (Velastegui, 2014). No se cuenta con tendencias de los mercados importadores de flores, ni con pronósticos de demanda (Velastegui, 2014). En sí, la variabilidad de la demanda genera complicaciones para hacer proyecciones futuras acerca de la industria florícola (Velastegui, 2014).

### **5.2.6. Análisis de resultados**

Una vez que se han concluido las entrevistas, es necesario realizar un análisis de los resultados, lo cual permite especificar un problema en el cual enfocarse para el mejoramiento de la cadena de suministro de flores. Para esto primero, se resume los datos y después se analiza los problemas más sobresalientes.

#### **5.2.6.1 Matriz de resultados**

Una forma más sencilla de ver los resultados de las entrevistas se puede dar por medio de una matriz, la cual resume cada uno de los problemas identificados por los diferentes autores de la cadena. En esta matriz se ubica la cadena de suministro desde las florícolas hasta el cliente final. En la parte superior de la matriz se encuentran los actores que ocasionan el problema, y en la parte lateral izquierda se presenta a los actores perjudicados por dicho problema. Esta matriz puede ser observada en el Anexo A.

En esta matriz, se pueden observar varios problemas, de los cuales la mayoría están relacionados con la fuerza laboral de la empresa. Tanto los problemas internos de la florícola, como la agencia y la paletizadora, señalan que la elevada rotación de personal y sus costos son problemas muy graves según las entrevistas previamente analizadas. A su vez, la capacitación del personal es un problema identificable internamente en la florícola, y éste es

uno de los principales inconvenientes que la aerolínea exige a la paletizadora que sean mejorados.

Otro problema que se puede observar de forma interna en cada eslabón y con los otros eslabones, es la variabilidad que implica el mercado de las flores y el poco estudio que se ha realizado sobre el mismo. Conocer el comportamiento del mercado es de suma importancia para la toma de decisiones, razón por la cual la falta de algún sistema para su predicción representa un problema considerable.

### **5.3. Encuestas a florícolas**

#### **5.3.1. Elaboración de la encuesta**

Al ser la flor el motor de la industria, los productores indudablemente son uno de los actores más importantes, sino el más importante. Por esta razón, se busca saber cuál es la perspectiva de las empresas dedicadas a la producción de flores en cuanto a la cadena que conforman

Todas las preguntas desarrolladas en la encuesta se basan en los resultados encontrados en la sección 5.2. Entrevistas. En ésta, se identificaron los principales problemas mencionados en las encuestas, y que también son considerados más relevantes y cuyo impacto es más alto en la industria. Además, se escogió este actor específico, debido a que existen 629 fincas florícolas en el Ecuador, y la recolección de información se facilita bajo el modelo de encuesta (Castro, 2014).

La encuesta se realizó en formato electrónico con la ayuda de Qualtrics (proveedora de tecnología para encuestas). El link se mandó a 142 floricultores miembros de Expoflores vía mail, de éstos, rebotaron 46 y se obtuvieron 8 respuestas. La razón de tener un índice de respuestas de 8.33%, el cual es significativamente bajo, es que el sector florícola es tan competitivo, como lo dijo Mejía (2014), que los productores son reservados en cuanto a



compartir información. Por lo tanto, no se tuvo mucha apertura de parte de los encuestados. A pesar de esto, los resultados obtenidos ayudan a la identificación de los problemas de la cadena de suministro.

La encuesta se dividió en tres secciones. En la primera sección, las preguntas buscan obtener información general acerca de la empresa encuestada. Para este propósito, se utilizaron preguntas abiertas acerca del nombre de la empresa, los años de experiencia en el mercado y sobre su principal producto de exportación.

La segunda sección busca el entendimiento de problemas que tiene la cadena de suministro. Esta sección se hizo bajo el modelo de calificación de ranking, en el cual los encuestados deben numerar del 1 al 5 (siendo 1 el valor más importante o de mayor afectación), según su experiencia, cuál es el principal problema logístico, de costos y de producción. Además, se incluye un apartado en el cuál, los encuestados pueden anotar algún otro tipo de problema que se debe tomar en consideración y no se ha sido mencionado. No se busca profundizar en el análisis estadístico de resultados con ranking, razón por la cual el análisis de resultados se hace en base a estadística descriptiva.

Finalmente, en la tercera sección, se busca que los encuestados brinden una calificación del resto de actores en la cadena y su interacción en la misma. Para este propósito, se utiliza una escala Likert de cinco puntos de calificación por rating, en el cual los encuestados deben calificar una serie de afirmaciones de acuerdo a su percepción. El modelo de la encuesta se presenta en el Anexo B.

### **5.3.2. Análisis de resultados**

Los resultados de la encuesta fueron analizados con estadística descriptiva con el fin de encontrar el problema que más afecta a las florícolas. Los encuestados tienen un promedio de 16 años de experiencia en el mercado y dentro de un rango de 3 a 25 años. La mayoría de fincas se encuentra en la provincia de Pichincha, en sectores como Cayambe y Tabacundo.

## Identificación de problemas

En esta sección, se analizaron los datos de la escala de ranking con estadísticas descriptivas. Se le asignaron pesos de 10, 8, 6, 4, y 2 a cada punto en la escala del 1 al 5 respectivamente. Los pesos se multiplican por el conteo que asignado por los encuestados a cada problema. Así, por ejemplo, si el conteo para un problema ha sido de dos veces 1 y una vez 2, su calificación sería 28 ( $2 \times 10 + 1 \times 8$ ).

En cuanto a los problemas de producción, los que se clasificaron fueron rotación y capacitación de personal, cobros, variación en la demanda, tiempos muertos y falta de suministros de producción. La clasificación de problemas por importancia resultante se muestra a continuación.

**Tabla 5. 3. 1. . Ranking de los problemas de producción.**

**Elaborado por los autores.**

PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN		
Ranking	Descripción del problema	%
1	Variación en la demanda	25.00%
2	Rotación y capacitación de personal	21.67%
3	Tiempos muertos	21.66%
4	Cobros	20.00%
5	Falta de suministros de producción	11.67%

Otro problema que fue mencionado por los encuestados fue la variación en la producción debido a factores externos, en específico el clima y sus variaciones. Se puede observar que los floricultores piensan el problema que afecta a la producción más sustancialmente es la variación en la demanda. En la segunda y tercera posición se encuentran los problemas de rotación y capacitación de personal y los tiempos muertos. Esto

puede denotar que existe una dificultad en la industria para la planeación de las actividades que competen a la producción.

Los problemas logísticos enunciados fueron el rompimiento de la cadena de frío, la excesiva cantidad de actores en la cadena, falta de personal, maltrato y daño al producto, y cajas extraviadas. El ranking de los encuestados se muestra en la Tabla 5.3.2.

**Tabla 5. 3. 2. Ranking de problemas logísticos.**

**Elaborado por los autores.**

PROBLEMAS LOGÍSTICOS		
Ranking	Descripción del problema	%
1	Gran cantidad de actores en la cadena	26.67%
2	Maltrato y daño del producto	25.83%
3	Rompimiento de la cadena de frío	21.67%
4	Falta de personal	14.17%
5	Cajas extraviadas	11.67%

Los resultados de las encuestas muestran que los problemas que identifican los floricultores en cuanto a logística, en orden de importancia, son la gran cantidad de actores en la cadena, el maltrato y daño en el producto, y el rompimiento de la cadena de frío. La gran cantidad de actores involucrados en la cadena genera un impedimento para el desarrollo de operaciones logísticas dentro de la cadena, haciendo que tanto el flujo de información como de producto, se hagan más complejos. Además, que mientras el producto fluye hacia adelante en la cadena de suministro, éste se ve involucrado en reducción de la calidad debido al maltrato por parte del resto de actores en la cadena y el rompimiento de la cadena de frío. Entre otros problemas que no se tomaron en cuenta en la categoría de logística, y fueron mencionados por los encuestados están: las pérdidas de ventas debido a cajas retenidas por

controles de Agrocalidad y los costos altos de fletes aéreos que provocan incrementos en el precio final y generan una desventaja competitiva con los principales competidores.

Finalmente, los problemas relacionados con costos en la cadena de suministro sobre los que se indagaron a los encuestados fueron: costo de transporte terrestre, tarifas de fletes aéreos, costos de calidad, costos de personal y costos de tecnología. La clasificación obtenida por la encuesta se muestra en la Tabla 5.3.3.

**Tabla 5. 3. 3. Ranking de problemas relacionados con costos.**

Elaborado por los autores.

PROBLEMAS DE COSTOS		
Ranking	Descripción del problema	%
1	Tarifas de fletes aéreos	29.17%
2	Costos de personal	23.33%
3	Costos de calidad	18.33%
4	Costos de tecnología	17.50%
5	Costo de transporte terrestre	11.67%

Se puede observar que el principal problema para los productores de flores es el costo de los fletes aéreos, seguido por los costos de personal y costos de calidad. El problema de las tarifas aéreas es un problema directamente relacionado con las aerolíneas que prestan servicios de exportación de carga en el país. Un costo altamente relevante es el costo de personal, se puede ver que éste incide directamente en la producción y que puede llegar a incrementar significativamente los costos totales de la cadena.

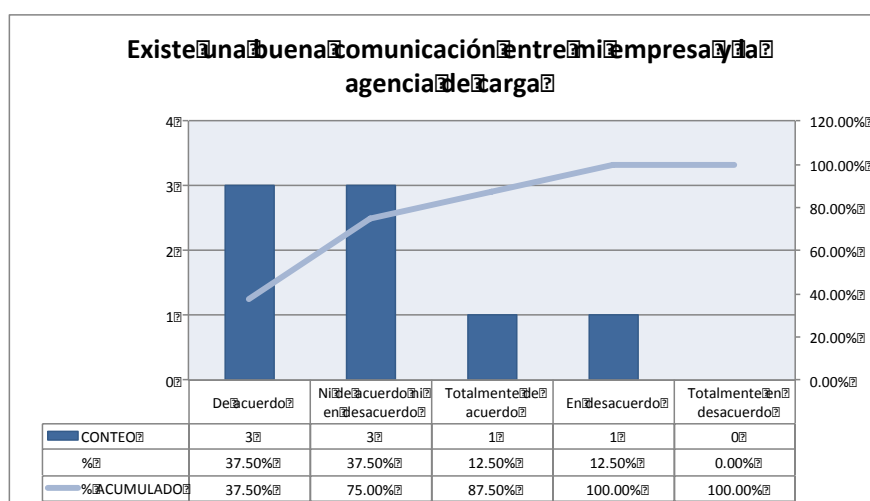
### **Calificación de los actores**

Los resultados que arroja esta sección ayudan de manera sustancial a entender de qué manera se relacionan los productores de flores con el resto de actores de la cadena. De esta

manera, se puede identificar oportunidades de mejora en la cadena y se puede tener un cuadro de referencia más amplio sobre las operaciones e interrelaciones que hay entre actores. Se realizará un análisis de resultados de cada una de las afirmaciones presentadas a los encuestados. Para este propósito, se han hecho diagramas de Pareto en los que se indica la tendencia de las respuestas, según su enunciado (totalmente de acuerdo, de acuerdo, etc.).

▪ **Existe una buena comunicación entre mi empresa y la agencia de carga:**

Los resultados de la encuesta tabulados en un diagrama de Pareto se muestran a continuación:

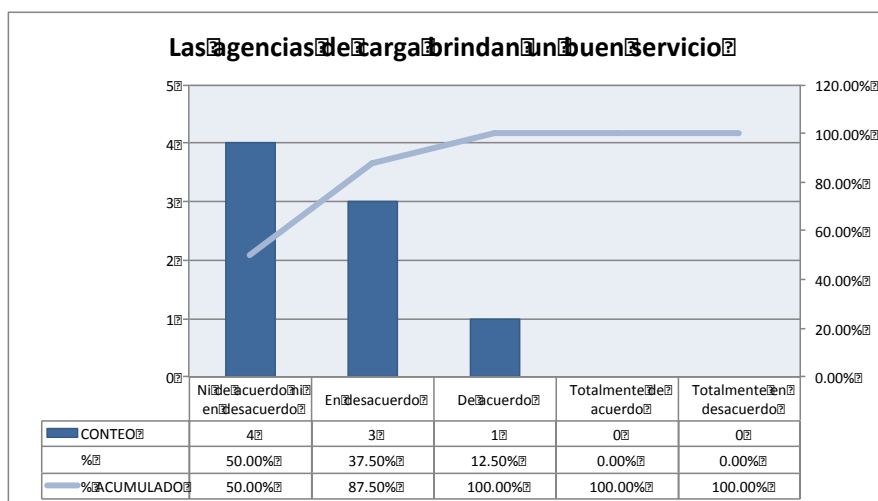


**Figura 5. 3. 1. Pareto de la primera afirmación.**

**Elaborado por los autores.**

Se puede observar que el 75% de los encuestados se mantiene en un posición de acuerdo o indiferente para la afirmación presentada. Esto indica que la opinión de las florícolas si bien no está a favor de las agencias de carga, tampoco las desfavorece. Sin embargo, esto puede darnos indicios de que una mejora en la comunicación entre estos dos actores es necesaria.

- **La agencia de carga brinda un buen servicio:**



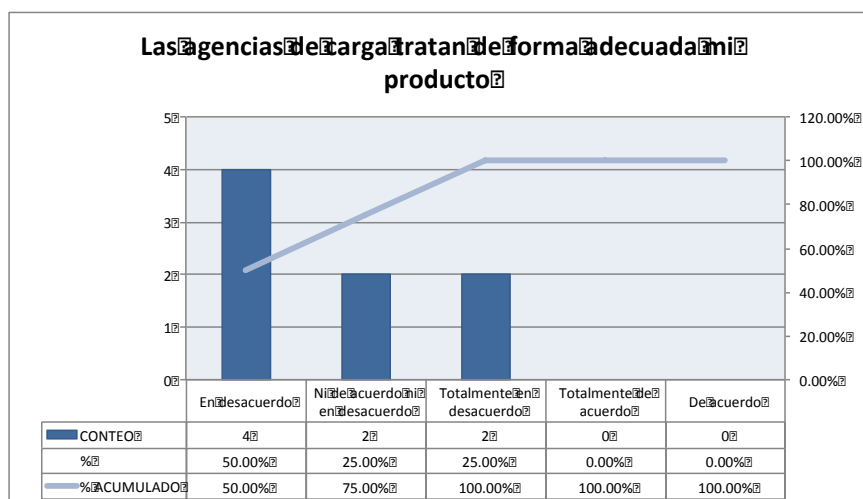
**Figura 5. 3. 2. Pareto 2da afirmación.**

**Elaborado por los autores.**

En la Figura 5.3.2., se puede observar que el 50% de los encuestados es indiferente en cuanto al buen servicio que brindan las agencias de carga. En segundo lugar, se observa que el 37.5% de los floricultores encuestados está en desacuerdo en afirmar que las agencias de carga brindan un buen servicio. Esto indica que hay una tendencia negativa en cuanto a la percepción del servicio que brindan las agencias de carga. Esto indica una oportunidad de mejora sustancial para dichas agencias.

- **La agencia de carga trata de forma adecuada mi producto:**

Durante el recorrido de los productos por la cadena de suministro, pueden existir daños sustanciales en el producto, lo que resulta en una baja de calidad. Esto puede perjudicar mucho a las empresas productoras. Por esta razón, se hizo una consulta entre los encuestados sobre este aspecto. Los resultados se muestran en la Figura 5.3.3.

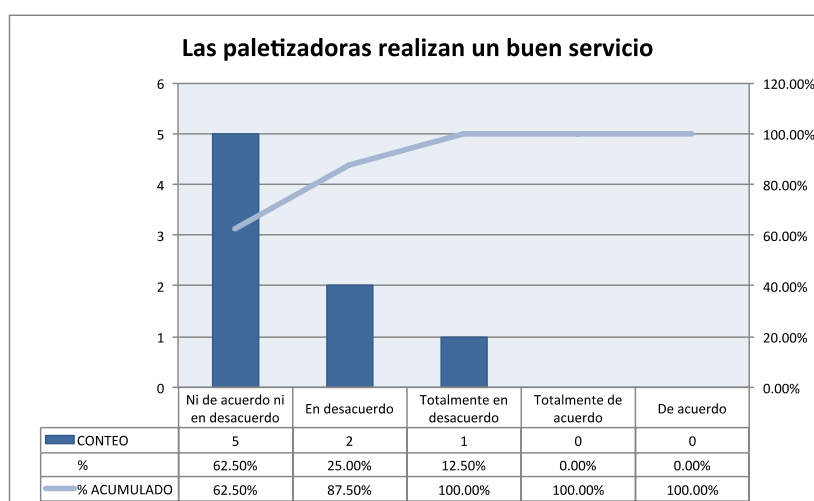


**Figura 5. 3. 3. Pareto de la 3ra afirmación.**

**Elaborado por los autores.**

Se puede observar que el 50% de los encuestados está en desacuerdo con la afirmación y que el 50% restante es indiferente o está totalmente en desacuerdo. Esto denota un grave problema con la agencias de carga. La percepción que tienen los floricultores sobre el trato del producto es negativa, lo cual a la larga puede llevar a generar problemas graves en la cadena.

- **Las paletizadoras realizan un buen servicio:**



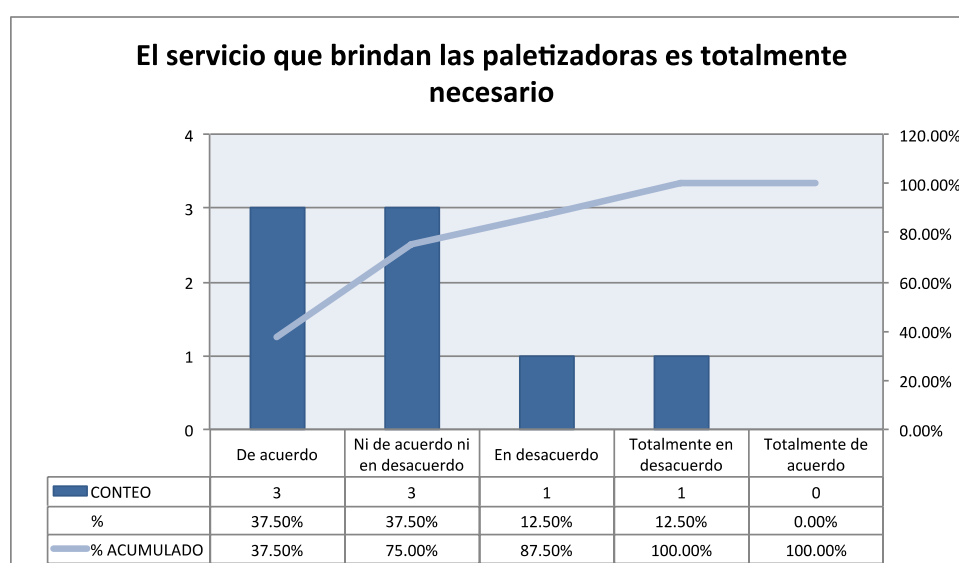
**Figura 5. 3. 4. Pareto de la 4ta afirmación.**

**Elaborado por los autores.**

En la Figura 5.3.4, se puede observar que el 37.5% de los encuestados está en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con el buen servicio de las paletizadoras. Además, el 62.5% es indiferente con la afirmación. Esto muestra una tendencia negativa en cuanto al servicio que brindan las paletizadoras, denotando una oportunidad de mejora grande y de aplicación inmediata.

- **El servicio que brindan las paletizadoras es totalmente necesario:**

En la Figura 5.3.5, se pueden observar los resultados para esta afirmación.



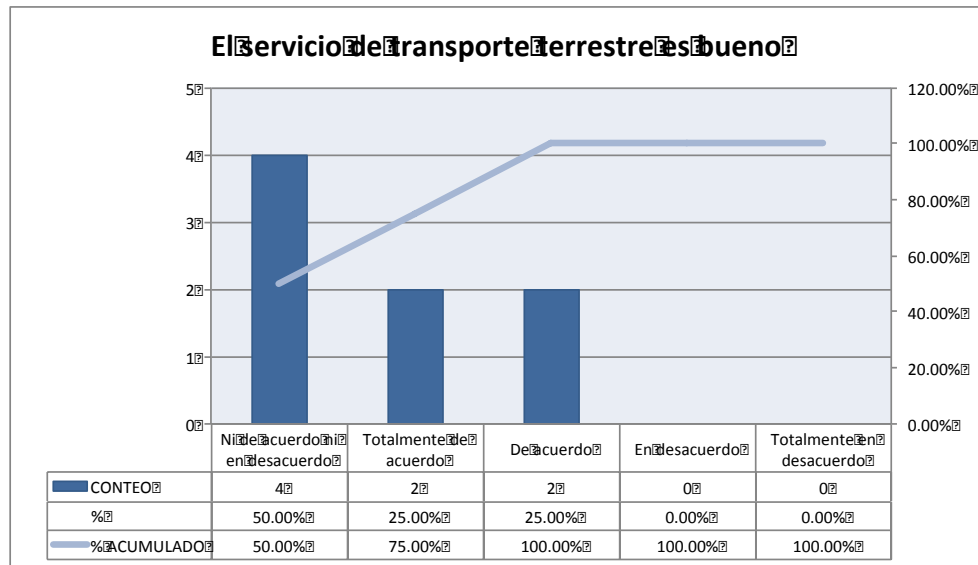
**Figura 5. 3. 5. Pareto de la 5ta afirmación.**

**Elaborado por los autores.**

Se puede observar una tendencia un tanto positiva ya que las afirmaciones de acuerdo e indiferente tienen ambas una calificación del 37.5% por parte de los encuestados. Esto resulta en una relación positiva entre los floricultores y las paletizadoras. Sin embargo, se debería hacer más hincapié en la relación para que la calificación tienda más hacia totalmente de acuerdo.



- **El servicio de transporte terrestre es bueno:**

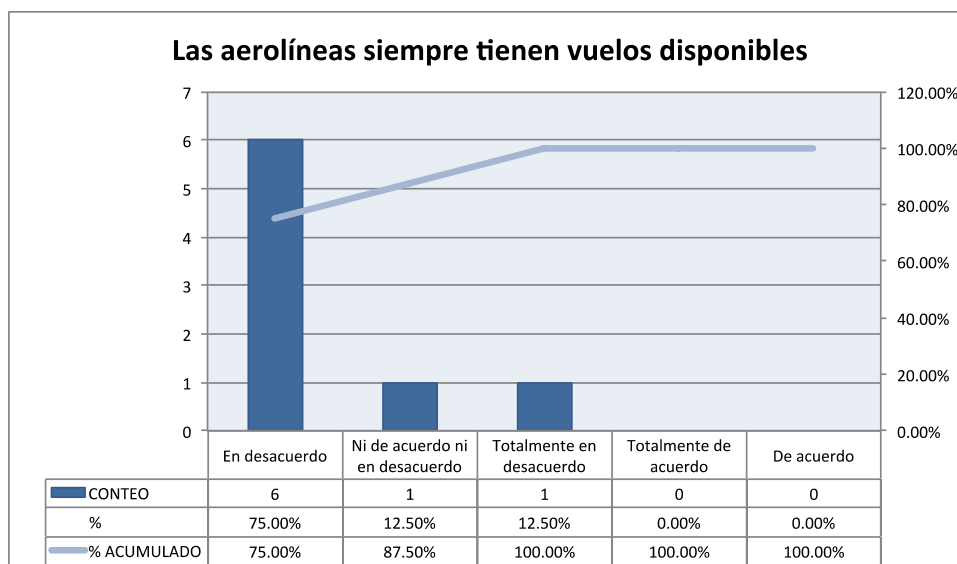


**Figura 5. 3. 6. Pareto de la 6ta afirmación.**

**Elaborado por los autores.**

El 25% de los encuestados está totalmente de acuerdo con la afirmación sobre el buen servicio del transporte terrestre. Sin embargo, el 50% resultó indiferente en cuanto a la afirmación. Esto se podría traducir en una oportunidad de mejora para los transportistas de la cadena.

- **Las aerolíneas siempre tienen vuelos disponibles:**

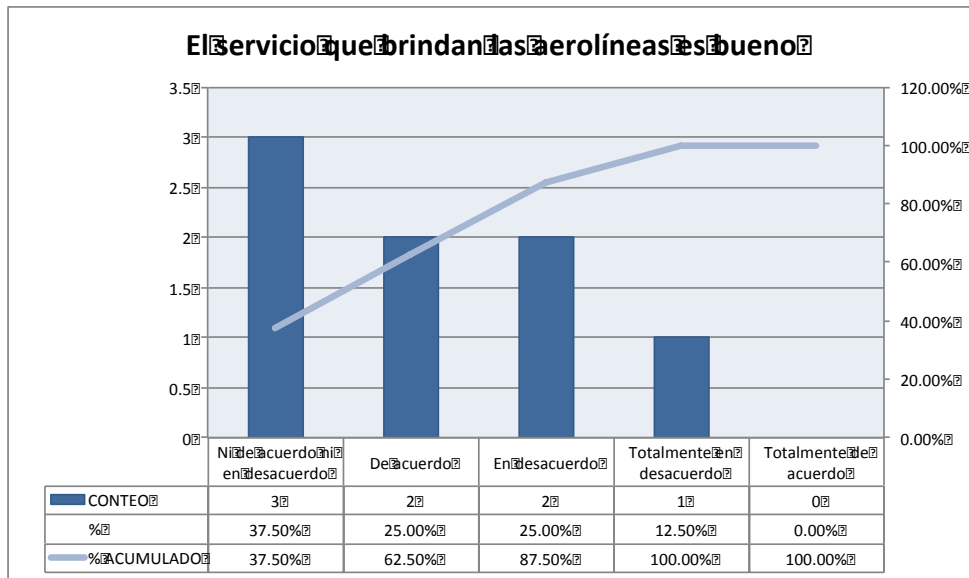


**Figura 5. 3. 7. Pareto de la 7ma afirmación.**

**Elaborado por los autores.**

En la Figura 5.3.7., se puede observar que la totalidad de encuestados está en desacuerdo (75%), es indiferente (12.5%) o está totalmente en desacuerdo con la afirmación. Esto muestra que existe una tendencia negativa en cuanto a la afirmación. Los resultados indican que las aerolíneas pueden no estar planificando correctamente sus actividades o que los floricultores tienen una percepción errada en cuanto a la disponibilidad de vuelos.

- **El servicio que brindan las aerolíneas es bueno:**



**Figura 5. 3. 8. Pareto de la 8va afirmación.**

**Elaborado por los autores.**

En esta pregunta se muestra una bipolaridad en cuanto al servicio que brindan las aerolíneas. Se tiene un empate entre la calificación de acuerdo y en desacuerdo con un 25% de los encuestados. Además, el 37.5% es indiferente sobre la percepción del servicio de las aerolíneas. Se debe hacer una mejora en este aspecto para que la tendencia sea hacia totalmente de acuerdo, es decir positiva.

#### **5.4. Definición del problema**

La metodología DMAIC que se ocupa en este proyecto propone el enunciado del problema de una manera muy específica. El problema debe ser establecido de tal forma que se sepa **qué** problema se está tratando, **dónde** se da el problema específicamente, **cuándo** ocurre el problema, **cuántas veces** ocurre este problema y finalmente la especificación que permite conocer **cómo se sabe** del problema (Hernández & Reyes, 2007).

Para llegar al enunciado del problema, se utiliza lo analizado en los apartados anteriores. Es decir que la definición del problema se basa en las entrevistas a los altos ejecutivos de los principales eslabones de la cadena de suministro de exportación de flores, así como en los resultados de las encuestas que se realizaron a los productores de flores. Para el proyecto en estudio, se pudo conseguir el siguiente enunciado del problema:

*Las entrevistas a expertos y encuestas a los productores florícolas revelan que desde el establecimiento de la exportación de flores en el Ecuador, existe incapacidad en la planeación de actividades de producción y operación, debido a la variación de la demanda, alta rotación, poca capacitación y elevados costos de personal; lo que lleva a incrementar los costos de operación y a una reducción de la calidad de los productos ofrecidos. El 20.55% de los productores piensa que el principal problema de producción es la variación de la demanda y el 17.87% opina que los problemas se deben a la rotación y capacitación del personal. Por otro lado el 23.33% de los encuestados opina que el principal problema en cuanto a costos operativos está en los elevados costos de personal.*

## **Capítulo VI: Establecimiento de la línea base**

Mediante el proceso de la metodología presentada en el capítulo 4, es momento de comenzar con la etapa de medición. Esta etapa tiene como objetivo identificar la línea base, y a su vez determinar qué ocasiona la variabilidad en el proceso (American Society for Quality, 2014). Por este motivo, este capítulo está enfocado en realizar un diagnóstico del mercado de flores mediante la medición de sus variables más importantes. A su vez, se presentan los datos de cada eslabón de la cadena necesarios para el desarrollo de la planeación agregada.

### **6.1. Diagnóstico del mercado de flores**

En el capítulo 5, referente a la definición del problema, se llegó a la conclusión de que uno de los principales problemas que afectan los eslabones de la cadena de exportación es la variación de la demanda. Es por esto que se debe realizar un diagnóstico del mercado de flores para obtener un mayor entendimiento del comportamiento del mismo.

#### **6.1.1. El Producto**

Previamente en este estudio se ha mencionado que el mercado en el cual se enfoca el estudio, es el mercado de las flores de exportación del Ecuador. Por el momento, las flores ecuatorianas son consideradas como las mejores del mundo, dada su elevada calidad y belleza (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 3). Existe una gran cantidad de flores que crecen en el Ecuador dado las ventajas que presentan el clima y la biodiversidad geográfica del país; entre éstas están la rosa, la gypsophila, el clavel, el crisantemo, entre muchas otras (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 4).

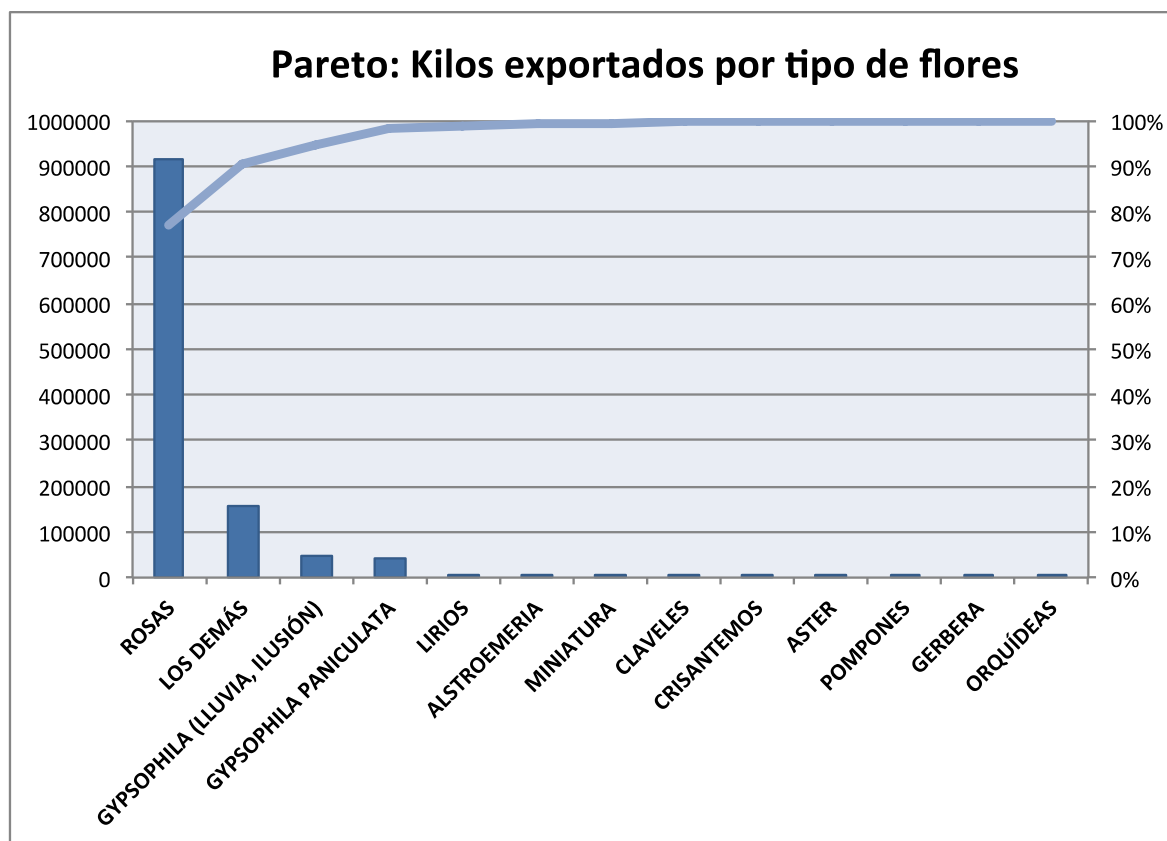
La rosa presenta una gran variedad entre las rojas y de otros colores; la gypsophila que ha elevado sus exportaciones considerablemente; el clavel presenta varias características únicas de la región (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 4). Se puede evidenciar que las flores del Ecuador son de gran calidad por las ventajas que presenta

el país, también se evidencia una gran variedad de flores, lo que brinda una ventaja competitiva para el sector floricultor.

La gran cantidad de tipos de flores que se producen y exportan desde el Ecuador hace que el estudio se torne complicado dado que el número de factores que afecta la variabilidad de la demanda aumentará en gran medida, lo cual se explica con mayor detalle en el Capítulo 7. Por este motivo se ha decidido elegir la rosa como el producto a ser estudiado, y su explicación se resume a continuación

#### **6.1.1.1. La Rosa**

La Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones (2013, pág. 4) señala que la rosa es el tipo de flor líder en la exportación, ya que cuenta con más de 60 variedades que se venden fuera del país. Las rosas ecuatorianas son muy solicitadas en el mercado exterior dados sus grandes rasgos de calidad como color, largo de tallo y fragancia (Chiriboga Vega, 2013, pág. 21). La belleza excepcional y las características únicas de las rosas del Ecuador como: los tallos gruesos, los botones grandes y los colores vivos, las convierten en las mejores del mundo (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 4). Aunque se puede observar que la rosa es una flor muy importante en el mercado, dado su gran fama y calidad, no es la única razón por la cual este estudio la ha elegido como producto específico. Entre todas las flores, la rosa es la que más se ha vendido en el mercado ecuatoriano, para comprobar de esta información, a continuación se presenta un diagrama de Pareto, el cual ilustra la cantidad de kilos exportados por tipo de flor, desde el 2003 hasta el 2013. La información para realizar el diagrama de Pareto fue obtenida de la asociación Expoflores.



**Figura 6. 1. 1. Pareto kilos exportados desde el Ecuador por tipo de flor.**

**Elaborado por los autores. Fuente Expoflores.**

Sin duda, la rosa es el tipo de flor más importante para la exportación en el Ecuador, y esto se puede evidenciar claramente en la figura 6.1.1 ya que la rosa cubre cerca del 80% de la exportación total de flores. Como se menciona previamente, al realizar un estudio para la integración de la cadena de suministro de flores, es importante centrarse en un producto en específico. Por estos motivos y por la importancia de la flor, el estudio de este proyecto se enfoca en la cadena de suministro de exportación de rosas.

### **6.1.2. Características del consumidor**

El diagnóstico del mercado de rosas implica conocer a sus consumidores, ya que de éstos depende su consumo. En el apartado 2.3. de la función de la demanda, se señala que

para saber cuál es la cantidad de producto que el mercado consume, se requiere conocer las características de los compradores.

Los consumidores finales tiene tres diferentes canales para adquirir las rosas: floristerías, supermercados y vía Internet. Siendo las floristerías y los supermercados los canales favoritos para las compras, ya que éstos cubren las tres cuartas partes del mercado (Bonarriva, 2003, pág. 17). Por otro lado, las ventas por internet cubren una pequeña cuota del mercado. Sin embargo, cabe destacar que esa baja cuota tiene un porcentaje elevado de crecimiento, lo que vuelve este canal un aspecto importante (Bonarriva, 2003, pág. 17). El 50% de las flores son usualmente compradas con miras a entregarlas como un presente, y también son usadas como adornos para hogares o eventos (Bonarriva, 2003, pág. 17).

### **6.1.3. Características del mercado.**

A través de los años, se ha podido observar que las tendencias de consumo de flores se presentan de manera estacional, con picos elevados en ciertas épocas (Bonarriva, 2003, pág. 17). En varias de las entrevistas presentadas en la sección 5.2., se indica que existen tres picos especiales donde se eleva la demanda de las flores, los cuales son febrero por San Valentín, marzo por el día de la mujer y mayo por el día de la madre. Existen otros picos como navidad y la temporada de ingreso a los colegios en la república de Rusia en los que aumenta un poco la demanda. No obstante, los tres mencionados previamente son los más destacados.

Es importante conocer el comportamiento estacional del mercado de las rosas, pero a su vez, es importante saber cuáles son sus competidores en cuanto a producción de rosas y cuáles son los países que se dedican a la exportación de este producto.



### **6.1.3.1. Competencia**

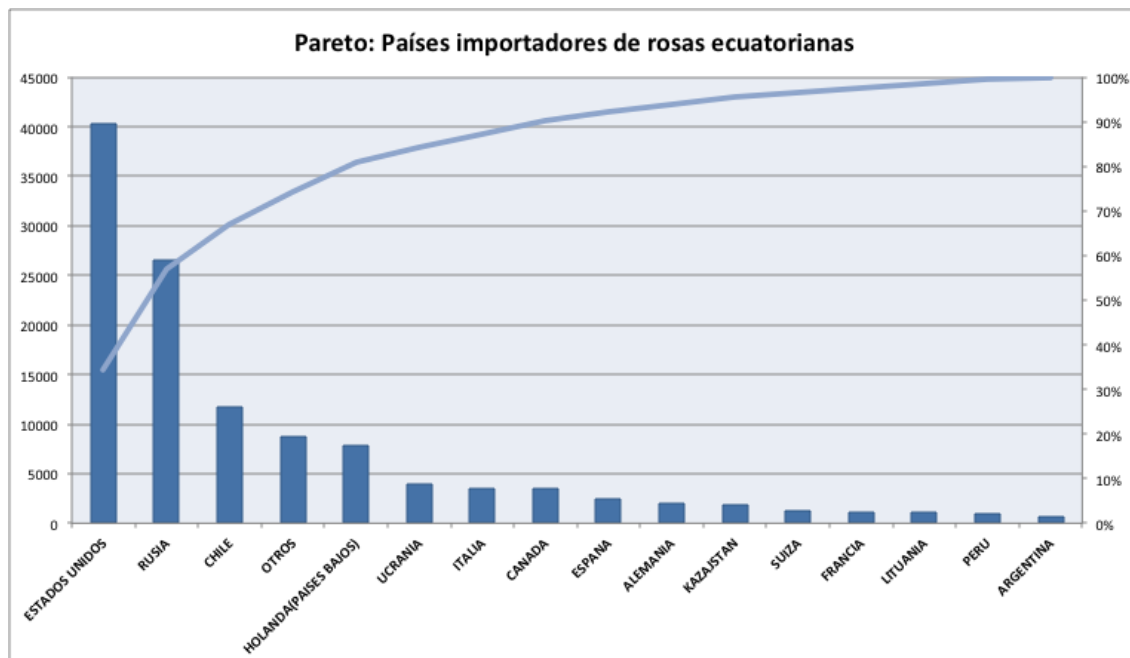
Es importante conocer la competencia que se tiene presente, ya que éste puede ser un factor significativo para generar variabilidad en el mercado de exportación de rosas del Ecuador. La Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones (Análisis Sectorial de Flores, 2013, pág. 11) menciona que los principales competidores del Ecuador, en cuanto a exportación de flores, son Holanda y Colombia. Holanda cubre un poco más del 50% del mercado, convirtiéndose así en el exportador de flores más grande del mundo con una elevada ventaja sobre sus demás competidores (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 11).

Colombia, quien es el segundo exportador a nivel mundial y principal competidor del Ecuador tiene una participación en el mercado de exportación del 13,8%, quienes tienen a la rosa como su principal producto de la misma forma que el Ecuador (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, pág. 12). Se dice que Colombia es el principal competidor por dos razones, las cuales son resumidas a continuación. Primero, Colombia ocupa el segundo puesto a nivel mundial de exportaciones de flores, mientras que Ecuador ocupa el tercer lugar (Velasgui, 2014). También son competidores debido a la ubicación de los dos países, lo que les permite compartir climas similares y ambientes de crecimiento continuo por todo el año (Velasgui, 2014).

### **6.1.3.2. Países importadores**

En el apartado 2.3 que trata la función de la demanda, se indica que uno de los factores que afecta a todos los productos y servicios es la renta. Actualmente, las rosas ecuatorianas son importadas por 102 países (Expoflores, 2014), lo cual implica que el estudio de la renta de todos estos países eleve en gran medida el número de variables que rigen la función objetivo de la demanda de rosas. Por este motivo, es necesario concentrar el estudio en el mercado más importante para las flores exportadas desde el Ecuador.

Al igual que se realizó con el tipo de flor, se utiliza un diagrama de Pareto, el cual revela cuál de los mercados exporta más rosas desde el Ecuador. La información empleada para realizar este diagrama fue provista por Expoflores



**Figura 6. 1. 2. Países importadores de flores ecuatorianas.**

**Elaborado por los autores. Fuente Expoflores**

En la figura 6.1.2 se aprecia de manera muy clara que los Estados Unidos son el principal país importador de rosas, por lo cual el estudio se concentra en la exportación de rosas al país de Estados Unidos.

#### **6.1.4. Factores que afectan la demanda**

En las secciones anteriores de este capítulo se pueden apreciar diferentes factores que crean variabilidad en la demanda, sin embargo éstos no son los únicos que pueden causar cambios en la exportación de rosas. A continuación se presentan los factores que serán analizados posteriormente en el capítulo 7 de análisis y modelamiento, específicamente en la sección 7,1 de la función de la demanda de rosas a los Estados Unidos. Cabe especificar que

estos factores son los que han sido considerados relevantes para el modelo por parte de los analistas del proyecto.

#### **6.1.4.1. Cantidad de toneladas exportadas de rosas ecuatorianas (demanda histórica)**

Dado que se van a presentar factores que afectan el consumo de rosas en el exterior, primero es necesario tener la información de la cantidad de toneladas vendidas de rosas a Estados Unidos. Estos datos se presentan en el Anexo C.

#### **6.1.4.2. Precio de las rosas ecuatorianas exportadas**

Previamente se explicó que uno de los factores más importantes en la gran mayoría de los productos, es el precio con el cual es vendido dicho producto. Por este motivo se necesita conocer cuáles son los precios con los cuales fueron vendidas las toneladas de rosas de exportación que se presentan en la sección anterior. Éstos son exhibidos en el Anexo D.

#### **6.1.4.3. Precio de otro tipo de flores ecuatorianas**

En la sección 2.3 acerca de la función de demanda, se señala que un factor que interviene en la cantidad de producto adquirido por los consumidores es el precio de los bienes relacionados. Los bienes relacionados como se indica en la sección 2.3, son aquellos bienes que pueden ser comprados en lugar del bien en estudio. Por este motivo en esta ocasión se considera que el precio con el cual son ofrecidos los demás tipos de flores ecuatorianas, puede afectar el consumo de rosas. En el Anexo E se presentan los precios de las flores restantes, sin embargo la conclusión para determinar si es un factor importante para el consumo de rosas, será analizada en el capítulo 7.

#### **6.1.4.4. Cantidad de toneladas exportadas de otro tipo de flores ecuatorianas**

Puede que el precio de otro tipo de flores ecuatorianas no sea un factor que modele el comportamiento de la demanda de rosas. Sin embargo, puede ser que la cantidad exportada

del resto de flores ecuatorianas sí modele este comportamiento. Por este motivo, en el Anexo F se presentan las toneladas exportadas de otro tipo de flores ecuatorianas.

#### **6.1.4.5. Cantidad de toneladas de flores colombianas exportadas**

En la sección anterior se indica que las rosas de Colombia pueden afectar a la demanda de exportación de rosas del Ecuador, pero no se puede asumir que sólo su precio puede afectar la demanda mencionada. Por este motivo también son tomadas en consideración las toneladas de flores colombianas exportadas hacia los Estados Unidos. En el informe de Expoflores (2014), se presentan las toneladas de flores exportadas desde Colombia. En el Anexo G, se presenta las toneladas de flores exportadas desde Colombia hacia los Estados Unidos.

#### **6.1.4.6. PIB per cápita de E.E.U.U.**

En este capítulo, se destaca la necesidad de enfocar el análisis de mercado en un sólo país, ya que realizarlo en todos los países representa un estudio muy extenso. Por otro lado, en la sección 2,3 de función de la demanda, se menciona que la forma en la que el mercado objetivo influye en la compra de las rosas es un factor importante. Para conocer la capacidad de dicho mercado, se utiliza el PIB per cápita, el cual indica la capacidad de gasto por persona. En el Anexo H, se presenta el PIB per cápita trimestral de Estados Unidos.

#### **6.1.4.7. Clima de Estados Unidos**

En la sección 2.3.3 respecto al desplazamiento de la curva de la demanda, se especifica que existen otros factores que pueden afectar la demanda de cierto producto. Tomando esto en consideración, y las observaciones realizadas por los entrevistados de la sección 5.2., se decide que otro factor a tomar en cuenta para analizar los cambios en la demanda de rosas, es el clima. Dado que el clima puede ser considerado desde varios puntos

de vista, en este estudio se mide esta variable con base a la temperatura. En el Anexo I, se puede apreciar la temperatura promedio por mes en todo el país de Estados Unidos.

#### **6.1.4.8. Total de exportaciones no tradicionales ecuatorianas.**

En el Ecuador, las flores de exportación se consideran un producto no tradicional primario (Kouzmine, 2000). Por esta razón, y para no tomar en cuenta el total de exportaciones del Ecuador al mundo, se ha decidido utilizar la variable de exportaciones no tradicionales mensuales con el fin de entender si es que de alguna manera un incremento en ésta afecta a la demanda de rosas en E.E.U.U. Los datos de exportaciones no tradicionales se obtuvieron de los boletines estadísticos mensuales del Banco Central del Ecuador (2014) y se presentan en el Anexo J.

#### **6.1.4.9. Importaciones de flores, semillas y follajes de E.E.U.U.**

Como ha sido mencionado previamente, el mercado es un factor importante en las variables que afectan a la demanda. Por lo cual, mientras más información se obtenga de éste los resultados de los análisis serán mejores. Tomando esto en cuenta, se busca una variable que explique el crecimiento del mercado de rosas en E.E.U.U. Por esta razón, se ha considerado que las importaciones de flores mensuales en el mercado estadounidense es una variable que puede ayudar a mejorar el modelo de regresión. En el Anexo K se presentan los datos de importaciones mensuales de flores frescas, semillas y follajes del sitio web de la Comisión de Comercio Internacional de Estados Unidos (USITC, 2014).

## **6.2. Parámetros de la planeación agregada**

Este capítulo trata sobre la medición de los datos para la resolución de un problema, por esta razón es necesario que en éste se presente la información necesaria para elaborar el modelo de planeación agregada para cada uno de los eslabones en los que se centra este

estudio. Algunos de estos parámetros han sido previamente cuantificados por las empresa, mientras que el resto han tenido que ser calculados.

### 6.2.1 Parámetros Florícola

Todos los modelos matemáticos tienen parámetros bajos los cuales se inicia la resolución del problema. Para este estudio se divide a los parámetros en tres categorías: parámetros generales de la empresa, parámetros de costos y parámetros de capacidad.

#### Parámetros generales

Estos parámetros indican datos generales para el funcionamiento de la florícola como por ejemplo: el número de horas trabajadas al día, la cantidad de operarios, el número de camiones entre otros. A continuación, se enlistan y explican los parámetros generales de este eslabón. Es necesario mencionar que con la información conseguida en la entrevistas, se conoce que una caja de rosas tiene en promedio 250 tallos, y pesa aproximadamente 16 kilos (kg).

$W_{f0}$  = Fuerza laboral inicial en la florícola

Los ejecutivos de la florícola indican que existen un promedio 180 operarios, de los cuales 100 se dedican a la producción exclusiva de rosas. Cabe resaltar que éste es un estimado, ya que como ha sido mencionado previamente la rotación de personal es elevada.

$n_f$  = Número de días de trabajo de un operario en la florícola al mes

Los operarios en las florícolas trabajan 20 días al mes.

$h_f$  = Horas trabajadas al día en la florícola

En la florícola, las horas trabajadas por operario al día son 8.

$o_f$  = Número de horas suplementarias máximas en la florícola

Las horas trabajadas de manera suplementaria no pueden exceder 4 horas al día, ni

doce a la semana (Dirección Nacional de Asesoría Jurídica de la PGE, 2013, pág. 13). Puesto que se utilizan datos mensuales, se conoce que no es posible exceder 48 horas suplementarias de trabajo al mes.

$z_f =$  Número de horas extraordinarias máximas en la florícola

Si el operario trabaja más de las horas señaladas como suplementarias, éstas comienzan a llamarse extraordinarias. No existe un límite de trabajo en estas horas, sin embargo, para este estudio se impone un límite de 32 horas al mes equivalente a 8 horas a la semana.

$K_f =$  Horas necesarias de trabajo para producir un kilo de rosas

Para calcular las horas necesarias para producir un kilo de rosas se sabe que la florícola produce anualmente 21'537.000 tallos sólo de rosas con un promedio de 100 operarios, los cuales trabajan 20 días al mes 8 horas al día. Dado que se requiere conocer el tiempo para producir un kilo de rosas, primero se debe transformar los tallos en kilos y después calcular el tiempo para producirlos.

$$21'537.000 \text{ tallos anuales} = 1'794.750 \text{ tallos mensuales}$$

$$1'794.750 \text{ tallos} \left( \frac{16 \text{ kg}}{250 \text{ tallos}} \right) = 114.864 \text{ kg}$$

Ahora se calcula las horas necesarias para producir un kilo de rosas.

$$K_f = \frac{1}{\frac{114.864 \text{ kg}}{100 \text{ operarios} \times 20 \text{ días} \times 8 \text{ horas}}}$$

$$K_f = \frac{1}{7,179}$$

$$K_f = 0,1393 \text{ h/kg}$$

$A_f =$  Número de cuartos fríos de la florícola

Como se señala antes existe sólo un cuarto frío.

$$A_f = 1$$

$G_f =$  Número de camiones propios de la florícola

No existen camiones propios en la florícola.

### Parámetros de costos

Conocer los costos relacionados con el funcionamiento de la florícola es indispensable para la planeación agregada, ya que uno de sus objetivos es minimizar éstos mientras se cubra la demanda de flores. Los costos relacionados con el modelo de la florícola se presentan a continuación.

$c_{fR} =$  Costo de hora regular en la florícola

El costo de cada trabajador por hora en la florícola es de \$2,98.

*Costos de horas extra*

Los costos de horas adicionales se dividen en dos: los costos de hora suplementaria y los costos de horas extraordinarias. Es necesario mencionar que no se toma en cuenta la diferencia de costos que existe entre las horas trabajadas el fin de semana y las horas que se trabajan entre semana.

-  $c_{fO} =$  Costo de hora suplementaria en la florícola

Este costo se lo calcula bajo reglamentos del Ministerio de Relaciones Laborales. Éstas tiene una remuneración del 50% de recargo a la hora normal de trabajo (Dirección Nacional de Asesoría Jurídica de la PGE, 2013, pág. 13). Por lo tanto el costo de una hora extra suplementaria es de

$$c_{fO} = 2,98 \frac{\$}{hora} + \left( \$2,98 \frac{\$}{hora} \times 0,5 \right)$$



$$c_{fo} = 4,47 \frac{\$}{hora}$$

-  $c_{fz}$  = Costo de hora extraordinaria en la florícola

Al igual que las horas suplementarias, este costo se maneja bajo reglamentos del Ministerio de Relaciones Laborales. La horas extraordinarias tienen un recargo del 100% de la hora regular, por lo cual la hora extraordinaria tiene un costo de

$$c_{fz} = 2,98 \frac{\$}{hora} + \left( 2,98 \frac{\$}{hora} \times 1 \right)$$

$$c_{fz} = 5,96 \frac{\$}{hora}$$

$c_{fp}$  = Costo de producir un kilo de rosas en la florícola

La información otorgada por la florícola para calcular el costo de producción cubre el costo de sembrar y cosechar de \$ 0,21 promedio por tallo.

$$\text{costo de producir} = \frac{\left( 0,21 \frac{\$}{\text{tallo}} \times 250 \text{tallos} \right)}{16 \text{kg}}$$

$$\text{costo de producir} = 3,81 \frac{\$}{\text{kg}}$$

Sin embargo, este costo representa todos los costos asociados de producción. En el modelo de planeación agregada los costos de producción son desasociados en costos como: los salarios, el alquiler de instalaciones y los costos de suministros para la producción. Por este motivo, es necesario saber cuáles son los costos de pagar a todos los operarios y los costos de alquiler para determinar el costo de producción.

La forma de calcular esto se basa en el hecho de que la florícola produce 1'794.750 de tallos de rosas al mes con un promedio de 100 operarios, también se sabe que el costo de cada

operario por hora es de \$ 2,98 y éstos trabajan 8 horas al día durante 20 días al mes. Es importante conocer que la florícola paga \$170.00 en el alquiler de instalaciones. Tomando estos datos en cuenta se calcula el costo de producción por kilo de rosas.

$$1'7947.50 \text{ tallos mensuales} \left( \frac{16kg}{250\text{tallos}} \right) = 114.864 \text{ kg mensuales}$$

$$114.864 \text{ kg mensuales} \times 3,81 \frac{\$}{kg} = \$376.897,50 \text{ mensuales}$$

$$100 \text{ operarios} \times 2,98 \frac{\$}{\text{hora operario}} \times 8 \text{ horas} \times 20 \text{ días} = \$ 47.680 \text{ mensuales}$$

Ahora se calcula el costo de producir un kilo de rosas.

$$c_{fP} = \frac{\$376.897,50 - \$47.680 - \$17.000}{114.864kg}$$

$$c_{fP} = 2,72 \frac{\$}{kg}$$

$c_{fI}$  = Costo de mantener un kilo de rosas de inventario en la florícola

Este costo es usado en la gran mayoría de modelos de planeación agregada, por lo cual se lo incluye en este modelo también. Sin embargo, en esta florícola el costo de mantener el inventario no depende del número de ítems que se mantengan. Además, el inventario en esta florícola es de una elevada rotación, por lo cual es muy poco probable que exista inventario. Dado esto, se usa el método de la gran M explicado en la sección 2.8, para evitar que se cree inventario. Un costo que se puede tomar en cuenta como costo de inventario es un costo fijo sobre el cuarto frío, pero éste se explica posteriormente en esta misma sección.

$c_{fS}$  = Costo de un kilo de rosas faltante en la florícola

El costo de faltante implica la pérdida del producto más un porcentaje del 20%. De la información otorgada por Expoflores se sabe que el costo promedio de vender un kilo de rosas es de \$ 5,03, por lo cual el costo de faltante se calcula de la siguiente manera

$$c_{fS} = 5,03 \frac{\$}{kg} + \left( \$5,03 \frac{\$}{kg} \times 0,2 \right)$$

$$c_{fS} = 6,04 \frac{\$}{kg}$$

Sin embargo los faltantes también pueden significarla perdida de un cliente lo cual tiene un elevado impacto. Por este motivo es necesario que no existan faltantes. Para controlar éste se utiliza nuevamente el método de la gran M.

*c<sub>fH</sub> = Costo de contratar un operario en la florícola*

El costo de contratar un nuevo operario es de gran importancia en el modelo de planeación agregada, razón por la cual en este proyecto no puede faltar. Este costo es importante ya que implica el costo de capacitación también. La florícola que dio apertura a sus datos menciona que este costo no está estimado, pero que para ellos es irrelevante.

Puesto al capacitar un operario se pierden horas de producción, es posible que se genera un costos de oportunidad el cual será asignado como el costo de contratar. La capacitación del operario es de dos días y el precio de venta a los clientes es de \$ 5,03, por lo cual

$$c_{fH} = \left( \frac{8 h \times 2 \text{ días}}{0,139 h/kg} \right) \$ 5,03$$

$$c_{fH} = \$ 578,99$$

Esto significa que en dos días que no trabaja el operario, dado que está en la capacitación, la florícola podría ganar \$578,99.

*c<sub>fL</sub> = Costo de despedir un operario en la florícola*

El costo de despedir que ha sido otorgado por la florícola se presenta a continuación

$$c_{fL} = \$ 1.869,3$$

$c_{fc}$  = Costo de subcontratar en la florícola

En las florícolas existen ocasiones en las que la producción no alcanza a cubrir su demanda, por lo cual se pueden subcontratar la producción de las rosas. En la Tabla 6.2.1, que se presenta a continuación, se encuentran los diferentes costos por subcontratar un tallo de rosas, los cuales han sido facilitados por la florícola. Cabe mencionar que éstos varían en las épocas como San Valentín y día de las madres.

**Tabla 6. 2. 1. Costos por subcontratar.**

Elaborado por los autores.

PRODUCTO	PRECIO REGULAR	PRECIO FEBRERO	PRECIO MAYO
ROSE ASSORTED	0,19	0,40	0,25
ROSE RED	0,19	0,55	0,28
ROSE ESPECIFIC COLOR	0,24	0,50	0,28
ROSE ASSORTED	0,23	0,50	0,32
ROSE ESPECIFIC COLOR	0,28	0,50	0,36
ROSE RED	0,28	0,65	0,36
ROSE ASSORTED	0,35	0,65	0,40
ROSE PREMIUM ASSORTED	0,40	0,70	0,50
ROSE PREMIUM ASSORTED	0,55	0,75	0,60
<b>Promedio costo por tallo</b>	<b>0,30</b>	<b>0,58</b>	<b>0,37</b>
<b>Promedio costo por kilo</b>	<b>4,70</b>	<b>9,03</b>	<b>5,82</b>

La variación de los costos por subcontratar debe ser tomada en cuenta en las restricciones, las cuales se explican posteriormente.

$c_{fA}$  = Costo de cuarto frío propio de la florícola

El costo de cuarto frío es un costo fijo puesto que se paga por una bodega, más no por mantener cada kilo de rosas. El costo que paga la empresa por metro cuadrado al mes de cuarto frío, es de \$ 5,39 y cuenta con 850  $m^2$ , por lo cual este costo es de

$$c_{fA} = 5,39 \frac{\$}{m^2} \times 850m^2$$

$$c_{fA} = \$ 4.581,5$$

$c_{fB}$  = Costo de subcontratar un cuarto frío en la florícola

La florícola, para este caso de estudio específico, determina que su cuarto frío es tan grande que no es necesario contratar un cuarto frío extra. Sin embargo este parámetro no se elimina del modelo, puesto que existen otras florícolas, las cuales pueden tenerla necesidad de subcontratar. Para no tomar en cuenta a la subcontratación de un cuarto frío se pondrá un valor elevado de costo, es decir nuevamente se usa el método de la gran M.

$c_{fG}$  = Costo de camiones propios de la florícola

La florícola no cuenta con camiones propios, por lo cual no existe ningún costo en esta área. Sin embargo, al igual que otros parámetros, éste no es eliminado puesto que en otras florícolas si puede existir este costo.

$c_{fJ}$  = Costo de subcontratar un camión en la florícola

Dado que la florícola no cuenta con camiones propios, es necesario que éstos subcontraten camiones que realicen el proceso de transporte. Según la florícola los costos de subcontratar un camión son de \$5000 por camión al mes.

### **Parámetros de capacidad**

Hasta el momento se han visto los parámetros generales y los parámetros relacionados con los costos. Sin embargo, existen otros parámetros indispensables en el modelo de planeación agregada, los cuales están relacionados con la capacidad de los recursos de la empresa. A continuación se presentan los parámetros de la capacidad de la florícola.

$u_{fA}$  = Capacidad del cuarto frío de la florícola

Previamente se señala que la florícola tiene un espacio suficientemente grande en el cuarto frío, capaz de cubrir los elevados picos de la demanda. La capacidad exacta no se tiene pero en el modelo se ubica una capacidad elevada que cubra toda la demanda pronosticada.

$u_{fB} = \text{Capacidad del cuarto frío subcontratado por la florícola}$

No se subcontrata cuartos fríos para esta florícola en específico.

$u_{fG} = \text{Capacidad del camión de la florícola}$

No existen camiones propios en esta florícola en específico.

$u_{fJ} = \text{Capacidad del camión subcontratado por la florícola}$

La capacidad de un camión subcontratado es de 5 toneladas y se asume que éstos camiones realizan un viaje al día. Dado que la florícola trabaja 20 días al mes se obtiene que

$$u_{fJ} = 5 \text{ ton} \times \frac{1.000\text{kg}}{1 \text{ ton}} \times 20\text{dias}$$

$$u_{fJ} = 100.000\text{kg}$$

Éstos son todos los parámetros que se deben conocer para realizar el modelo de planeación agregada. A continuación, se presenta una la tabla 6.2.2., la cual resume los parámetros del modelo de planeación agregada de la florícola.

Tabla 6. 2. 2. Parámetros de Florícola.

Elaborado por los autores.

<b>PARÁMETROS GENERALES</b>	<b>Dato</b>	<b>Unidades</b>
Fuerza laboral actual	100	operarios
Número de días trabajados	20	días/mes
Número de horas normales al día	8	h/día
Número máximo de horas suplementarias	48	h/mes
Número máximo de horas extraordinarias	32	h/mes
Horas requeridas por kilo de rosas	0,139	h/kgxoperario
Número de Cuartos frío	1	cuartos fríos
Número de camiones	0	camiones
<b>PARÁMETROS DE COSTOS</b>	<b>Dato</b>	<b>Unidades</b>
Costo de producir un kilo de rosas	2,72	\$/kg de rosa
Costo de contratar (+capacitación)	578,99	\$/operario
Costo de despedir	1869,3	\$/operario
Costo por hora normal	2,98	\$/hora
Costo de hora suplementaria	4,47	\$/hora
Costo de hora extraordinaria	5,96	\$/hora
Costo de subcontratar un kilo de rosas	4,70	\$/kg de rosa
Costo de subcontratar un kilo de rosas en Febrero	9,03	\$/kg de rosa
Costo de subcontratar un kilo de rosas en Mayo	5,82	\$/kg de rosa
Costo de Cuarto frío	4581,5	\$/cuarto frío
Costo de camión	0	\$/camión
Costo de Subcontratar camión	5000	\$/camión
<b>PARÁMETROS DE CAPACIDAD</b>	<b>Dato</b>	<b>Unidades</b>
Capacidad de cuarto frío extra	0	kg
Capacidad de camión extra	100000	kg/mes

### 6.2.2 Parámetros agencia de carga

Los parámetros para el modelo de la agencia de carga son semejantes a los de la florícola, ya que manejan recursos similares. Por este motivo, los modelos de planeación agregada pueden ser similares. Como se menciona en la sección 5.1., cada eslabón de la cadena puede tener diferentes recursos, por lo que a continuación se indican y explican los parámetros tomados en cuenta para el modelo.

#### Parámetros generales

A continuación se presentan aquellos parámetros que son generales en la empresa. Éstos se asemejan a los de la florícola y cubran las horas de trabajo así como los recursos con los que se cuenta para realizar el proceso de consolidación.

$W_{g0} = \text{Fuerza laboral inicial en la agencia}$

La fuerza laboral con la que se inicia en este caso de estudio es de 92 operarios. Éste es el promedio de fuerza laboral que se dio en el año 2013, pero representa el total de operarios en la empresa para manejar los materiales que pasen por Consolida EC.. Por este motivo, es necesario conocer la cantidad de operarios necesarios para manejar sólo rosas. De la información otorgada por Expoflores se sabe que del total de flores exportadas a Estados Unidos, en los últimos tres años, las rosas representan el 27% del total.

$$W_{g0} = 92 \times 27\%$$

$$W_{g0} = 24,84$$

$$W_{g0} = 25 \text{ operarios}$$

De esta forma si se usaron 92 operarios para el manejo de todas las flores, para el manejo de rosas exclusivamente se necesitan 25 operarios.

$n_g = \text{Número de días de trabajo de un operario en la agencia al mes}$

Al igual que en las florícolas, los operarios de las agencias trabajan 5 días a la semana, lo cual resulta en que se trabaja 20 días al mes.

$h_g = \text{Horas trabajadas al día en la agencia}$

El turno que debe trabajar cada operario en ConsolidaEC es de 8 horas al día.

$o_g = \text{Número de horas suplementarias máximas en la agencia}$



Las horas suplementarias de la agencia se rigen con el Ministerio de relaciones laborales. Previamente en los parámetros de la florícola se señala que según la Dirección Nacional de Asesoría Jurídica (Código del Trabajo, 2013, pág. 13) el tiempo máximo de horas suplementarias es de 48 horas al mes.

$z_g =$  *Número de horas extraordinarias máximas en la agencia*

Se establece que el límite de horas extraordinarias es de 32 horas al mes. Este límite de horas no se especifica en el código de trabajo, pero se lo establece ya que el trabajo es pesado y se lo realiza en condiciones de temperatura baja.

$K_g =$  *Horas necesarias de trabajo para producir un kilo de rosas*

Para calcular las horas necesarias para procesar un kilo de rosas en Consolida EC se realiza una estimación basada en la capacidad mensual promedio que tiene la compañía y se toma en cuenta el número de operarios y las horas trabajadas al mes. Primero, se sabe que la compañía en promedio maneja 1,5 millones de kilos al mes. Además, los altos directivos comunican que los operarios trabajan 20 días al mes 8 horas al día. Finalmente, se tiene que la fuerza laboral promedio del año 2013 fue de 92 operarios. A continuación se presenta el cálculo de este parámetro

$$K_g = \frac{92 \text{ operarios} \times 20 \text{ días} \times 8 \text{ horas diarias}}{1'500.000 \text{ kilos mensuales}}$$

$$K_g = 0,00981 \text{ horas/kilo}$$

$A_g =$  *Número de cuartos fríos de la agencia*

La agencia cuenta con un cuarto frío de gran capacidad como se menciona previamente

$G_g =$  *Número de camiones propios de la agencia*

Los ejecutivos de la empresa Consolida EC, mencionan que actualmente se manejan 4 tráileres propios en el proceso de transporte.

### **Parámetros de costos**

Es relevante conocer los parámetros del modelo, en especial los parámetros que rigen los costos de producción. Esto se debe a que estos parámetros son los principales al resolver el modelo, pues se trata de minimizar el costo total.

$c_{gP}$  = *Costo de procesar un kilo de rosas en la agencia*

En Consolida EC, el precio de procesar un kilo de rosas está cubierto principalmente por el costo de mano de obra de la empresa. Por este motivo, en este caso en específico, se sabe que cada kilo de rosa no tiene un costo relevante al ser procesado por lo cual sólo se toman en cuenta los costos de personal, los cuales se presentan posteriormente en este mismo apartado.

$c_{gI}$  = *Costo de mantener un kilo de rosas de inventario en la agencia*

El costo de inventario de la agencia no varía dependiendo de la cantidad de cajas de rosas que se mantienen, sino que éste depende de valores fijos como el pago de la bodega, el mismo que se refiere al cuarto frío y se explica adelante en esta misma sección. Para evitar que el modelo tenga inventario, se usa el método de la gran M lo que implica que el costo sea muy elevado.

$c_{gS}$  = *Costo de un kilo de rosas faltante o retrasado en la agencia*

El costo de faltante para la agencia de carga no está cuantificado, ya que esto depende del cliente. Cada cliente tiene un diferente trato, motivo por el cual el costo de faltante puede ir desde un reproceso hasta la pérdida de un cliente. Para este modelo se utiliza el caso más extremo, es decir se considera la pérdida de un cliente; por lo cual no se pueden aceptar faltantes y se utiliza nuevamente el método de la gran M para este parámetro.

$c_{gR}$  = Costo de hora regular en la agencia

En la información es proporcionada por Consolida EC. Se entiende que el pago por hora para un operario es de \$ 3,35. Sin embargo, este pago promedia varios de los bonos que recibe el operario como el 13ro, 14to, vacaciones entre otros. Por otro lado la empresa menciona que las horas suplementarias ( $c_{gO}$ ), se rigen a la ley y tiene un costo de \$ 2,71. Puesto que las horas suplementarias tienen una recarga del 50% de la hora regular, es sencillo realizar el cálculo para determinar las horas regulares.

$$c_{gO} = c_{gR} + 0,5c_{gR}$$

$$c_{gO} = 1,5c_{gR}$$

$$c_{gR} = \frac{c_{gO}}{1,5}$$

$$c_{gR} = \$ 1,81$$

*Costo de horas extra*

Al igual que en la florícola los costos de horas extras están divididos en horas suplementarias y horas extraordinarias. Estos costos han sido brindados por la agencia y se presentan a continuación.

-  $c_{gO}$  = Costo de hora suplementaria en la agencia

El pago de horas suplementarias en la agencia Consolida EC es de \$ 2,71, y al igual que la florícola se basa en reglamentos del Ministerio de Relaciones Laborales.

$$c_{gO} = 2,71 \frac{\$}{hora}$$

-  $c_{gO}$  = Costo de hora extraordinaria en la agencia

El pago de horas extraordinarias en la agencia Consolida EC es de \$ 3,61, y al igual que horas suplementarias se basan reglamentos del Ministerio de Relaciones Laborales.

$$c_{gz} = 3,61 \frac{\$}{hora}$$

$c_{gH}$  = Costo de contratar un operario en la agencia

La planeación agregada, como se menciona en la sección 2.7, permite conocer la cantidad de personas que deben ser contratadas. Por este motivo, es importante conocer el costo que implica contratar nuevos operarios. El cálculo de este costo no está cuantificado de una manera exacta por la agencia Consolida EC, pero los directivos señalan que se tiene un costo aproximado de \$100.

$c_{gL}$  = Costo de despedir un operario en la agencia

La agencia de carga Consolida EC, al igual que la florícola y la gran mayoría de empresas se rigen en los reglamentos del Ministerio de Relaciones Laborales. Cada compañía debe pagar diferentes montos de despido a un operario dependiendo de su tiempo de trabajo. En esta ocasión Consolida EC nos da acceso al costo de despedir a un operario cuando éste ha trabajado por un año.

$$c_{gL} = \$ 1.146,54$$

$c_{gC}$  = Costo de subcontratar en la agencia

A diferencia de la florícola, la agencia de carga no subcontrata el proceso de ninguna de sus mercancías. Al igual que en el caso del inventario, se debe evitar la existencia de kilos subcontratados, pero no se elimina este parámetro del modelo ya que puede que las otras agencias de carga si subcontraten el proceso de sus mercancías. Para evitar la existencia de

kilos subcontratados se debe ubicar una gran M en el caso de kilo subcontratado, ya que el objetivo es minimizar los costos.

$c_{gA}$  = Costo de cuarto frío propio de la agencia

De la misma forma que en la florícola el costo de mantener el cuarto frío es considerado como un costo fijo para el modelo. El costo por mantener el cuarto frío de Consolida EC es de \$3000 y se paga de manera mensual.

$$c_{gA} = \$ 3.000$$

$c_{gB}$  = Costo de subcontratar un cuarto frío en la agencia

El costo de subcontratar un cuarto frío es dependiente de los kilos que se necesiten mantener en el cuarto frío. Los ejecutivos mencionan que el costo es parecido al costo del cuarto frío propio pero éste no es fijo sino que se paga por el número de kilos que se usen en el cuarto frío extra. Se sabe que el costo por el cuarto frío propio es de \$3.000, el cual tiene una capacidad de 160 toneladas. Además, se asume un aumento del 10% por cada kilo de rosas dado que es subcontratado. Por lo cual el costo de subcontratar un cuarto frío se da de la siguiente manera.

$$c_{gB} = \left( \frac{\$3.000}{160ton} \right) \left( \frac{1ton}{1.000kg} \right) \times 1.1$$

$$c_{gB} = 0,021 \frac{\$}{kg}$$

$c_{gG}$  = Costo de trailers propios de la agencia

El costo de mantener los camiones propios de la agencia es considerado un costo fijo al igual que el costo del cuarto frío. La información obtenida por los ejecutivos de la agencia señala que el costo es de \$2.000 por cada tráiler.

*Costos de subcontratar transporte.*

En esta ocasión la agencia maneja dos diferentes tipos de transporte que pueden ser subcontratados para que los kilos de rosas lleguen hasta las paletizadoras. Los transportes son camiones y tráileres.

-  $c_{gJ}$  = Costo de subcontratar un camión en la agencia

El costo para subcontratar se calcula dado que contratar un camión al día cuesta \$150, y se sabe que la agencia trabaja todos los días por lo cual el costo sería de

$$c_{gJ} = \$150 \times 30$$

$$c_{gJ} = \$ 4.500$$

-  $c_{gT}$  = Costo de subcontratar un tráiler en la agencia

La forma de calcular el costo por subcontratar un tráiler es semejante al costo por subcontratar un camión. El tráiler cuesta \$ 350 al día, por lo cual

$$c_{gT} = \$350 \times 30$$

$$c_{gT} = \$ 10.500$$

### **Parámetros de capacidad**

Los parámetros que se presentan a continuación indican la capacidad de los recursos que tiene la agencia de carga. Éstos son importantes en las restricciones del modelo de planeación agregada.

$u_{gA}$  = Capacidad del cuarto frío de la agencia

Previamente se menciona que el cuarto frío de la agencia Consolida EC tiene una capacidad de 160 toneladas.

$$u_{gA} = 160ton \left( \frac{1.000kg}{1ton} \right)$$

$$u_{gA} = 160.000kg$$

Se sabe que en Consolida EC se tiene una rotación de inventario muy elevada, la cual diariamente cambia. Por este motivo es necesario calcular la capacidad del cuarto frío a nivel mensual. El cuarto frío, puede mantener una capacidad de 160000kg todos los días, pero a su vez se sabe que esta capacidad es para todos los tipos de flores, por lo cual es necesario multiplicar esta capacidad por el porcentaje de rosas exportadas hacia Estados Unidos, el cual es de 27%.

$$u_{gA} = 160.000kg \times 30 \times 0,27$$

$$u_{gA} = 1'296.000kg$$

$u_{gG} = \text{Capacidad del trailer de la agencia}$

La capacidad de cada tráiler que tiene la agencia es de 8.000kg, dado que los tráileres realizan un viaje diario, y que la agencia trabaja los 30 días del mes se tiene que la capacidad mensual de los tráileres de la agencia es de

$$u_{gG} = 8.000 kg \times 30$$

$$u_{gG} = 240.000 kg$$

Es necesario recordar que esta capacidad es para todos los tipos de flores de exportación, sin embargo el estudio se centra en las rosas de por lo cual esta capacidad debe ser reducida a ese porcentaje el cual, como se menciona previamente, es del 27%, dando así:

$$u_{gG} = 240.000kg \times 27\%$$

$$u_{gG} = 64.800kg$$

$u_{gJ} = \text{Capacidad del camión subcontratado por la agencia}$

La capacidad de cada camión que se puede subcontratar es de 5.000kg. Estos camiones también pueden ser contratados todos los días del mes por lo cual su capacidad mensual es de

$$u_{gJ} = 5.000 \text{ kg} \times 30$$

$$u_{gJ} = 150.000 \text{ kg}$$

$u_{gT} = \text{Capacidad del tráiler subcontratado por la agencia}$

La capacidad de cada tráiler que se puede subcontratar es de 8.000kg, y al igual que los camiones se los puede contratar durante todo el mes por lo cual:

$$u_{gT} = 8.000 \text{ kg} \times 30$$

$$u_{gT} = 240.000 \text{ kg}$$

A continuación se presenta la tabla 6.2.3, la cual resume los parámetros presentados previamente.



Tabla 6. 2. 3. Parámetros Consolida EC.

Elaborado por los autores.

<b>PARÁMETROS GENERALES</b>	<b>Dato</b>	<b>Unidades</b>
Fuerza laboral actual	25,00	operarios
Número de días trabajados	20,00	días/mes
Número de horas normales	8,00	h/día
Número máximo de horas suplementarias	48,00	h/mes
Número máximo de horas extraordinarias	32,00	h/mes
Horas requeridas por kilo de rosas	0,0098	h/kgxoperario
Número de cuartos fríos	1,00	cuartos fríos
Número de camiones	4,00	camiones
<b>PARÁMETROS DE COSTOS</b>	<b>Dato</b>	<b>Unidades</b>
Costo de contratar(+capacitación)	100,00	\$/operario
Costo de despedir	1146,54	\$/operario
Costo por hora normal	1,81	\$/hora
Costo de hora suplementaria	2,71	\$/hora
Costo de hora extraordinaria	3,61	\$/hora
Costo de cuarto frío	3000,00	\$/cuarto frío
Costo de subcontratar un kilo en cuarto frío	0,02	\$/kg de rosa
Costo de tráiler	2000,00	\$/tráiler
Costo de subcontratar camión	4500,00	\$/camión
Costo de subcontratar tráiler	10500,00	\$/tráiler
<b>PARÁMETROS DE CAPACIDAD</b>	<b>Dato</b>	<b>Unidades</b>
Capacidad de cuarto frío	1296000,00	kg/mes
Capacidad de cuarto frío extra	0,00	kg/mes
Capacidad de tráileres	64800,00	kg/mes
Capacidad de camión extra	150000,00	kg/mes
Capacidad de tráiler extra	240000,00	kg/mes

### 6.2.3. Parámetros paletizadora

Los parámetros de la empresa NOVACARGO, fueron otorgados por los altos ejecutivos de la misma. A continuación, se presentan los parámetros utilizados en el modelo de planeación agregada para la paletizadora.

#### Parámetros generales

La paletizadora, al igual que la florícola como la agencia de carga, cuenta con parámetros generales que establecen el buen funcionamiento de la compañía. A continuación, se presentan estos parámetros:

$W_{p0}$  = Fuerza laboral inicial en la paletizadora

Dado que el pronóstico se da desde el periodo de enero de 2014, es necesario conocer la cantidad de personas que estuvieron en diciembre del 2013. La fuerza laboral para diciembre de 2013 fue de 60 operarios. Sin embargo, estos operarios son los necesarios para manejar toda la carga de la florícola. Por esta razón, para determinar cuántos operarios se necesitan para el manejo de las rosas se realiza el mismo cálculo que en la agencia, en la cual se determina que en promedio el 27% de las flores pertenecen a rosas exportadas a Estados Unidos.

$$W_{p0} = 60 * 27\%$$

$$W_{p0} = 16,2$$

$$W_{p0} = 17 \text{ operarios}$$

$n_p$  = Número de días de trabajo de un operario en la paletizadora al mes

En la paletizadora NOVACARGO S.A. cada operario trabaja 20 días al mes.

$h_p$  = Horas trabajadas al día en la paletizadora

La paletizadora maneja tres turnos de trabajo, en la cual cada operario debe trabajar 8 horas al día.

$o_p$  = Número de horas suplementarias máximas en la paletizadora

El código de trabajo sugiere que el número máximo de horas suplementarias que debe trabajar un operario es de 48 horas.

$z_p$  = Número de horas extraordinarias máximas en la paletizadora

Al igual que las horas suplementarias, es necesario determinar un número máximo de horas extraordinarias trabajadas. En esta ocasión se impone 32 horas máximas por operarios al mes.

$K_p = \text{Horas necesarias de trabajo para producir un kilo de rosas}$

Este dato no se tiene estimado en la paletizadora. Sin embargo, para este proyecto se utilizan varios cálculos que determinan el tiempo necesario para paletizar un kilo de rosas. Primero, se toma en cuenta la cantidad de kilos procesados y la cantidad de operarios por cada periodo en un rango de marzo a diciembre de 2013 para calcular cuantos kilos se han procesado por operario. Se usa este rango, dado que es la información disponible por parte de la agencia. La tabla con los cálculos de kilos por operario se presentan a continuación.

**Tabla 6. 2. 4. Kilos procesados por operario en NOVACARGO.**

Elaborado por los autores. Fuente Novacargo.

<b>Mes</b>	<b>Kilos Procesados</b>	<b>N de operarios</b>	<b>Kilos/operario</b>
<b>Marzo</b>	3320196,42	79	42027,80
<b>Abril</b>	4628595,28	66	70130,23
<b>Mayo</b>	5065071,06	64	79141,74
<b>Junio</b>	4444509,77	57	77973,86
<b>Julio</b>	3921663,38	53	73993,65
<b>Agosto</b>	4477891,87	57	78559,51
<b>Septiembre</b>	4443463,42	62	71668,76
<b>Octubre</b>	5203813,65	66	78845,66
<b>Noviembre</b>	5387587,34	68	79229,23
<b>Diciembre</b>	5094282,07	60	84904,70

Para continuar con el cálculo, se menciona que los operarios trabajan 20 días al mes en turnos de ocho horas, dando un total de 160 horas al mes por operario. Considerando esto y el promedio de kilos procesados por operario se calcula las horas requeridas por operario para procesar un kilo de rosas.

$$K_p = \frac{160 \text{ horas}}{73647,5 \text{ kilo}}$$

$$K_p = 0,002173 \text{ horas/kilo}$$

### Parámetros de costos

A continuación se presentan los parámetros respecto a los costos de procesamiento en la paletizadora. Éstos han sido otorgados por la compañía para el uso académico de este proyecto.

$c_{pR}$  = Costo de hora regular en la paletizadora

Los altos ejecutivos de NOVACARGO S.A. facilitaron la información en la cual el costo por hora regular de cada operario es de \$1,42.

$c_{pO}$  = Costo de hora suplementaria en la paletizadora

El costo por cada hora suplementaria es calculado bajo los reglamentos del Ministerio de Relaciones Laborales, por lo cual su costo se presenta a continuación.

$$c_{pO} = 1,42 \frac{\$}{hora} + \left( \$1,42 \frac{\$}{hora} \times 0,5 \right)$$

$$c_{pO} = 2,13 \frac{\$}{hora}$$

$c_{pZ}$  = Costo de hora extraordinaria en la paletizadora

El costo por cada hora suplementaria es calculado bajo los reglamentos del Ministerio de Relaciones Laborales, por lo cual su costo se presenta a continuación.

$$c_{pZ} = 1,42 \frac{\$}{hora} + \left( \$1,42 \frac{\$}{hora} \times 1 \right)$$

$$c_{pZ} = 2,84 \frac{\$}{hora}$$

$c_{pP}$  = Costo de procesar un kilo de rosas en la paletizadora

La gran mayoría de costos necesarios para el procesamiento de un kilo de rosas en la paletizadora, son costos fijos entre los cuales se tienen: el costo del arriendo de oficinas y

bodega, los costos administrativos, los costos de seguridad, los costo de suministros, entre otros.

El único costo variable en la paletizadora para la producción es un impuesto que se paga a la Quiport, empresa encargada del manejo aeroportuario de Quito. Este impuesto es de \$ 0,00831 por cada kilo.

$$c_{pP} = 0,00831 \frac{\$}{kg}$$

$c_{pI}$  = Costo de mantener un kilo de rosas de inventario en un periodo

El inventario en la cadena de suministro es de una elevada rotación, por lo cual no se mantiene inventario en la paletizadora. Para evitar que el modelo ubique inventario en el modelo, se usa el método de la gran M

$c_{pS}$  = Costo de un kilo de rosas faltante o retrasado en la paletizadora

En los modelos previos, de la florícola y de la agencia de carga, se observa que existen diferentes maneras de medir el costo de kilos faltantes. Sin embargo en la paletizadora, el costo de faltante no es asumido por la compañía, por lo cual no existe un costo de faltante o retraso.

$c_{pH}$  = Costo de contratar un operario en la paletizadora

El costo de contratar un nuevo operario puede estar dado por los costos de capacitación y de publicidad que facilita una empresa. Sin embargo, en NOVACARGO el costo de contratar un nuevo operario se da por la dotación entregada al operario, mientras que la capacitación es interna y no representa un costo. El costo de la dotación por operario es de \$ 100 por lo cual

$$c_{pH} = \$100$$

$c_{pL}$  = Costo de despedir un operario en la paletizadora

Al igual que los modelos de la florícola y de la agencia, el costo de despedir a un operario es calculado bajo los reglamentos del Ministerio de Relaciones Laborales. A continuación se presenta el costo de despedir un operario otorgado por la paletizadora.

$$c_{pL} = \$920,88$$

Todos los parámetros de la paletizadora se indican en la tabla 6.2.5 la cual se presentan a continuación

**Tabla 6. 2. 5. Parámetros Novacargo S.A.**

Elaborado por los autores.

<b>PARÁMETROS GENERALES</b>	<b>Dato</b>	<b>Unidades</b>
Fuerza laboral actual	17	operarios
Número de días trabajados	20	días/mes
Número de horas normales	8	h/día
Número máximo de horas suplementarias	48	h/mes
Número máximo de horas extraordinarias	32	h/mes
Horas requeridas por kilo de rosas	0,0022	h/kgxoperario
<b>PARÁMETROS DE COSTOS</b>	<b>Dato</b>	<b>Unidades</b>
Costo de producir un kilo de rosas	0,0083	\$/kg
Costo de contratar(+capacitación)	100	\$/operario
Costo de despedir	920,88	\$/operario
Costo por hora normal	1,42	\$/hora
Costo de hora suplementaria	2,13	\$/hora
Costo de hora extraordinaria	2,84	\$/hora

## Capítulo VII: Análisis y modelamiento

El análisis y modelamiento de datos se dividirá en dos partes. La primera consiste en investigar, a través de la función de demanda y un análisis de regresión de la misma, qué factores pueden tener una influencia en el comportamiento de la demanda de rosas en E.E.U.U. Los factores planteados se han tomado de las entrevistas, encuestas y de la investigación que han realizado los autores. Es importante resaltar que no se busca encontrar un modelo de la demanda, sino tan sólo encontrar qué factores pueden afectar a la misma, con el fin de proporcionar criterios más claros que puedan tomar en cuenta los actores de la cadena a la hora de planificar sus actividades y operaciones en horizontes de tiempo cercanos.

La segunda parte, consiste en encontrar un modelo que ayude a predecir la demanda futura de rosas en E.E.U.U. Con este fin, se han planteado diferentes modelos de pronósticos. De éstos se ha hecho una comparación de errores basándose en criterios propuestos por los autores. La comparación ayuda a concluir cuál de estos modelos es el que mejor se adapta a la demanda.<sup>2</sup>

### 7.1. Función de demanda

La función de la demanda, determina la ecuación de regresión que se pretende analizar con el fin de concluir sobre los factores que pueden tener una afectación en la demanda de rosas en E.E.U.U. La ecuación propuesta por los autores se muestra a continuación:

---

<sup>2</sup> Nota: Para la resolución de modelos se utilizan hojas de cálculo realizadas por los autores, Minitab 16 y EViews 8.

$$\begin{aligned}
 Y = & \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 \quad (7.1.1.) \\
 & + \beta_{10} X_{10} + \beta_{11} X_{11} + \beta_{12} X_{12} + \beta_{13} X_{13} + \beta_{14} X_{14} + \beta_{15} X_{15} \\
 & + \beta_{16} X_{16} + \beta_{17} X_{17} + \beta_{18} X_{18} + \beta_{19} X_{19} + \beta_{20} X_{20} + \mu
 \end{aligned}$$

donde

$Y$ : Demanda mensual de rosas ecuatorianas exportadas a E.E.U.U. (toneladas)

$X_1$ : Precio mensual promedio de rosas ecuatorianas exportadas a E.E.U.U. (en miles de dólares)

$X_2$ : Demanda mensual de otro tipo de flores ecuatorianas exportadas a E.E.U.U. (toneladas)

$X_3$ : Precio mensual promedio de otro tipo de flores ecuatorianas exportadas a E.E.U.U.

( en miles de dólares)

$X_4$ : Producto interno bruto per cápita de E.E.U.U. (en miles de dólares)

$X_5$ : Temperatura promedio mensual de E.E.U.U. (en grados Celsius)

$X_6$ : Demanda mensual de flores colombianas exportadas a E.E.U.U. (toneladas)

$X_7$ : Total de exportaciones no tradicionales ecuatorianas. (en miles de dólares)

$X_8$ : Importaciones de flores, semillas y follajes de E.E.U.U. (en miles de dólares)

$X_9 = \begin{cases} 1, & \text{si existió el acuerdo ATPDEA en el período correspondiente} \\ 0, & \text{si no existió} \end{cases}$

$X_{10} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a enero} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$

$X_{11} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a febrero} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$

$X_{12} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a marzo} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$

$X_{13} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a abril} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$

$X_{14} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a mayo} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$

$X_{15} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a junio} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$



$$X_{16} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a julio} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$$

$$X_{17} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a agosto} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$$

$$X_{18} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a septiembre} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$$

$$X_{19} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a octubre} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$$

$$X_{20} = \begin{cases} 1, & \text{si el período corresponde a noviembre} \\ 0, & \text{si corresponde a otro mes} \end{cases}$$

$\mu$ : Término de error estocástico.

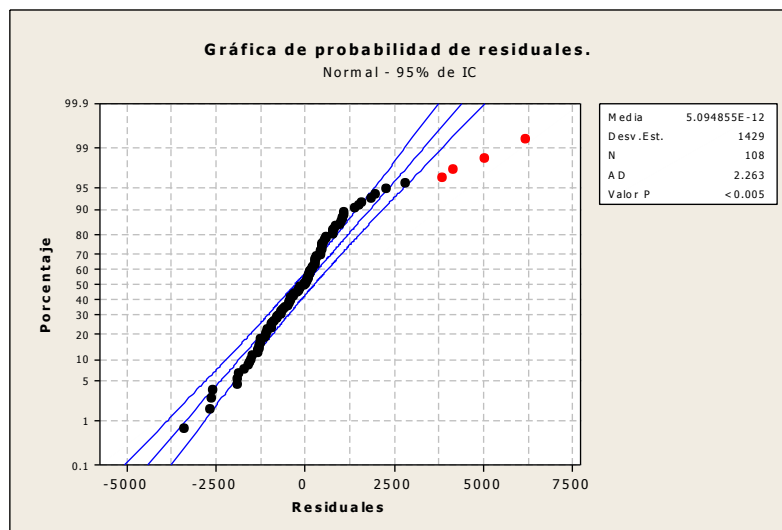
La selección de variables se hizo basada en las entrevistas a expertos y la investigación que hicieron los autores. Toda la información de las variables se buscó en períodos mensuales, sin embargo, no toda se consiguió de esta manera. En específico, los datos de *demanda de flores colombianas exportadas a E.E.U.U.* y *precio promedio de flores colombianas exportadas a E.E.U.U.*, se consiguió en períodos anuales. Además, el *PIB per cápita* se consiguió de forma trimestral. Lo que llevó a hacer las transformaciones correspondientes de datos, mediante promedios, con el fin de obtener observaciones mensuales de estos datos.

Los datos obtenidos de demanda de rosas ecuatorianas, demanda de otro tipo de flores ecuatorianas, demanda de flores colombianas, precio de las rosas ecuatorianas, precio de otro tipo de flores ecuatorianas, y el precio de flores colombianas han sido proporcionados por Exploflores (Exportación de flores 2003-2013, 2014). Mientras que el PIB per cápita (YCharts, 2014), y la temperatura de Estados Unidos (National Climatic Data Center, 2014) se han obtenido de bases de datos en línea. La disponibilidad de datos solo ha permitido hacer el análisis de la función de demanda desde enero de 2005 hasta diciembre de 2013.

Otro hecho importante de mencionar sobre la ecuación 7.1.1. es que se han incluido dos variables categóricas. La primera, toma en cuenta la existencia de la variable del acuerdo

comercial ATPDEA que mantuvo Ecuador con Estados Unidos. Ésta es una preferencia arancelaria para ciertos países de la Comunidad Andina, entre ellos Ecuador, que permitía el acceso libre de aranceles a más de 6,300 productos, uno de ellos las rosas (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2013). Además, se escogieron once variables categóricas, con el fin de entender si es que los meses son un factor que afecta a la demanda. En este punto, es importante resaltar que se escogieron tan sólo once variables, ya que siempre se debe agregar una variable categórica menos que los valores que pueda tomar esta, debido a que si no se puede caer en un efecto de multicolinealidad perfecta (Groebner, Shannon, Fry, & Smith, 2011, pág. 654). En este caso se ha decidido dejar afuera a la variable para el mes de diciembre.

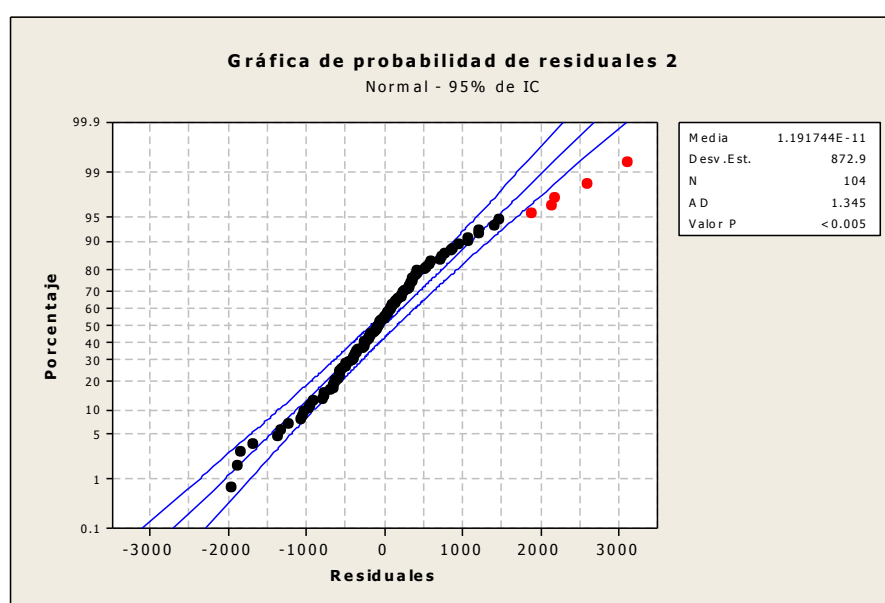
Primero, se comienza por realizar un análisis de los residuales de la regresión con el fin de comprobar si es que éstos siguen una distribución normal, y con esto confirmar que no se viola el supuesto de normalidad. La gráfica de probabilidad normal de los residuales para se presenta en la Figura 7.1.1.



**Figura 7. 1. 1. Gráfica de probabilidad normal de residuales para la función de demanda 1.**

**Elaborado por los autores.**

Como se puede observar, los puntos rojos representan desviaciones significativas que impiden que el supuesto de normalidad se cumpla. Debido a que el alcance de este estudio es tan sólo encontrar factores que puedan afectar a la demanda, se decide eliminar estas observaciones con el fin de cumplir el supuesto de normalidad. Estas observaciones corresponden al período 18, 40, 41 y 43. Una vez eliminadas éstas, se vuelve a hacer una prueba de normalidad de los nuevos residuales. La gráfica de normalidad de los residuales sin las observaciones se presenta a continuación.

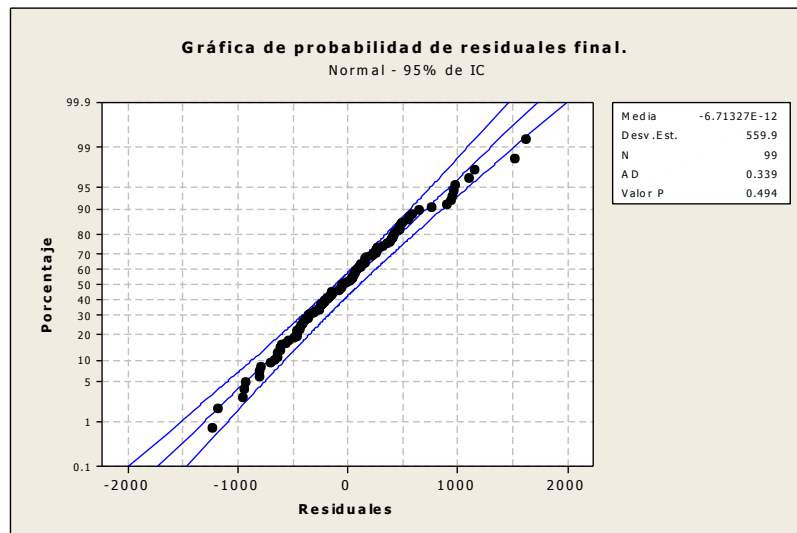


**Figura 7. 1. 2. Gráfica de probabilidad normal de residuales para la función de demanda 2.**

**Elaborado por los autores.**

Nuevamente, se puede observar que los puntos marcados con rojo en la Figura 7.1.2., presentan una desviación significativa de la normalidad. Por esta razón, una vez más se eliminan estas observaciones con el fin de cumplir el supuesto de normalidad. Las observaciones eliminadas son la 34, 36, 37, 38 y 39.

Una vez eliminados estos puntos, se vuelve a hacer una prueba de normalidad sobre los residuales. La nueva gráfica de probabilidad de residuales con las observaciones eliminadas se presenta en la Figura 7.1.3.



**Figura 7. 1. 3. Gráfica de probabilidad normal de residuales para la función de demanda 3.**

**Elaborado por los autores.**

En esta figura, se puede observar que una vez eliminadas las observaciones, el supuesto de normalidad se cumple con un valor-p de 0.494 comparada con un  $\alpha=0.05$ .

Debido a que los autores buscan encontrar factores que afecten a la demanda y no un modelo que explique la misma, se utilizará un  $\alpha=0.10$  para ver la significancia de las variables.

El análisis de regresión se corre con las observaciones restantes para las variables presentadas en la ecuación 7.1.1. Los resultados obtenidos en Minitab 16 se muestran en la Tabla 7.1.1.

**Tabla 7. 1. 1. Análisis de regresión con todas las variables.**

**Elaborado por los autores.**

La ecuación de regresión es

$$\begin{aligned} \text{TONS\_ROSAS} = & 5158 + 164 \text{ PRECIO\_ROSAS} + 0.063 \text{ TONS\_FLORES} - 1.44 \text{ PRECIO\_FLORES} \\ & - 0.348 \text{ PIB\_CAP} + 32.4 \text{ TEMP\_USA} + 0.143 \text{ TONS\_COLOLOMBIA} \\ & - 0.00075 \text{ EXP\_NÓ\_TRA} + 0.104 \text{ US\_IMPORTS} - 263 \text{ ATPDA} - 581 \text{ ENERO} \\ & - 783 \text{ FEBRERO} - 384 \text{ MARZO} - 1035 \text{ ABRIL} - 60 \text{ MAYO} - 608 \text{ JUNIO} \\ & - 716 \text{ JULIO} - 898 \text{ AGOSTO} - 746 \text{ SEPTIEMBRE} - 533 \text{ OCTUBRE} \\ & - 581 \text{ NOVIEMBRE} \end{aligned}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	5158	5578	0.92	0.358
PRECIO_ROSAS	164.36	60.01	2.74	0.008
TONS_FLORES	0.0634	0.1205	0.53	0.600

PRECIO_FLORES	-1.439	9.933	-0.14	0.885
PIB_CAP	-0.3481	0.4276	-0.81	0.418
TEMP_USA	32.45	71.14	0.46	0.650
TONS_COLOLOMBIA	0.1435	0.1334	1.08	0.286
EXP_NO_TRA	-0.000750	0.001782	-0.42	0.675
US_IMPORTS	0.10446	0.04710	2.22	0.029
ATPDA	-263.0	375.5	-0.70	0.486
ENERO	-581.1	526.1	-1.10	0.273
FEBRERO	-783.0	692.5	-1.13	0.262
MARZO	-384.3	540.5	-0.71	0.479
ABRIL	-1034.6	935.0	-1.11	0.272
MAYO	-60	1228	-0.05	0.961
JUNIO	-608	1478	-0.41	0.682
JULIO	-716	1651	-0.43	0.666
AGOSTO	-898	1592	-0.56	0.574
SEPTIEMBRE	-746	1322	-0.56	0.574
OCTUBRE	-532.7	884.8	-0.60	0.549
NOVIEMBRE	-581.0	524.2	-1.11	0.271

S = 633.490    R-cuad. = 44.1%    R-cuad.(ajustado) = 29.8%

#### Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	20	24704216	1235211	3.08	0.000
Error residual	78	31302168	401310		
Total	98	56006385			

En esta tabla se puede observar que se tiene un valor para el estadístico  $F$  es de 3.08. El valor crítico para este estadístico con  $\alpha=0.10$ , y 20 grados de libertad de la regresión y 78 grados de libertad para el error residual es  $F_{crítico}=1.52$  (Montgomery & Runger, 2009, pág. A9). El hecho de que  $F > F_{crítico}$  implica que al menos una de las variables regresoras contribuye de manera significativa al modelo (Montgomery & Runger, 2009, pág. 506). Además, resaltado en amarillo en la Tabla 7.1.1., se pueden ver las variables significativas al modelo cuyo valor-p es menor al  $\alpha = 0.10$  elegido por los autores. En este caso el  $R^2_{ajustado}=30.2\%$ , lo que dice que el modelo explica el 30.2% de la variabilidad implicada en la demanda.

Con el fin de mejorar los resultados, se decide eliminar las variables con un valor-p mayor a 0.5. Las variables que se van a utilizar en el siguiente análisis de regresión son: precio de las rosas ecuatorianas, PIB per cápita de E.E.U.U., la demanda de Colombia (tons), las importaciones de flores, semillas y follajes de E.E.U.U., la variable de enero, febrero,

marzo, abril y noviembre. Los resultados del análisis de regresión se presentan en la Tabla 7.1.2.

**Tabla 7. 1. 2. Análisis de regresión con variables de valor-p < 0.50 .**

**Elaborado por los autores.**

La ecuación de regresión es

$$\begin{aligned} \text{TONS\_ROSAS} = & 5205 + 138 \text{ PRECIO\_ROSAS} - 0.453 \text{ PIB\_CAP} + 0.210 \text{ TONS\_COLOLOMBIA} \\ & + 0.146 \text{ US\_IMPORTS} - 872 \text{ ENERO} - 1195 \text{ FEBRERO} - 176 \text{ MARZO} \\ & - 933 \text{ ABRIL} - 384 \text{ NOVIEMBRE} \end{aligned}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	5205	3615	1.44	0.153
PRECIO_ROSAS	138.41	51.69	2.68	0.009
PIB_CAP	-0.4528	0.2292	-1.98	0.051
TONS_COLOLOMBIA	0.21041	0.05617	3.75	0.000
US_IMPORTS	0.14605	0.02846	5.13	0.000
ENERO	-872.5	326.2	-2.67	0.009
FEBRERO	-1194.6	412.5	-2.90	0.005
MARZO	-176.0	235.9	-0.75	0.458
ABRIL	-932.7	291.0	-3.20	0.002
NOVIEMBRE	-384.1	232.4	-1.65	0.102

S = 614.509    R-cuad. = 40.0%    R-cuad. (ajustado) = 33.9%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	9	22398060	2488673	6.59	0.000
Error residual	89	33608325	377622		
Total	98	56006385			

En esta tabla se puede observar que se tiene un valor para el estadístico  $F$  es de 6.59. El valor crítico para este estadístico con  $\alpha=0.10$ , y 9 grados de libertad de la regresión y 89 grados de libertad para el error residual es  $F_{crítico}=1.703$  (Montgomery & Runger, 2009, pág. A9). El hecho de que  $F > F_{crítico}$  implica que al menos una de las variables regresoras contribuye de manera significativa al modelo (Montgomery & Runger, 2009, pág. 506). Señalado en amarillo en la Tabla 7.1.2., se puede observar que las variables significativas para el modelo con  $\alpha=0.10$ . En esta ocasión el  $R^2_{ajustado}=33.9\%$ , lo que quiere decir que este modelo explica 33.9% de la variabilidad de la demanda.

Esta vez, se eliminan las variables con un valor-p mayor a  $\alpha=0.10$ . Quedando un modelo con las variables: precio de las rosas ecuatorianas, demanda de Colombia, el PIB per cápita de E.E.U.U., importaciones de flores, semillas y follajes de E.E.U.U., enero, febrero y abril. Los resultados del análisis de regresión se muestran a continuación:

**Tabla 7. 1. 3. Análisis de regresión con variables de valor-p < 0.10.**

**Elaborado por los autores.**

La ecuación de regresión es

$$\text{TONS\_ROSAS} = 4891 + 140 \text{ PRECIO\_ROSAS} + 0.214 \text{ TONS\_COLOLOMBIA} + 0.146 \text{ US\_IMPORTS} - 0.440 \text{ PIB\_CAP} - 809 \text{ ENERO} - 1130 \text{ FEBRERO} - 870 \text{ ABRIL}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	4891	3618	1.35	0.180
PRECIO_ROSAS	139.65	51.02	2.74	0.007
TONS_COLOLOMBIA	0.21390	0.05644	3.79	0.000
US_IMPORTS	0.14561	0.02863	5.09	0.000
PIB_CAP	-0.4402	0.2293	-1.92	0.058
ENERO	-808.8	325.1	-2.49	0.015
FEBRERO	-1130.3	411.8	-2.74	0.007
ABRIL	-869.6	290.1	-3.00	0.004

S = 618.095    R-cuad. = 37.9%    R-cuad. (ajustado) = 33.2%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	7	21240646	3034378	7.94	0.000
Error residual	91	34765739	382041		
Total	98	56006385			

En la Tabla 7.1.3, se puede observar que se tiene un estadístico  $F=7.49$  que comparado con su valor crítico  $F_{crítico}=1.784$  (Montgomery & Runger, 2009, pág. A9), indica que al menos una de las variables es significativa para el modelo (Montgomery & Runger, 2009, pág. 506). Las variables significativas comparando el valor-p con un  $\alpha=0.10$ , se encuentran señaladas en amarillo. En cuanto al ajuste de la esta regresión se tiene un  $R^2$  ajustado=33.2%, lo que dice que el modelo explica 33.2% de la variabilidad de la demanda.

Con el análisis de regresión de la Tabla 7.1.3., se concluye que los factores que pueden afectar a la demanda son: el precio de venta de rosas ecuatorianas en E.E.U.U. en

miles de dólares, la demanda de flores colombianas en E.E.U.U., las importaciones de flores, semillas y follajes de E.E.U.U. en miles de dólares, el PIB per cápita de E.E.U.U., y las variables categóricas de enero, febrero y abril. Estos factores se deben tomar en cuenta antes de realizar un planeación en base a los pronósticos de demanda futura con el fin de minimizar el riesgo asociado a las mismas. Como se puede observar, los factores obtenidos mediante el análisis de la función de demanda toman en cuenta tanto el mercado objetivo de E.E.U.U. como la competencia que se tiene en el mismo.

Es importante, recordar que el fin de este trabajo no es realizar un modelo que de la demanda de rosas en E.E.U.U. Sin embargo, los autores dejan abierto a nuevas investigaciones la inclusión de otras variables que ayuden a formalizar un modelo que pueda explicar la demanda. En el Capítulo 9, se hará hincapié sobre las variables que se deberían incluir en el modelo y que por falta de información se han excluido de este trabajo.

Es de suma importancia que los actores de la cadena tomen en cuenta la información extraída del análisis de factores que afectan a la demanda. De esta manera, el conocimiento derivado de la investigación puede ser utilizado como guía y/o dirección en el proceso de planificación de las operaciones y actividades dentro de la cadena.

Se puede extender la investigación con el fin de hacer más robusto al modelo, a partir de las variables tomadas en cuenta aquí y por algunas otras que no se han incluido en este estudio. En el Capítulo 9, se hará hincapié sobre las variables que se deberían incluir en el modelo y que por falta de información se han excluido de este trabajo.

## **7.2. Pronósticos**

Con el fin de mejorar la planificación y alinear a los actores de la cadena de suministro, se propone utilizar un modelo de pronóstico que permita conocer con anticipación como variaría la demanda en un futuro cercano. Un modelo de pronósticos que se adapte a la



demanda de la industria, puede ser de gran utilidad para la planeación de actividades y minimización de costos. Conocer de antemano la demanda futura es disminuye la probabilidad de tomar decisiones erradas, al disminuir el porcentaje de incertidumbre que se tiene.

En este capítulo se hará un análisis de los diferentes tipos de modelos de pronóstico que existen para series de tiempo y se elegirá cuál es el mejor para la demanda de rosas en el mercado de Estados Unidos.

Primero, se analizará la serie de tiempo de la demanda histórica de rosas en Estados Unidos. De esta manera se entiende de manera general el comportamiento de la demanda. Esto permite visualizar en primera instancia si es que la serie presenta algún tipo de tendencia, comportamiento estacional, o ambos.

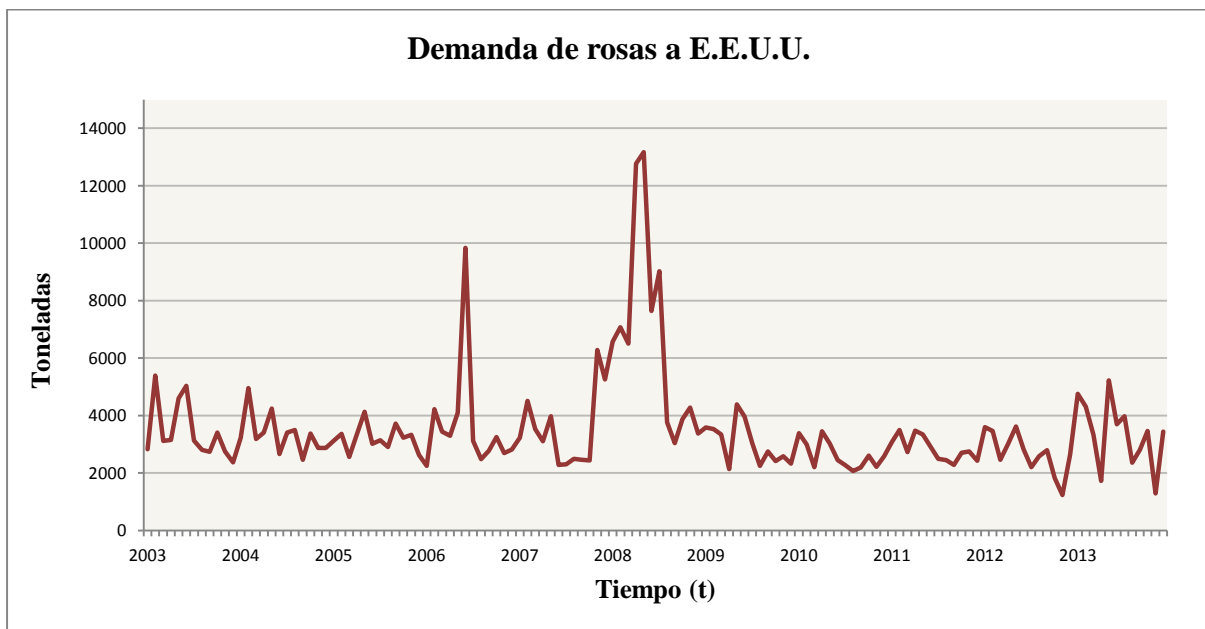
Los modelos de pronósticos a utilizar son promedios móviles, diferentes tipos de suavizamiento exponencial y el modelo econométrico ARIMA para series de tiempo. Con los resultados obtenidos se comparan los modelos para conocer cuál de ellos se adapta mejor a los datos que se tienen. Las medidas de comparación serán el DAM, ECM y EPAM; explicadas a detalle en el capítulo 3. Se presentarán los 3 errores para cada caso, sin embargo debido a que el EPAM es un error porcentual y es más fácil de visualizar se utilizará este error para el análisis general de cada modelo. Por convención el error que se espera para concluir que el pronóstico es bueno no debe ser mayor al 25% en el EPAM. Se ha llegado a esta convención ya que ésta es la primera vez que se hace un estudio de pronósticos para la cadena de suministro de rosas en Ecuador. Sin embargo, para futuros estudios se recomendaría que los errores de pronóstico al menos no superen el 20% en el EPAM.

El modelo de pronóstico que se escoja para la demanda a E.E.U.U. debe permitir tener un conocimiento del movimiento futuro al menos para el mediano plazo (12 meses como mínimo). Esto se debe a que la planeación de las operaciones para cualquier eslabón de la

cadena, en especial para las florícolas, se debe hacer con anticipación. Se recalca el caso especial de las florícolas, ya que la producción de flores, como es conocido, se debe hacer con meses de anticipación. La planeación de las operaciones implicará la contratación o despido de personal, planificar la capacidad productiva y de almacenamiento, entre otras actividades, es por esta razón que conocer la demanda con anticipación ayudará reducir los costos de operación.

### 7.2.1. Análisis de la demanda histórica

Se tienen 132 observaciones de la serie de tiempo que constituyen la demanda mensual de rosas desde enero de 2003 hasta diciembre de 2013, provistas por Exploflores (Anexo C). Los datos mensuales de demanda son los totales de exportaciones que ha hecho Ecuador durante el período de observación. Asimismo, los datos de demanda se encuentran expresados en toneladas de flores exportadas. En la Figura 7.2.1., se puede observar la gráfica de la serie de tiempo de demanda de rosas en Estados Unidos.



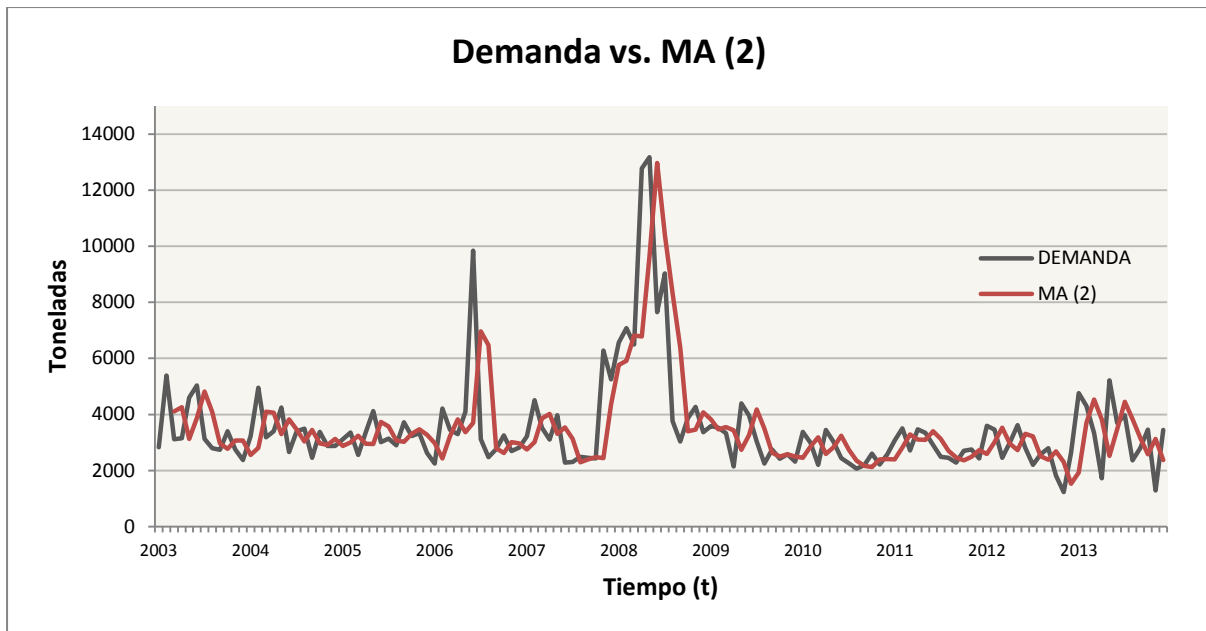
**Figura 7. 2. 1. Demanda de rosas a E.E.U.U.**

**Elaborado por los autores.**

Se puede observar que la demanda presenta algunos picos alrededor en 2006 y 2008. En el resto de puntos se nota una demanda estable, quizá incluso estacionaria sobre la media. No se puede denotar a simple vista ninguna tendencia ni algún comportamiento estacional. Con la aplicación de los modelos se podrá determinar si es que existe alguna tendencia o comportamiento estacional.

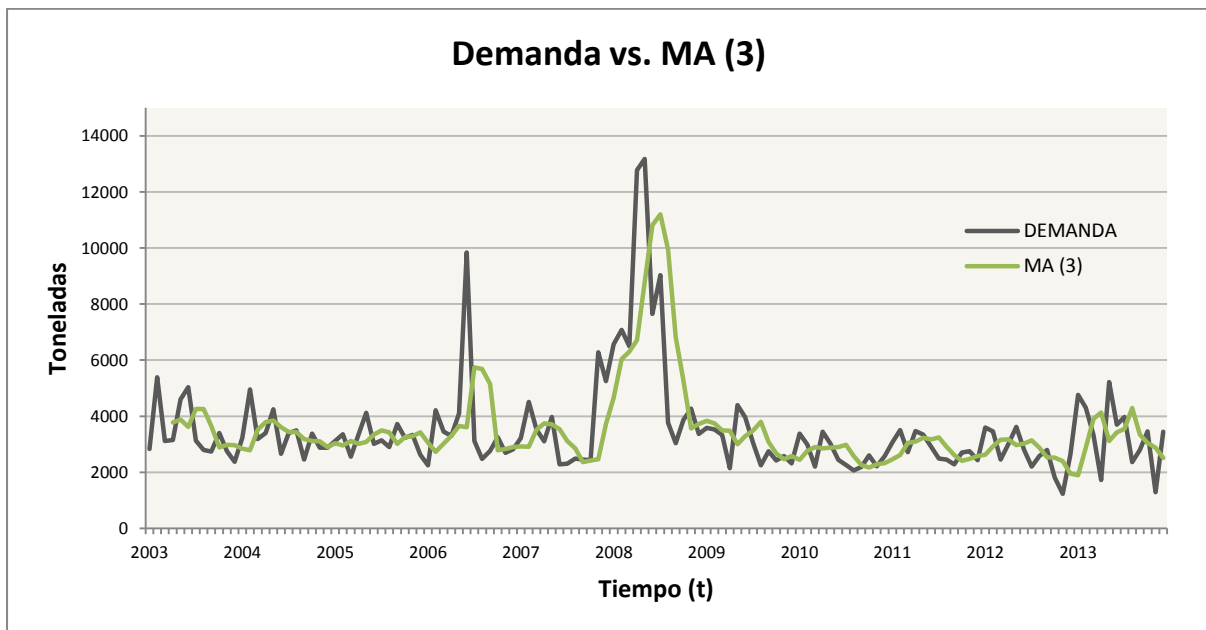
### **7.2.2. Promedios móviles**

Se ha decidido utilizar varios modelos de promedios móviles con el fin de tener más opciones para pronosticar datos. Sin embargo, todos los modelos de pronóstico con promedios móviles tienen una limitación muy grande, sólo se puede pronosticar para un período adelante si es que no se poseen datos de la demanda real. Se han utilizado promedios móviles para 2, 3, 4, 6 y 12 períodos anteriores. Los resultados se muestran en el Anexo L. A manera de resumen se presentarán los resultados gráficos de cada uno de los modelos de promedios móviles y una tabla con los errores para cada caso. Se utilizará la notación MA (n) para denotar el promedio móvil para n períodos anteriores (MA: moving average, promedio móvil en inglés). Las Figuras 7.2.2., 7.2.3., 7.2.4., 7.2.5. y 7.2.6., muestran la comparación de la serie de tiempo de la demanda real versus el promedio móvil especificado.



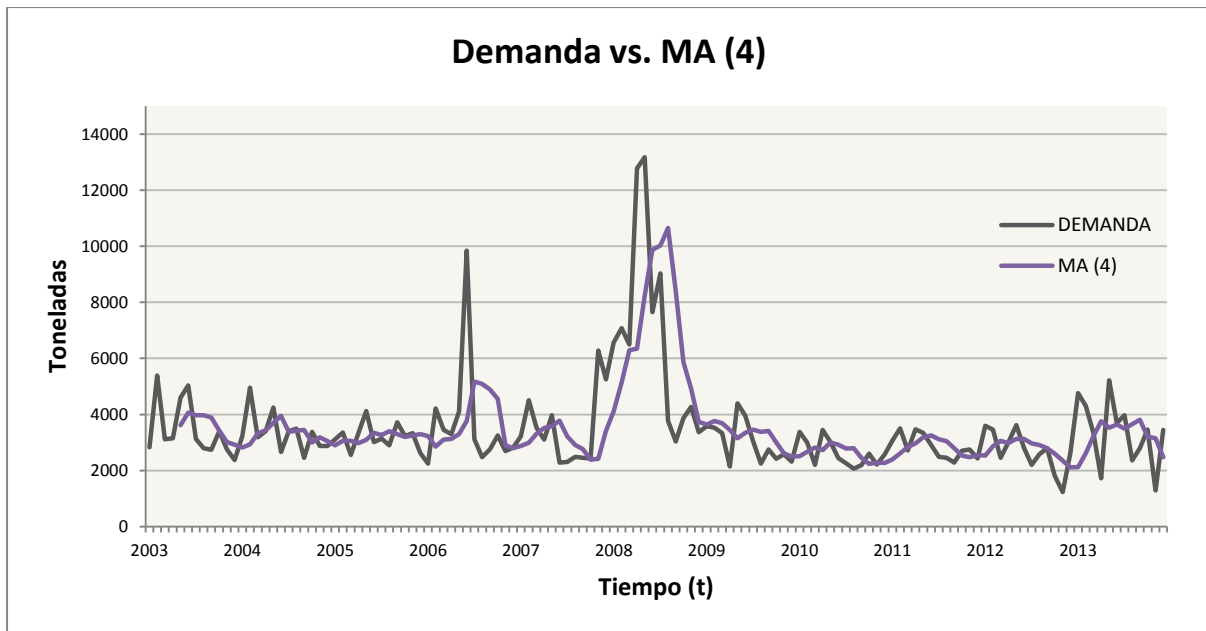
**Figura 7. 2. 2. Demanda vs. Pronóstico MA (2).**

**Elaborado por los autores.**



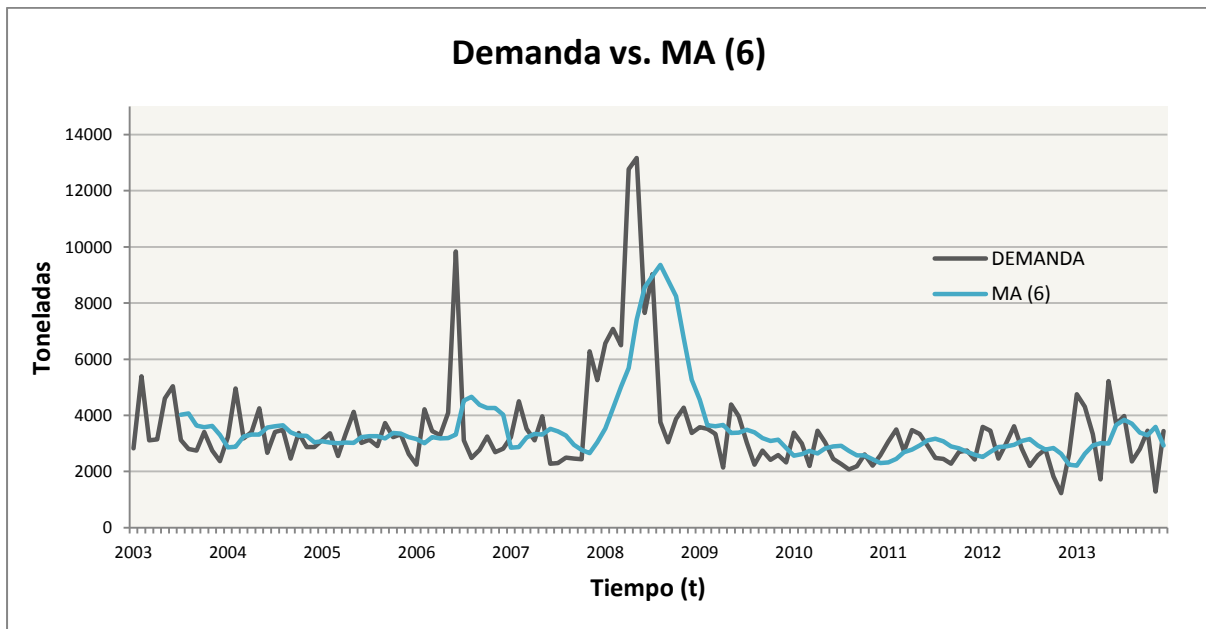
**Figura 7. 2. 3. Demanda vs. Pronóstico MA (3).**

**Elaborado por los autores.**



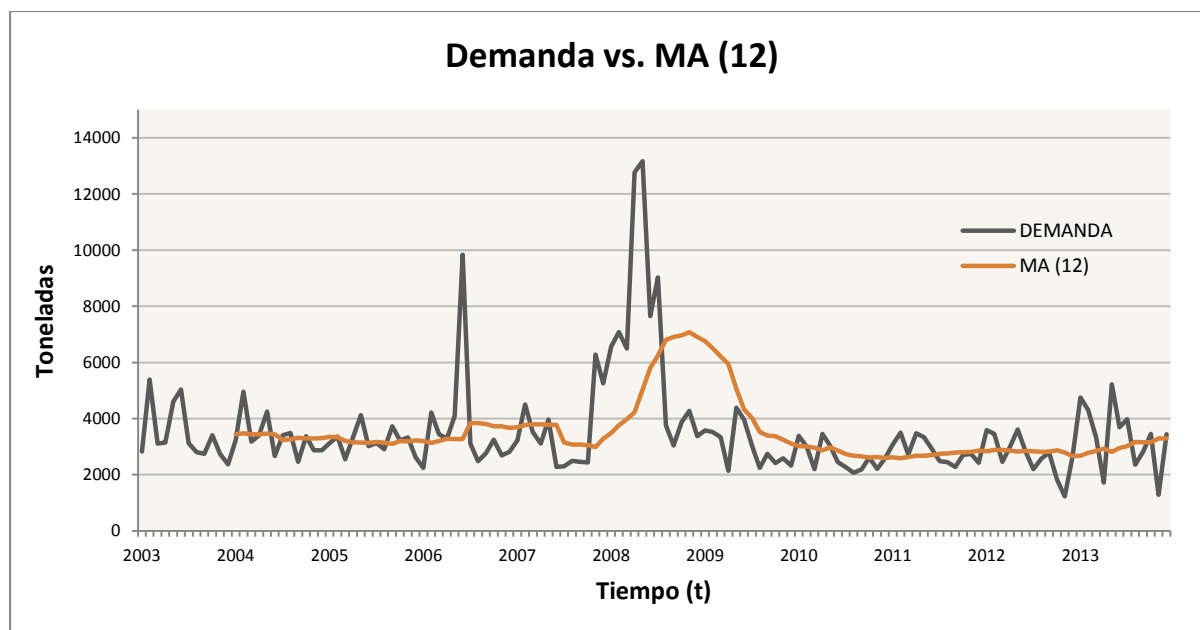
**Figura 7. 2. 4. Demanda vs. Pronóstico MA (4).**

**Elaborado por los autores.**



**Figura 7. 2. 5. Demanda vs. Pronóstico MA (6).**

**Elaborado por los autores.**



**Figura 7. 2. 6. Demanda vs. Pronóstico MA (12).**

**Elaborado por los autores.**

Se puede observar claramente que mientras aumenta el número de períodos rezagados para el promedio móvil, los pronósticos se vuelven menos precisos. Así, en la Figura 7.2.6. para el pronóstico MA (12), se puede observar que los valores pronosticados se desvían en gran cantidad de los valores observados. Con el fin de observar esto de manera más cualitativa en la Tabla 7.2.1., se presentan los errores para cada uno de los modelos de promedio móvil.

**Tabla 7. 2. 1. Errores de pronóstico para promedios móviles.**

**Elaborado por los autores.**

	<b>MA (2)</b>	<b>MA (3)</b>	<b>MA (4)</b>	<b>MA (6)</b>	<b>MA (12)</b>
<b>ECM</b>	2200052.96	2194556.01	2354953.91	2712125.00	3238031.41
<b>DAM</b>	955.73	921.48	929.22	1020.62	1087.74
<b>EPAM</b>	27.33%	26.22%	26.44%	29.13%	29.55%

En general, el pronóstico que presenta el menor error es el promedio móvil para 3 períodos anteriores MA (3) con 26.22% de error porcentual absoluto medio (EPAM) y 921.48 para la desviación absoluta media. Se puede concluir entonces que el MA (3) es el

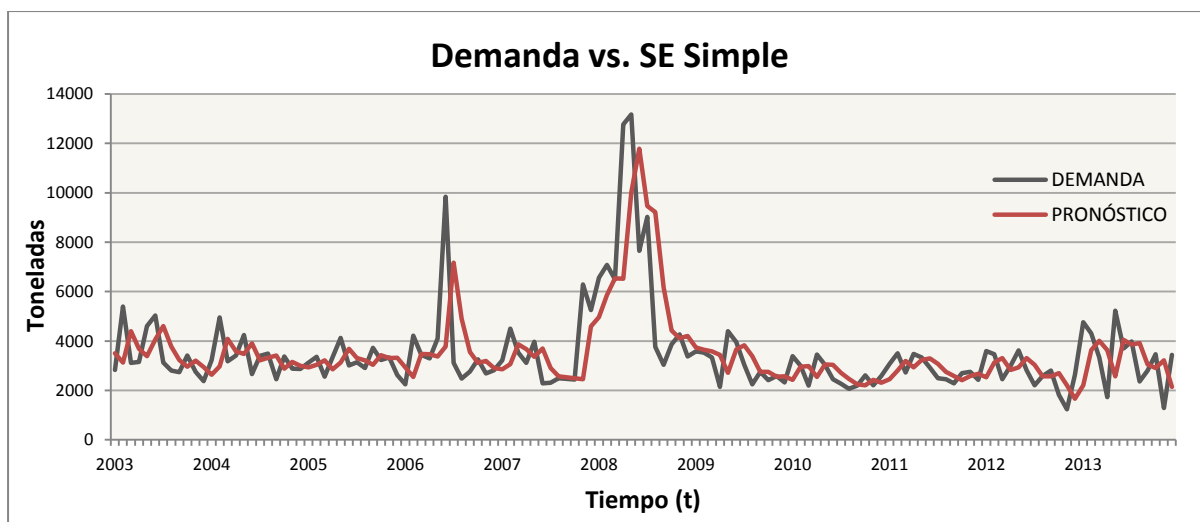
mejor modelo de promedios móviles para la demanda de rosas en E.E.U.U., sin embargo se debe recordar que este tipo de modelo no permite pronosticar para más allá de un período sin datos reales.

### **7.2.3. Suavizamiento exponencial**

Existen tres métodos de suavizamiento exponencial como se explicó anteriormente: suavizamiento exponencial simple, método de Holt y el método de Winters. Se hará uso de los tres modelos para saber cuál se ajusta más a los datos de demanda disponibles. Los pronósticos se han hecho mediante hojas de cálculo elaboradas por los autores utilizando las fórmulas de pronósticos del capítulo 3. Además, con el fin de minimizar el EPAM se ha hecho uso del Solver de Excel para encontrar los mejores parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$  para cada uno de los modelos.

#### **7.2.3.1. Suavizamiento exponencial simple**

Este modelo asume que la serie de tiempo estudiada se explica con sólo con un nivel o intercepto en el tiempo  $t=0$ , es por esta razón que se utiliza un parámetro  $\alpha$  para darle el peso necesario al nivel. Vía Solver se encontró que el  $\alpha$  que minimiza el EPAM es de 0.559255. Con el peso asignado al parámetro  $\alpha$  y las fórmulas mencionadas para SE simple se obtuvieron los resultados de pronósticos. Con el fin de ahorrar espacio éstos se presentan en el Anexo M. En este apartado se presenta los resultados obtenidos en un gráfico contra el tiempo y en comparación con la demanda real, para de esta manera observar cómo se comporta el modelo propuesto. En la Figura 7.2.7. se muestra la demanda versus los pronósticos hechos para los mismos períodos con SE simple.



**Figura 7. 2. 7. Demanda vs. Pronóstico SE simple.**

**Elaborado por los autores.**

Se puede deducir de la Figura 7.2.7., que el método de suavizamiento exponencial simple se adapta bien a la demanda real, pero también se puede ver que en ciertos puntos en el tiempo se tiene errores muy altos de pronóstico. Estos errores se dan por el peso que se le asigna al nivel, esto a hace que el pronóstico vuelva instintivamente a su nivel base o media. Por esta razón, cuando hay un pico considerable en la demanda los errores de pronóstico se magnifican. Sin embargo, para llegar a una conclusión general del modelo, se deben observar el resumen de los errores, presentados en la Tabla 7.2.2.

**Tabla 7. 2. 2. Error de pronóstico para SE simple.**

**Elaborado por los autores.**

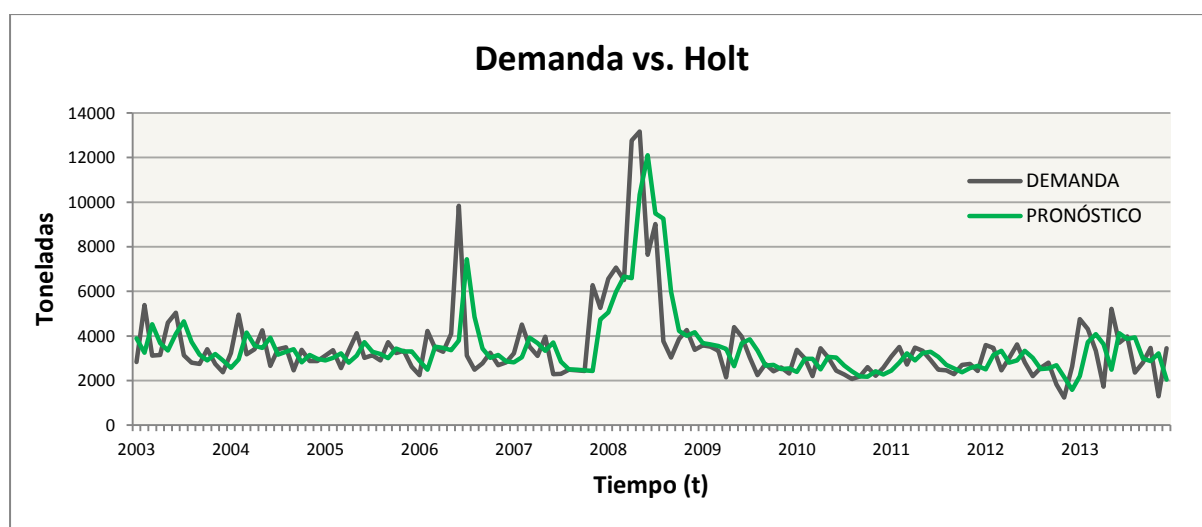
<b>ECM</b>	2017622.59
<b>DAM</b>	887.66
<b>EPAM</b>	25.30%

Se puede observar que el error porcentual obtenido es 0.30% mayor que el valor esperado para el rechazo de un pronóstico. Se concluye que este pronóstico se encuentra dentro de un nivel aceptable.



### 7.2.3.2. Método de Holt

En este modelo se utilizan parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  para darle un peso tanto al nivel o intercepto como a la tendencia, respectivamente. Los  $\alpha$  y  $\beta$  óptimos obtenidos mediante Solver son  $\alpha= 0.597927$  y  $\beta=0.0099$ , lo que indica que el modelo que minimiza el EPAM le otorga mayor peso al nivel. Los resultados obtenidos con el modelo de Holt se pueden observar en el Anexo N. En la Figura 7.2.8., se presenta el gráfico de comparación de los valores reales de demanda contra los valores del pronóstico con el método de Holt.



**Figura 7. 2. 8. Demanda vs. Pronóstico Holt.**

**Elaborado por los autores.**

Se puede observar que el modelo de Holt se ajusta bastante bien a la demanda real. Sin embargo, se puede ver que su variación no es tan precisa. Para tener una mejor idea del comportamiento del modelo en la Tabla 7.2.3., se muestran los resultados obtenidos para el error.

**Tabla 7. 2. 3. Error de pronóstico para el método Holt.**

**Elaborado por los autores.**

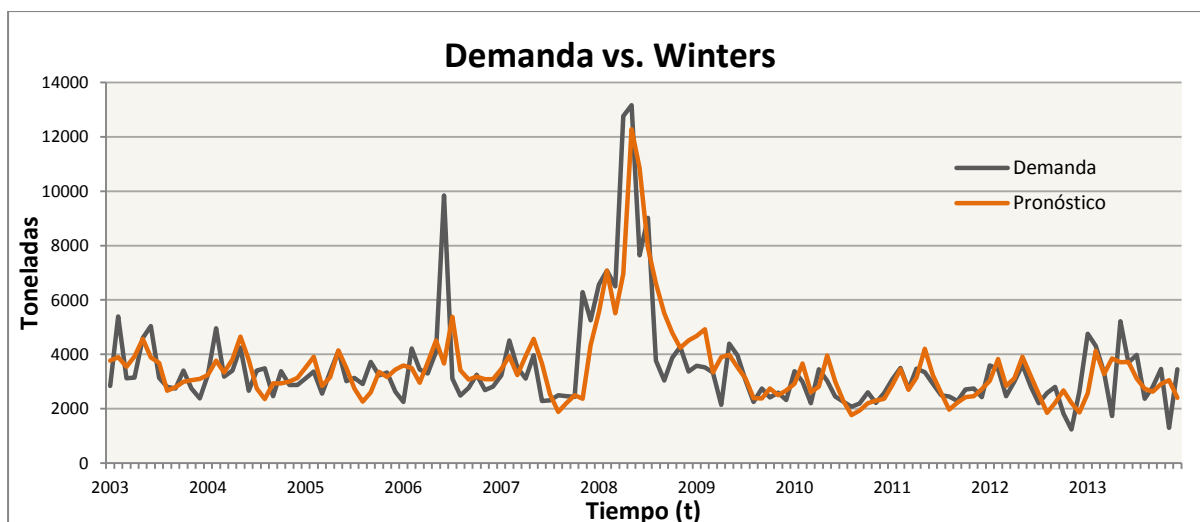
<b>ECM</b>	2039880.13
<b>DAM</b>	892.03

EPAM	25.39%
------	--------

Se puede observar que con la inclusión de un peso a la tendencia el EPAM ha incrementado en 0.09% del modelo de suavizamiento exponencial simple. Esto quiere decir, primero que la tendencia no es un factor significativo en la demanda, y segundo que el suavizamiento exponencial simple es mejor modelo para este caso específico.

### 7.2.3.3. Método de Winters

El método de Winters es un modelo adaptativo que busca explicar una serie de tiempo vía un nivel, tendencia y estacionalidad con los parámetros  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$  respectivamente. Con el fin de minimizar el EPAM se han obtenido los valores  $\alpha=0.4407$ ,  $\beta= 0.0099$ , y  $\gamma=0.0099$ . Estos valores indican que el modelo da mayor peso al nivel, segundo a la tendencia y le otorga el menor peso a la estacionalidad. Para el modelo de Winters se asume que la demanda es estacional y se presenta cada  $p$  períodos. En el caso de la demanda de rosas en E.E.U.U. en la sección 7.2.1. no se pudo encontrar ningún patrón cíclico. Sin embargo, por las entrevistas se sabe que la demanda de flores en general repite su patrón cada año. Por lo tanto, se utilizará el método de Winters asumiendo que la repetición de ciclos se dará cada 12 períodos, es decir anualmente. Los resultados obtenidos se encuentran en el Anexo O. En la Figura 7.2.9. se puede observar la demanda real versus los valores pronosticados con el modelo de Winters propuesto.



**Figura 7. 2. 9. Demanda vs. Pronóstico Winters.**

**Elaborado por los autores.**

Se puede observar claramente que el método de Winters fuerza a los pronósticos a seguir un patrón estacional debido a los factores estacionales que se utilizan. Sin embargo, se puede observar que los pronósticos se adaptan correctamente a la demanda real, especialmente en el año 2008 en donde tiene picos altos. Para tener una mejor idea de la precisión de los pronósticos se puede observar la Tabla 7.2.4., donde se muestran los errores para este modelo.

**Tabla 7. 2. 4. Errores de pronóstico para modelo de Winters.**

**Elaborado por los autores.**

<b>ECM</b>	1358361.54
<b>DAM</b>	715.80
<b>EPAM</b>	20.69%

La introducción de estacionalidad mediante el modelo de Winters ha hecho que el modelo mejore en 4.7%. Se concluye, que la estacionalidad debe ser un factor que se debe poner en consideración al momento de hacer un pronóstico.

#### **7.2.4. ARIMA**

Para utilizar pronósticos de ARIMA se utilizará la metodología Box-Jenkins mencionada previamente. Así los pasos a seguir para encontrar el modelo adecuado serán identificación, estimación, examen de diagnóstico y pronósticos del modelo.

#### **7.2.4.1. Identificación**

Primero se deben identificar los adecuados valores de  $p$ ,  $d$  y  $q$  que se utilizarán en el modelo. Se comienza identificando si es que la serie necesita ser diferenciada y si es así, cuantas veces. La diferenciación ayuda a que la serie se haga estacionaria en el caso de que no lo sea. Con el fin de identificar si es necesario que se hagan diferencias de la serie, para poder trabajar con ella y hacer pronósticos, se utiliza la prueba de la raíz unitaria de Dickey-Fuller mencionada previamente.

Como primer enfoque se puede comenzar observando la Figura 7.2.1. en la sección 7.2.1., aquí se puede ver en primera estancia que la serie parece que no presenta una tendencia y parece siempre volver a su misma media. Esto da una primera idea de que la serie puede ser estacionaria. Sin embargo, se deben realizar pruebas con el fin de determinar si esto es estadísticamente cierto. Se puede observar el correlogramas de la serie de tiempo en la Figura 7.2.10., para tener una mejor idea de la estacionariedad de la serie.

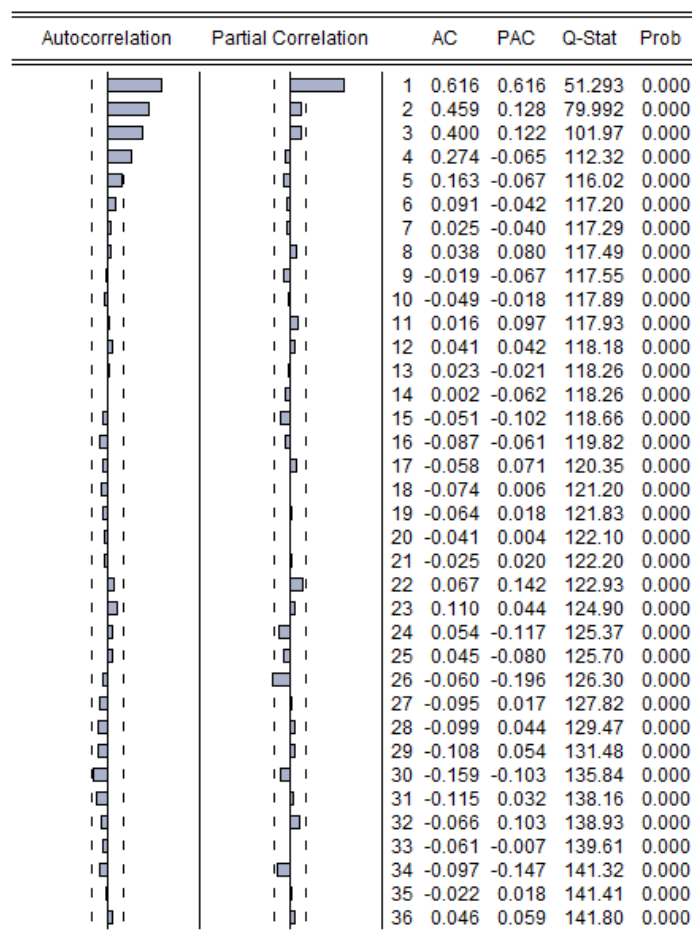


Figura 7. 2. 10. Correlograma de demanda de rosas.

Elaborado por los autores en EViews 8.

En el correlograma se puede ver que la autocorrelación decrece rápidamente y que la autocorrelación parcial es significativa tan sólo en el primer rezago. Esto ayuda a tener una idea más clara de que la serie de tiempo es estacionaria. Sin embargo, se deben tener pruebas estadísticas de este hecho. Con este fin, se hacen tres pruebas de raíz unitaria (Augmented Dickey-Fuller test en EViews) para probar el caso de MCA sin deriva, con deriva y con tendencia determinista. Los resultados de estas pruebas se pueden ver en las Tablas 7.2.5., 7.2.6., y 7.2.7.

**Tabla 7. 2. 5. Prueba de raíz unitaria para MCA sin deriva.**

**Elaborado por los autores en EViews 8.**

Null Hypothesis: DEMANDA has a unit root  
 Exogenous: None  
 Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.372768	0.1571
Test critical values:		
1% level	-2.583011	
5% level	-1.943324	
10% level	-1.615075	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(DEMANDA)  
 Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2003M04 2013M12  
 Included observations: 129 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DEMANDA(-1)	-0.044976	0.032763	-1.372768	0.1723
D(DEMANDA(-1))	-0.323904	0.087864	-3.686430	0.0003
D(DEMANDA(-2))	-0.218869	0.086551	-2.528794	0.0127

R-squared	0.143969	Mean dependent var	2.540262
Adjusted R-squared	0.130381	S.D. dependent var	1516.539
S.E. of regression	1414.223	Akaike info criterion	17.36953
Sum squared resid	2.52E+08	Schwarz criterion	17.43604
Log likelihood	-1117.335	Hannan-Quinn criter.	17.39655
Durbin-Watson stat	1.995455		

En la Figura 7.2.5., se puede observar que el estadístico de Dickey-Fuller es menor en valor absoluto que los valores críticos para diferentes niveles de significancia. Debido a esto no se rechaza la hipótesis nula de que la serie de tiempo con demanda y en un MCA sin deriva tiene una raíz unitaria.

**Tabla 7. 2. 6. Prueba de raíz unitaria para MCA con deriva.**

**Elaborado por los autores en EViews 8.**

Null Hypothesis: DEMANDA has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.538363	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.480818	
5% level	-2.883579	
10% level	-2.578601	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(DEMANDA)  
 Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2003M02 2013M12  
 Included observations: 131 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DEMANDA(-1)	-0.383647	0.069271	-5.538363	0.0000
C	1346.022	270.7243	4.971927	0.0000

R-squared	0.192101	Mean dependent var	4.676771
Adjusted R-squared	0.185838	S.D. dependent var	1534.530
S.E. of regression	1384.620	Akaike info criterion	17.31939
Sum squared resid	2.47E+08	Schwarz criterion	17.36329
Log likelihood	-1132.420	Hannan-Quinn criter.	17.33723
F-statistic	30.67347	Durbin-Watson stat	2.117634
Prob(F-statistic)	0.000000		

La prueba de raíz unitaria para el modelo de MCA con deriva se puede ver en la Figura 7.2.6. Aquí se puede observar que el estadístico de Dickey-Fuller es mayor en valor absoluto que los valores críticos para los diferentes niveles de significancia. Esto lleva a rechazar la hipótesis nula de que existe una raíz unitaria y se concluye que la serie con un intercepto es estacionaria.

**Tabla 7. 2. 7. Prueba de raíz unitaria para MCA con deriva sobre tendencia determinista.**

**Elaborado por los autores en EViews 8.**

Null Hypothesis: DEMANDA has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.592534	0.0000
Test critical values:		
1% level	-4.029595	
5% level	-3.444487	
10% level	-3.147063	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(DEMANDA)  
 Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2003M02 2013M12  
 Included observations: 131 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DEMANDA(-1)	-0.391400	0.069986	-5.592534	0.0000
C	1549.589	366.1030	4.232659	0.0000
@TREND("2003M01")	-2.673647	3.232130	-0.827209	0.4097

R-squared	0.196397	Mean dependent var	4.676771
Adjusted R-squared	0.183841	S.D. dependent var	1534.530
S.E. of regression	1386.318	Akaike info criterion	17.32932
Sum squared resid	2.46E+08	Schwarz criterion	17.39517
Log likelihood	-1132.071	Hannan-Quinn criter.	17.35608
F-statistic	15.64134	Durbin-Watson stat	2.111692
Prob(F-statistic)	0.000001		

Finalmente, en la Figura 7.2.7. se puede observar la prueba de raíz unitaria para el modelo de MCA con deriva alrededor de una tendencia determinista. En este caso, el estadístico de Dickey-Fuller también es mayor en valor absoluto que los valores críticos para los diferentes niveles de significancia. Sin embargo, se puede observar también que el término de tendencia (@TREND) no es estadísticamente significativo. Por lo tanto, se concluye que se tiene una serie estacionaria que tiene un intercepto. Esto significa que no se deben diferenciar los datos, esto quiere decir que en el modelo ARIMA se tiene un  $I(0)$ , es decir  $d=0$ .

Con el fin de identificar los valores de  $p$  y  $q$  se hicieron varias corridas del modelo con diferentes valores de AR y MA siguiendo un proceso iterativo hasta encontrar el mejor modelo. Éstos se muestran en la Tablas 7.2.8., 7.2.9., 7.2.10., 7.2.11 y 7.2.12.



**Tabla 7. 2. 8. Modelo AR (1).****Elaborado por los autores en EViews 8.**

Dependent Variable: DEMANDA  
Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2003M02 2013M12  
Included observations: 131 after adjustments  
Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3508.491	315.3363	11.12619	0.0000
AR(1)	0.616353	0.069271	8.897732	0.0000
R-squared	0.380313	Mean dependent var	3500.977	
Adjusted R-squared	0.375509	S.D. dependent var	1752.136	
S.E. of regression	1384.620	Akaike info criterion	17.31939	
Sum squared resid	2.47E+08	Schwarz criterion	17.36329	
Log likelihood	-1132.420	Hannan-Quinn criter.	17.33723	
F-statistic	79.16963	Durbin-Watson stat	2.117634	
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.62			

**Tabla 7. 2. 9. Modelo AR (1) y AR (2).****Elaborado por los autores en EViews 8.**

Dependent Variable: DEMANDA  
Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2003M03 2013M12  
Included observations: 130 after adjustments  
Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3451.604	362.9359	9.510232	0.0000
AR(1)	0.541845	0.087364	6.202118	0.0000
AR(2)	0.127085	0.087857	1.446502	0.1505
R-squared	0.398090	Mean dependent var	3486.435	
Adjusted R-squared	0.388611	S.D. dependent var	1750.960	
S.E. of regression	1369.099	Akaike info criterion	17.30450	
Sum squared resid	2.38E+08	Schwarz criterion	17.37067	
Log likelihood	-1121.793	Hannan-Quinn criter.	17.33139	
F-statistic	41.99748	Durbin-Watson stat	1.993467	
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.72	-.18		

**Tabla 7. 2. 10. Modelo MA (1).****Elaborado por los autores en EViews 8.**

Dependent Variable: DEMANDA  
Method: Least Squares

Sample: 2003M01 2013M12  
Included observations: 132  
Convergence achieved after 9 iterations  
MA Backcast: 2002M12

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3498.413	194.3976	17.99618	0.0000
MA(1)	0.508960	0.075328	6.756619	0.0000
R-squared	0.285031	Mean dependent var	3495.898	
Adjusted R-squared	0.279532	S.D. dependent var	1746.410	
S.E. of regression	1482.360	Akaike info criterion	17.45569	
Sum squared resid	2.86E+08	Schwarz criterion	17.49937	
Log likelihood	-1150.076	Hannan-Quinn criter.	17.47344	
F-statistic	51.82618	Durbin-Watson stat	1.722456	
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted MA Roots	-.51			

**Tabla 7. 2. 11. Modelo MA (1) y MA (2).****Elaborado por los autores en EViews 8.**

Dependent Variable: DEMANDA  
Method: Least Squares

Sample: 2003M01 2013M12  
Included observations: 132  
Convergence achieved after 15 iterations  
MA Backcast: 2002M11 2002M12

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3495.790	220.9937	15.81850	0.0000
MA(1)	0.547785	0.085985	6.370673	0.0000
MA(2)	0.212706	0.087208	2.439057	0.0161
R-squared	0.325381	Mean dependent var	3495.898	
Adjusted R-squared	0.314921	S.D. dependent var	1746.410	
S.E. of regression	1445.495	Akaike info criterion	17.41276	
Sum squared resid	2.70E+08	Schwarz criterion	17.47827	
Log likelihood	-1146.242	Hannan-Quinn criter.	17.43938	
F-statistic	31.10947	Durbin-Watson stat	1.889588	
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted MA Roots	-.27+.37i	-.27-.37i		

**Tabla 7. 2. 12. Modelo AR (1) y MA (1).****Elaborado por los autores en EViews 8.**

Dependent Variable: DEMANDA  
Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2003M02 2013M12  
Included observations: 131 after adjustments  
Convergence achieved after 7 iterations  
MA Backcast: 2003M01

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3486.832	391.5929	8.904226	0.0000
AR(1)	0.772139	0.088040	8.770277	0.0000
MA(1)	-0.259537	0.133630	-1.942208	0.0543

R-squared	0.393768	Mean dependent var	3500.977
Adjusted R-squared	0.384296	S.D. dependent var	1752.136
S.E. of regression	1374.845	Akaike info criterion	17.31270
Sum squared resid	2.42E+08	Schwarz criterion	17.37855
Log likelihood	-1130.982	Hannan-Quinn criter.	17.33946
F-statistic	41.57023	Durbin-Watson stat	1.945350
Prob(F-statistic)	0.000000		

Inverted AR Roots	.77
Inverted MA Roots	.26

Para rechazar o no los términos se recurre al valor p de cada uno, así si éste es menor a la significancia de  $\alpha=0.05$  se dice que no es significativo. Se puede observar que tanto el término AR (1) como MA (1) y MA (2) salieron significativos cuando se prueban por separado. Sin embargo, cuando éstos se prueban juntos es decir incluyendo el término ARMA (1,1) el término MA (1) ya no es significativo. Por esta razón, se toma la decisión de utilizar un modelo ARMA (1,0) o AR (1). Ya que el proceso es estacionario y se comporta mejor con un modelo autorregresivo AR (1), el modelo ARIMA a utilizar es ARIMA (1, 0,0).

#### 7.2.4.2. Estimación

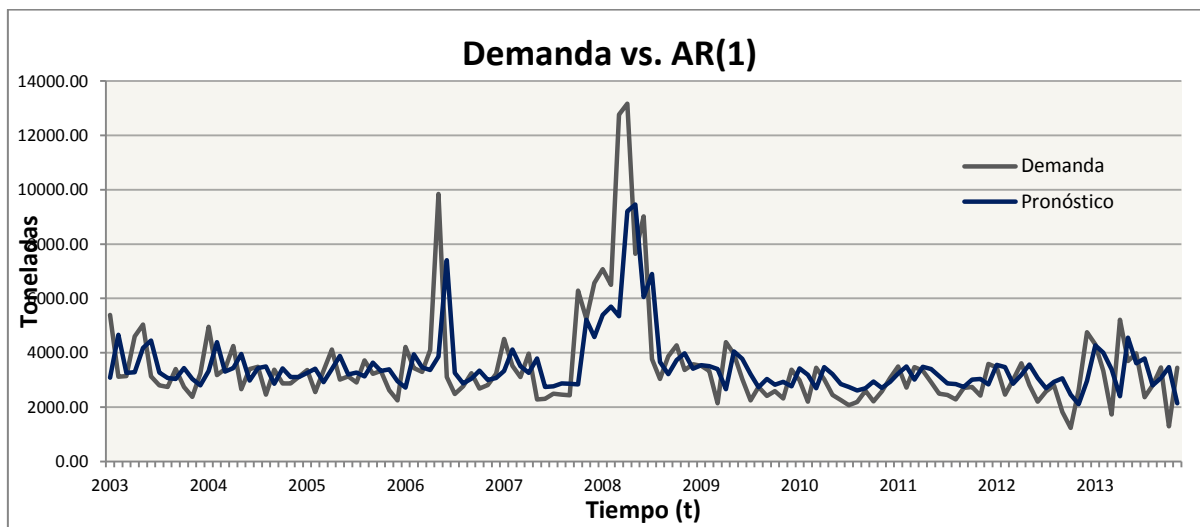
Sea  $Y_t$  la serie de la demanda de rosas en Estados Unidos. Entonces, el modelo AR identificado es

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + u_t \quad (1)$$

donde  $\delta$  es la media de la serie  $Y_t$  y  $u_t$  es el término del error estocástico. Con la ayuda de Minitab se encuentra el valor del coeficiente  $\alpha_1 = 0.61635$ . Se debe observar que la regresión de esta ecuación no se debe hacer con un intercepto o valor constante.

### 7.2.4.3. Examen de diagnóstico

El examen de diagnóstico a realizar se hace de igual manera que para los pronósticos antes vistos. Por lo tanto, primero se observa en la Figura 7.2.11., la gráfica de la demanda versus el pronóstico realizado con el modelo AR (1) propuesto. Los resultados se pueden observar en el Anexo P.



**Figura 7. 2. 11. Demanda vs. Pronóstico ARIMA (1, 0, 0).**

**Elaborado por los autores.**

Se puede observar que el modelo de pronóstico parece comportarse de manera adecuada adaptándose a la demanda real de rosas. Sin embargo, en ciertos períodos como en 2008 o en 2006, se puede ver que existe un error de predicción alto. Para tener una mejor idea del comportamiento del pronóstico en la Tabla 7.2.13, se presentan los errores.

**Tabla 7. 2. 13. Errores de Pronóstico ARIMA (1, 0, 0).**

**Elaborado por los autores.**

<b>ECM</b>	1887927.05
<b>DAM</b>	870.05
<b>EPAM</b>	24.83%

Se puede observar que el valor del EPAM es de 24.83%. Esto significa que bajo el límite propuesto para la aceptación de pronósticos, el modelo AR (1) es un buen pronóstico. Sin embargo, éste se encuentra al límite de aceptación. No se realiza la 4 fase de la metodología Box-Jenkins, debido a que primero se hará una comparación de métodos de pronóstico para conocer cuál es el mejor basado en los datos reales.

### 7.2.5. Comparación de métodos

Esta sección sirve como resumen de los pronósticos ya que se hace una comparación de los métodos utilizados hasta el momento. En la Tabla 7.2.14. se muestra los resultados de ECM, DAM y EPAM para cada uno de los modelos de predicción propuestos.

**Tabla 7. 2. 14. Comparación de errores de pronóstico.**

**Elaborado por los autores.**

	MA (2)	MA (3)	MA (4)	MA (6)	MA (12)	SE. SIMPLE	HOLT	WINTERS	ARIMA
ECM	2200053	2194556	2354954	2712125	3238031	2017623	2039880	1358362	1887927
DAM	955.73	921.48	929.22	1020.62	1087.74	887.66	892.03	715.80	870.05
EPAM	27.33%	26.22%	26.44%	29.13%	29.55%	25.30%	25.39%	20.69%	24.83%

En general se puede observar que los pronósticos por medio de promedio móvil presentan los errores más altos de todos los métodos, todos se encuentran sobre el 26% de error en el caso del EPAM. Especialmente, el promedio móvil con 12 periodos presenta el peor error de toda la tabla (resaltado en rojo). Se concluye, que los promedios móviles no son un buen método para pronosticar la demanda de rosas en E.E.U.U.

En cuanto al resto de métodos, se puede observar resaltado en verde los errores más bajos para cada medición (ECM, DAM, EPAM); estos errores corresponden al método de Winters. Siguiendo a Winters, el segundo método con mejores valores de errores es el de ARIMA.

El método de Winters se adapta de mejor manera ya que éste adapta a los datos a una estacionalidad que se repite anualmente.

El modelo de Winters es que mejor se adapta la demanda de rosas en Estados Unidos con un EPAM del 20.7%. Esto se puede deber principalmente a que el modelo instintivamente asigna un peso a los períodos dentro de un ciclo, que en este caso se ha tomado como anual, y la demanda real, aunque no sea fácil de visualizar, o al menos de manera teórica, tiene picos en ciertas épocas como febrero y mayo. En la realidad, se conoce que la demanda de flores en general (no se excluye a la rosa) presenta picos de demanda debido a la celebración de festividades como San Valentín y el Día de la Madre que se celebran mundialmente.

## Capítulo VIII: Aplicaciones prácticas

### 8.1 Planeación Agregada

En la sección 4.4, se señala que en lugar de los pasos finales de la metodología, los cuales implican la implementación real de las propuestas, se realizan aplicaciones prácticas. Esto se debe a que una de las limitaciones de este estudio es la implementación. Las aplicaciones prácticas, se realizan en los tres eslabones del estudio, y éstas serán hechas con el uso del modelo de planeación agregada. Se utiliza la planeación agregada, ya que ésta permite conocer los recursos necesarios para cubrir la demanda pronosticada en la sección anterior. Una vez que se conozcan estos recursos, se facilita el proceso de toma de decisiones relacionados a la fuerza laboral, la contratación, la producción entre otras áreas. El problema general de la planeación agregada fue presentado en la sección 2.7., el cual indica los aspectos generales que cubre este modelo matemático.

Hillier y Lieberman (2010, pág. 10) mencionan que “el modelo matemático de un problema industrial está conformado por el sistema de ecuaciones y expresiones matemáticas relacionadas que describen la esencia del problema”. Tomando en cuenta lo que menciona Hillier y Lieberman, se necesita realizar un modelo matemático de planeación agregada para cada uno de los eslabones relevantes del proyecto, esto se debe a que cada uno tendrá diferentes sistemas de ecuaciones debido a las diferentes condiciones bajo las que se trabajan.

Una característica importante que se presenta en los tres modelos de planeación agregada es el horizonte de tiempo con el cual se trabaja, dado que la información de entrada es el pronóstico, entonces el horizonte de tiempo de estos modelos es de un año comenzando en enero de 2014 hasta diciembre de 2014. A continuación, se observa el

modelo matemático para cada uno de los eslabones, donde la información presentada sigue el orden del modelo de la sección 2.7., referente a la planeación agregada.

## **8.2. Modelo Florícola**

En esta sección se presenta el modelo de planeación agregada para la florícola. La empresa desea que el nombre se lo mantenga de manera confidencial, por lo cual no se presenta el nombre de la misma.

### **8.2.1. Parámetros**

Los parámetros para el modelo se presentan en el apartado 6.2.1.

### **8.2.2. Variables de decisión**

Todas las variables que se presentan a continuación son las que el modelo determina se deben cumplir con el fin de minimizar los costos. De éstas sólo la demanda en cada periodo viene dada de forma previa.

$$D_{ft} = \text{Demanda del mes } t, t = 1, \dots, 12$$

La demanda en este caso se obtiene del pronóstico realizado en el capítulo previo. Dado que el pronóstico se da para el total de kilos de rosas exportados, y este caso de estudio se lo realiza en una sola florícola se debe realizar un cálculo para determinar la demanda para esta florícola en específico. Para calcular la cuota de mercado de esta florícola se toma en cuenta la capacidad que ésta tiene para producir. En la sección 6.2.1., se observa que la florícola está en la capacidad de producir 114.864 kg de rosas al mes. Con esta capacidad y la información brindada por Expoflores, se calcula que la florícola puede cubrir una cuota de mercado en promedio del 3,99%. A continuación en la tabla 8.2.1 se presenta el pronóstico de la sección anterior y se presenta a su vez los kilos de demanda de rosas para la florícola dada la cuota de mercado.

**Tabla 8. 2. 1. Pronóstico de demanda con cuota de mercado para la florícola.**

Elaborado por los autores.

Periodo	Pronóstico rosas exportadas en kg (2014)	Demanda florícola kg
1	3346798,82	133671,14
2	3898972,50	155724,96
3	3026721,61	120887,26
4	3521211,71	140637,20
5	4523779,40	180679,75
6	3833965,50	153128,58
7	3216146,71	128452,90
8	2507252,45	100139,66
9	2566644,12	102511,77
10	2765202,67	110442,19
11	2652760,75	105951,26
12	2823172,55	112757,51

A continuación se presentan el resto de las variables.

$W_{ft}$  = Fuerza laboral del mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$H_{ft}$  = Número de personas contratadas en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$L_{ft}$  = Número de personas despedidas en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$P_{ft}$  = Número de kilos de rosas producidos en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$I_{ft}$  = Cantidad de inventario mantenido en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$S_{ft}$  = Número de kilos de rosas faltantes al final del mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$C_{ft}$  = Número de kilos de rosas subcontratadas para el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$O_{ft}$  = Número de horas suplementarias trabajadas en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$Z_{ft}$  = Número de horas extraordinarias trabajadas en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$B_{ft}$  = Número de cuartos fríos subcontratados en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$J_{ft}$  = Número de camiones subcontratados en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$



Una vez que se determinan las variables y los parámetros del modelo, se debe crear la función objetivo, la cual en este caso se refiere a la minimización de costos.

### 8.2.3. Función Objetivo

La función objetivo que se presenta a continuación ha sido desarrollada con el fin de minimizar los costos de la florícola con un horizonte de tiempo de doce meses. A continuación, se presenta como se calcula cada uno de los costos de la función objetivo y al final de la sección se presenta la función objetivo después de unificar todos estos costos. Cada uno de los términos que se presentan en los costos, han sido explicados previamente, por lo cual su interpretación no necesita aclaración.

$$\text{Costo de trabajo de tiempo regular} = \sum_{t=1}^{12} n_f h_f c_{fR} W_{ft}$$

$$\text{Costo de trabajar horas suplementarias} = \sum_{t=1}^{12} c_{fO} O_{ft}$$

$$\text{Costo de trabajar horas extraordinarias} = \sum_{t=1}^{12} c_{fZ} Z_{ft}$$

$$\text{Costo de contratar y despedir} = \sum_{t=1}^{12} c_{fH} H_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fL} L_{ft}$$

$$\text{Costo de inventario y faltante} = \sum_{t=1}^{12} c_{fI} I_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fS} S_{ft}$$

$$\text{Costo de material y unidades subcontractadas} = \sum_{t=1}^{12} c_{fP} P_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fC} C_{ft}$$

$$\text{Costo de cuartos fríos subcontractados} = \sum_{t=1}^{12} c_{fB} B_{ft}$$

$$\text{Costo de camiones subcontractados} = \sum_{t=1}^{12} c_{fJ} J_{ft}$$

Una vez que se conocen los costos de la florícola es necesario unirlos para obtener la función objetivo a ser minimizada.

$$\begin{aligned} \text{Min} = & \sum_{t=1}^{12} n_f h_f c_{fR} W_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fO} O_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fZ} Z_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fH} H_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fL} L_{ft} & (8.2.2) \\ & + \sum_{t=1}^{12} c_{fI} I_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fS} S_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fP} P_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fC} C_{ft} \\ & + \sum_{t=1}^{12} c_{fB} B_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fJ} J_{ft} \end{aligned}$$

Las variables, parámetros y función objetivo, son fundamentales en el modelo de planeación agregada. Sin embargo, falta un aspecto por cubrir sin el cual no sería posible formular el problema. Este aspecto se refiere a las restricciones del modelo.

#### 8.2.4 Restricciones

En la sección 2.7 respecto a la teoría de planeación agregada, se señala que las restricciones son necesarias en un modelo, ya que éstas son las limitantes de las variables de decisión. Las restricciones permiten diseñar como el modelo va a ir interactuando en el proceso de resolución. Para el caso específico de la florícola, a continuación se presentan las restricciones.

##### **Fuerza laboral, contratos y despidos.**

Lo que esta restricción busca es que la fuerza laboral de cada periodo tome en cuenta las personas que han sido contratadas, despedidas, así como el personal perteneciente en la nómina del mes anterior.

$$W_{ft} = W_{ft-1} + H_{ft} - L_{ft} \quad (8.2.3)$$

### Restricción de capacidad

La capacidad de una empresa es importante en la planeación agregada, pues limita la cantidad que se puede producir o procesar. Por este motivo, se debe ubicar la restricción en la cual la producción de cada periodo sea menor o igual a la capacidad de producir de cada operario en hora regular, hora suplementaria y hora extraordinaria.

$$P_{ft} \leq \left( \frac{n_f h_f}{K_f} \right) W_{ft} + \frac{O_{ft}}{K_f} + \frac{Z_{ft}}{K_f} \quad (8.2.4)$$

### Restricción de inventario

Previamente en la sección 6.2.1, respecto a los parámetros de la florícola, se indica que ésta no mantiene inventario, pero de igual manera se menciona su importancia en el modelo. El inventario es importante, ya que permite igualar la demanda a lo que se produce y se subcontrata, tomando en cuenta así los faltantes también. Esto se lo realiza mediante la siguiente restricción de inventario.

$$I_{ft-1} + P_{ft} + C_{ft} = D_{ft} + S_{ft-1} + I_{ft} - S_{ft} \quad (8.2.5)$$

### Restricción del límite de horas Suplementarias

En los parámetros del modelo de la florícola, se observa que existe un número de horas suplementarias máximas que puede trabajar un operario. La manera de asegurarse que no se exceda el número horas suplementarias trabajadas se da mediante la restricción que se presenta a continuación.

$$O_{ft} \leq o_f W_{ft} \quad (8.2.6)$$

### **Restricción del límite de horas extraordinarias**

Al igual que las horas suplementarias del modelo de la florícola, existe una restricción respecto a las horas extraordinarias máximas que puede trabajar un operario. Para que los operarios no excedan las horas extraordinarias, se implementa la siguiente restricción en el modelo.

$$Z_{ft} \leq z_f W_{ft} \quad (8.2.7)$$

### **Restricción número de cuartos fríos subcontratados**

Aunque se menciona que la florícola del caso de estudio no maneja cuartos fríos subcontratados, se aumenta esta restricción en el proyecto ya que pueden existir florícolas que puedan realizar esta actividad. La restricción que se presenta a continuación señala que la capacidad de los cuartos fríos propios, más la capacidad de cuartos fríos subcontratados debe ser mayor a la cantidad de kilos de rosas producidas más los kilos de rosas subcontratados y el inventario en ese periodo.

$$u_{fA}A_f + u_{fB}B_{ft} \geq P_{ft} + C_{ft} + I_{ft} \quad (8.2.8)$$

### **Restricción número de camiones subcontratados**

La restricción del número de camiones permite conocer cuántos camiones se necesitan para cubrir la producción de rosas más lo que se ha subcontratado en kilos de rosas. La restricción toma en cuenta camiones propios y subcontratados aunque en la florícola del caso de estudio no tiene camiones propios.

$$u_{fG}G_f + u_{fJ}J_{ft} \geq P_{ft} + C_{ft} \quad (8.2.9)$$

### 8.2.5. Resultados

Previamente, se menciona que el modelo de planeación agregada es útil para determinar varios aspectos que la empresa debe cubrir para realizar sus operaciones. En este apartado se presentan los resultados de cada una de las variables después de haber resuelto el modelo matemático de la planeación agregada.

#### 8.2.5.1. Fuerza laboral, personal contratado y despedido.

En la tabla a continuación se presenta el personal necesario para satisfacer la demanda de cada mes, así como el número de personal contratado y personal despedido.

**Tabla 8. 2. 2. Fuerza laboral, contratados y despedidos en florícola.**

Elaborado por los autores.

Mes	Fuerza Laboral	Contratados	Despedidos
Inicial	100		
Enero	105	5	0
Febrero	105	0	0
Marzo	105	0	0
Abril	105	0	0
Mayo	105	0	0
Junio	105	0	0
Julio	105	0	0
Agosto	98	0	7
Septiembre	98	0	0
Octubre	98	0	0
Noviembre	98	0	0
Diciembre	98	0	0

En la tabla 8.2.2. se puede apreciar que en el mes de enero es necesario contratar 5 operarios para cubrir la demanda de rosas obteniendo un total de 105 personas de fuerza laboral. Los 5 operarios extras tienen una capacidad de producir 5.755,39 kg. Estos 5 operarios se mantienen hasta el mes de julio en donde se despiden 7 operarios terminando con un total de 98 operarios hasta el mes de diciembre. Esto se debe a que la demanda en estos meses baja dado que el consumo de rosas no es elevado en estas épocas. Se puede

notar que al comienzo del año es necesario contratar nuevo personal. ya que éstas son las épocas de mayor demanda.

También es necesario conocer el costo que tiene mantener al personal, así como los costos relacionados con la cantidad de operarios contratados y despedidos. En la tabla 8.2.3. a continuación se presentan estos costos.

**Tabla 8. 2. 3. Costos de fuerza laboral florícola.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Fuerza Laboral</b>	<b>Contratados</b>	<b>Despedidos</b>
Enero	\$ 50.064,00	\$ 2.894,95	\$ -
Febrero	\$ 50.064,00	\$ -	\$ -
Marzo	\$ 50.064,00	\$ -	\$ -
Abril	\$ 50.064,00	\$ -	\$ -
Mayo	\$ 50.064,00	\$ -	\$ -
Junio	\$ 50.064,00	\$ -	\$ -
Julio	\$ 50.064,00	\$ -	\$ -
Agosto	\$ 46.726,40	\$ -	\$13.085,10
Septiembre	\$ 46.726,40	\$ -	\$ -
Octubre	\$ 46.726,40	\$ -	\$ -
Noviembre	\$ 46.726,40	\$ -	\$ -
Diciembre	\$ 46.726,40	\$ -	\$ -
<b>Total</b>	<b>\$ 584.080,00</b>	<b>\$ 2.894,95</b>	<b>\$13.085,10</b>

El costo de la mano de obra durante todo el año es de \$584.080, sin embargo es necesario conocer los costos relacionados a la contratación de personal el cual fue de \$2.894,95, y sin duda también es necesario mencionar el costo de despidos de \$13.085,10 dando así un total \$600.060,05 del costo de mantener la mano de obra. Cabe mencionar que este costo no es el único costo de los operarios, ya que también se debe pagar por las horas suplementarias y extraordinarias, las cuales se analizan en el apartado a continuación.

### 8.2.5.2 Horas suplementarias y extraordinarias

El modelo de planeación agregada cubre también las horas adicionales que deben trabajar los operarios. Estas horas extras están divididas en horas suplementarias y horas extraordinarias, las cuales se presentan a continuación en la tabla 8.2.4. En esta tabla se presentan las horas totales trabajadas por mes por todos los operarios en ese periodo.

**Tabla 8. 2. 4. Horas suplementarias y extraordinarias de la florícola.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Horas Suplementarias</b>	<b>Horas Extraordinarias</b>
Enero	1820	0
Febrero	4892	0
Marzo	39	0
Abril	2790	0
Mayo	5040	3328
Junio	4530	0
Julio	1093	0
Agosto	0	0
Septiembre	0	0
Octubre	0	0
Noviembre	0	0
Diciembre	27	0
<b>Total</b>	<b>20230</b>	<b>3328</b>

Se puede apreciar que en este modelo de planeación agregada se deben trabajar varias horas extras con la finalidad de cubrir la demanda de cada mes. El número de horas extras trabajados depende de la cantidad de demanda que exista. En esta ocasión se observa que en todo el año se trabajan 20.230 horas suplementarias y 3.328 horas extraordinarias. Dado que se pueden producir 0,139 kg por horas se tiene que se producen 145.539,56 kg en las horas suplementarias trabajadas en todo el año. Mientras que en horas extraordinarias se producen 23949 kg y cabe mencionar que esto sólo se produce en el mes de mayo ya que es el mes con mayor demanda en todo el año.

Las horas extras trabajadas por cada operario tienen un costo adicional, por lo cual es importante conocer los resultados de los costos de las horas suplementarias y extraordinarias, ya que como se ha mencionado durante todo el estudio, los costos relacionados a la fuerza laboral son los más elevados. A continuación se presentan los costos por cada mes de las horas extras en la tabla 8.2.5.

**Tabla 8. 2. 5. Costos horas extras florícola.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Horas Suplementarias</b>	<b>Horas Extraordinarias</b>
Enero	\$ 8.134,26	\$ -
Febrero	\$ 21.866,05	\$ -
Marzo	\$ 174,38	\$ -
Abril	\$ 12.471,66	\$ -
Mayo	\$ 22.528,80	\$ 19.833,78
Junio	\$ 20.249,42	\$ -
Julio	\$ 4.885,12	\$ -
Agosto	\$ -	\$ -
Septiembre	\$ -	\$ -
Octubre	\$ -	\$ -
Noviembre	\$ -	\$ -
Diciembre	\$ 118,80	\$ -
<b>Total</b>	<b>\$ 90.428,49</b>	<b>\$ 19.833,78</b>

En esta tabla 8.2.5., se puede apreciar que el mes que más costos genera respecto a horas adicionales es el mes de mayo dado que se debe pagar horas suplementarias y horas extraordinarias con un costo de \$43.362,58, representando un 38,4% del costo total de todos los meses, el cual es de \$110.261,27. El siguiente mes de costo más elevado es febrero con \$21.866,05 representando un 19,8% del costo total.

### **8.2.5.3. Inventario y Faltantes**

La cantidad de inventario y faltantes son elementos de la planeación agregada, sin embargo en los parámetros del modelo de la florícola se especifica que tanto los faltantes como inventarios deben mantenerse en cero. Esto se debe a que el inventario es de una



rotación diaria y los faltantes pueden crear la pérdida de un cliente que implica un costo elevado.

Al resolver el modelo tanto los resultados de la cantidad de inventario como cantidad de faltante se mantienen en cero, lo que indica que el uso de la gran M cumple su objetivo. Al estar los inventarios y los faltantes en cero también se conserva en cero el costo de mantener éstos.

#### 8.2.5.4. Kilos producidos y subcontratados

Una de las variables más importantes que se desean conocer es la cantidad de kilos producidos y la cantidad de kilos subcontratados por parte de la florícola. En la tabla a continuación, se puede apreciar los resultados obtenidos después de resolver el modelo.

**Tabla 8. 2. 6. Kilos producidos y subcontratados de la florícola.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Kg Subcontratados</b>	<b>Producción</b>
Enero	0,0	133671
Febrero	0,0	155725
Marzo	0,0	120887
Abril	0,0	140637
Mayo	0,0	180680
Junio	0,0	153129
Julio	0,0	128453
Agosto	0,0	100140
Septiembre	0,0	102512
Octubre	0,0	110442
Noviembre	0,0	105951
Diciembre	0,0	112758

En esta tabla se observa que la florícola no subcontrata la producción externa de kilos de rosas, y que la cantidad de operarios con determinadas horas extras pueden producir suficientes kilos para cubrir la demanda pronosticada.

La florícola es el único eslabón que cuenta con información sobre la subcontratación de sus procesos, lo que señala que es una practica que se ha realizado antes. Tomando esto en cuenta, se puede decir que es posible que la empresa haya estado subcontratando cuando no era necesario, sin embargo esta afirmación debe ser comprobada por los directivos de la florícola en caso de utilizar las herramientas presentadas en este estudio.

A continuación se presentan los costos relacionados con la producción de los kilos de rosas en la florícola

**Tabla 8. 2. 7. Costos de kilos producidos en la florícola.**

**Elaborado por los autores.**

<b>Mes</b>	<b>Kg subcontratados</b>	<b>Producción</b>
Enero	\$ -	\$ 363.585,51
Febrero	\$ -	\$ 423.571,90
Marzo	\$ -	\$ 328.813,35
Abril	\$ -	\$ 382.533,17
Mayo	\$ -	\$ 491.448,92
Junio	\$ -	\$ 416.509,74
Julio	\$ -	\$ 349.391,89
Agosto	\$ -	\$ 272.379,88
Septiembre	\$ -	\$ 278.832,00
Octubre	\$ -	\$ 300.402,77
Noviembre	\$ -	\$ 288.187,44
Diciembre	\$ -	\$ 306.700,43
<b>Total</b>	\$ -	\$ 4.202.357,01

Los costos de producción por kilos en la florícola para cubrir la demanda del año 2014 tienen un total de \$4'202.357,01. En este costo nuevamente se puede observar que el mes que implica mayores gastos es el mes de mayo con un 11% de los costos totales.

### 8.2.5.5. Cuartos fríos subcontratados

Los cuartos fríos subcontratados, al igual que los inventarios y los faltantes, deben mantenerse en cero dado que la capacidad del cuarto frío propio de la empresa es muy amplia. Para evitar que se subcontrate algún cuarto frío se utiliza nuevamente el método de la gran M, con lo cual se obtiene un resultado en el que no es necesario contratar cuartos fríos. Dado que el costo de subcontratar cuartos fríos también será cero, sólo se tienen gastos mensuales por mantener el cuarto frío propio de la empresa el cual es de \$4.581,5

### 8.2.5.6. Camiones subcontratados

Una de las variables de este modelo de planeación agregada es el número de camiones que la empresa debe subcontratar para poder manejar la demanda de rosas con destino a los Estados Unidos. En la tabla a continuación se presenta los resultados obtenidos después de la resolución del modelo para la florícola.

**Tabla 8. 2. 8. Camiones subcontratados por la florícola.**

Elaborado por los autores.

Mes	Camiones extras
Enero	2
Febrero	2
Marzo	2
Abril	2
Mayo	2
Junio	2
Julio	2
Agosto	2
Septiembre	2
Octubre	2
Noviembre	2
Diciembre	2

En la tabla se puede observar claramente que es necesario contratar dos camiones para cada uno de los meses. Es necesario recordar que esto implica que los camiones

trabajen durante todo el mes. Los camiones, a diferencia de la demanda, se mantienen fijos, ya que la capacidad de los dos camiones es suficiente para cubrir la demanda de cualquiera de los meses.

El costo de subcontratar camiones es de \$10.000 mensuales, dando así un total de \$120.000 al año. Previamente, se menciona que la florícola no cuenta con camiones propios, por lo cual no existe costos adicionales en el transporte de los kilos de rosas.

Finalmente, se debe calcular el costo total de producción para la florícola. Para este cálculo, se utiliza la función objetivo y se añade el costo de cuarto frío propio de la empresa.

$$\begin{aligned} Min = & \sum_{t=1}^{12} n_f h_f c_{fR} W_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fO} O_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fZ} Z_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fH} H_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fL} L_{ft} \\ & + \sum_{t=1}^{12} c_{fI} I_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fS} S_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fP} P_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fC} C_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fB} B_{ft} \\ & + \sum_{t=1}^{12} c_{fJ} J_{ft} + c_{fA} A_f \end{aligned}$$

Algunos de estos costos se mantienen en cero, dado que los resultados de las variables de algunos componentes de la función objetivo son de cero. Al eliminar estos costos de cero, se obtiene la siguiente ecuación que determina el costo total de producción

$$\begin{aligned} Min = & \sum_{t=1}^{12} n_f h_f c_{fR} W_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fO} O_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fZ} Z_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fH} H_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fL} L_{ft} \\ & + \sum_{t=1}^{12} c_{fP} P_{ft} + \sum_{t=1}^{12} c_{fJ} J_{ft} + c_{fA} A_f \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Min = & \$584.080 + \$90.428,49 + \$19.833,78 + \$2.894,95 + \$13.085,10 \\ & + \$4.202.357,01 + \$120.000 + \$4.581,5 \end{aligned}$$

$$Min = \$5.037.260,83$$

Al calcular el costo total de producción para la florícola, se puede observar claramente que éste es un costo elevado, lo cual ratifica los problemas mencionados en la sección 5. Conocer todos estos costos permite a la florícola tener un presupuesto base para la cobertura de la producción. La resolución de las variables es de utilidad para identificar varios aspectos como el hecho de que en este año no es necesario subcontratar la producción y que es posible lograr cubrir la demanda con el uso de las horas adicionales. Asimismo, en estos resultados, se puede observar claramente la existencia de los picos de demanda ya que éstos son los que implican mayor uso de recursos y mayores costos.

### **8.3. Modelo Agencia de Carga**

La siguiente sección presenta el modelo de planeación agregada respecto a la agencia de carga. Previamente, se menciona que la agencia de carga, la cual da apertura a su información, prefiere mantener su identidad en anónimo, por esta razón a la agencia se la denomina Consolida EC como se especifica en el capítulo 5.

El modelo general que se presenta en la sección 2.7 de la planeación agregada cubre varios aspectos. Sin embargo, en el modelo de la agencia Consolida EC, así como en el de la florícola, se añaden variables, parámetros y restricciones de transporte y cuartos fríos las cuales no son usuales en los modelos de planeación agregada.

#### **8.3.1. Parámetros**

Una vez establecidos los parámetros del modelo para la agencia de carga en la sección 6.2.2 es necesario conocer las variables que se van a usar para el mismo.

#### **8.3.2. Variables**

En la sección 2.7 del modelo de planeación agregada, se pretende determinar los niveles de fuerza laboral, producción, inventario entre otros aspectos. Por este motivo es

necesario conocer las variables que se desean determinar para el modelo de la agencia de carga, las cuales se dan en un periodo de 12 meses.

$$D_{gt} = \text{Demanda del mes } t, t = 1, \dots, 12$$

La demanda es la única variable que se conoce antes de utilizar el modelo, la cual ira cambiando en cada periodo. Ésta se obtiene de los pronósticos del capítulo 7. Los pronósticos del capítulo 7 se realizan para la cantidad total de kilos de rosas exportados desde Ecuador a Estados Unidos, por lo cual es necesario conocer la cuota de mercado que cubre la agencia con el fin de conocer su demanda para el 2014. En la tabla a continuación se muestra la demanda de la agencia de carga con una cuota de mercado del 9,72%. Esta cuota de mercado es otorgada por los directivos de la empresa.

**Tabla 8. 3. 1. Demanda con cuota de mercado de Consolida EC 2014.**

Elaborado por los autores.

Periodo	Pronóstico rosas exportadas en kg (2014)	Demanda Consolida EC kg
1	3346798,82	324639,49
2	3898972,496	378200,33
3	3026721,609	293592,00
4	3521211,71	341557,54
5	4523779,4	438806,60
6	3833965,501	371894,65
7	3216146,709	311966,23
8	2507252,45	243203,49
9	2566644,117	248964,48
10	2765202,671	268224,66
11	2652760,748	257317,79
12	2823172,548	273847,74

El resto de las variables serán determinadas con la resolución del modelo de planeación agregada, y se presentan a continuación.

$$W_{gt} = \text{Fuerza laboral del mes } t, t = 1, \dots, 12$$

$H_{gt}$  = Número de personas contratadas en el mes  $t, t = 1, \dots, 12$

$L_{gt}$  = Número de personas despedidas en el mes  $t, t = 1, \dots, 12$

$P_{gt}$  = Número de kilos de rosas producidos en el mes  $t, t = 1, \dots, 12$

$I_{gt}$  = Cantidad de inventario mantenido en el mes  $t, t = 1, \dots, 12$

$S_{gt}$  = Número de kilos de rosas faltantes al final del mes  $t, t = 1, \dots, 12$

$C_{gt}$  = Número de kilos de rosas subcontratadas para el mes  $t, t = 1, \dots, 12$

$O_{gt}$  = Número de horas suplementarias trabajadas en el mes  $t, t = 1, \dots, 12$

$Z_{gt}$  = Número de horas extraordinarias trabajadas en el mes  $t, t = 1, \dots, 12$

$B_{gt}$  = Número de kilos de rosas en cuartos fríos extra en el mes  $t, t = 1, \dots, 12$ .

$J_{gt}$  = Número de camiones subcontratados en el mes  $t, t = 1, \dots, 12$

$T_{gt}$  = Número de tráileres subcontratados en el mes  $t, t = 1, \dots, 12$

En el nombre de cada una de las variables, se puede ver claramente que es lo que se desea obtener una vez que se resuelva el modelo de planeación agregada. Ya que se ha determinado los parámetros y las variables es necesario conocer la función objetivo bajo la cual se van a guiar las variables.

### 8.3.3. Función Objetivo

La función objetivo para el caso de Consolida EC tiene el mismo objetivo que la función objetivo de la florícola, ya que se pretenden minimizar los costos que se dan por las diferentes variables del modelo. A continuación se presenta cada costo que cubre la función objetivo y posteriormente se presenta la función objetivo final.

$$\text{Costo de trabajo de tiempo regular} = \sum_{t=1}^{12} n_g h_g c_{gR} W_{gt}$$

$$\text{Costo de trabajar horas suplementarias} = \sum_{t=1}^{12} c_{go} O_{gt}$$

$$\text{Costo de trabajar horas extraordinarias} = \sum_{t=1}^{12} c_{gz} Z_{gt}$$

$$\text{Costo de contratar y despedir} = \sum_{t=1}^{12} c_{gH} H_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gL} L_{gt}$$

$$\text{Costo de inventario y faltante} = \sum_{t=1}^{12} c_{gI} I_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gS} S_{gt}$$

$$\text{Costo de material y unidades subcontractadas} = \sum_{t=1}^{12} c_{gP} P_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gC} C_{gt}$$

$$\text{Costo de cuartos frios subcontractados} = \sum_{t=1}^{12} c_{gB} B_{gt}$$

*Costo de camiones subcontractados y trailers subcontractados*

$$= \sum_{t=1}^{12} c_{gJ} J_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gT} T_{gt}$$

Al unir todos estos costos se obtiene la siguiente función objetivo:

$$\begin{aligned} \text{Min} = & \sum_{t=1}^{12} n_g h_g c_{gR} W_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{go} O_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gz} Z_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gH} H_{gt} & (8.3.1) \\ & + \sum_{t=1}^{12} c_{gL} L_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gI} I_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gS} S_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gP} P_{gt} \\ & + \sum_{t=1}^{12} c_{gC} C_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gB} B_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gJ} J_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gT} T_{gt} \end{aligned}$$

Aunque la función objetivo se diseñe con las variables y los parámetros, también es necesario el uso de restricciones para completar el modelo.



### 8.3.4 Restricciones

A continuación, se presentan las restricciones que rigen el modelo de planeación agregada para la agencia de carga. Las 5 primeras restricciones son muy similares entre la agencia de carga y la florícola, por lo cual éstas no necesitan una explicación detallada, puesto que su comprensión se la puede deducir de las restricciones de la florícola que han sido explicadas previamente. Por el contrario las dos restricciones finales necesitan una explicación, esto se debe a que éstas se calculan de una manera diferente que en la florícola.

#### Fuerza laboral, contratos y despidos.

$$W_{gt} = W_{gt-1} + H_{gt} - L_{gt} \quad (8.3.2)$$

#### Restricción de capacidad

$$P_{gt} \leq \left( \frac{n_g h_g}{K_g} \right) W_{gt} + \frac{O_{gt}}{K_g} + \frac{Z_{gt}}{K_g} \quad (8.3.3)$$

#### Restricción de inventario

$$I_{gt-1} + P_{gt} + C_{gt} = D_{gt} + S_{gt-1} + I_{gt} - S_{gt} \quad (8.3.4)$$

#### Restricción del límite de horas suplementarias

$$O_{gt} \leq o_g W_{gt} \quad (8.3.5)$$

#### Restricción del límite de horas extraordinarias

$$Z_{gt} \leq z_g W_{gt} \quad (8.3.6)$$

#### Restricción número de cuartos fríos subcontratados

Los cuartos fríos propios de la empresa y los subcontratados, deben cubrir la producción y kilos subcontratados, ya que si no existe suficiente capacidad se perderá el producto. Para lograr esto se especifica que la capacidad del cuarto frío de la empresa más

la cantidad de kilos subcontratados para mantener en un cuarto frío debe ser mayor igual a la cantidad de kilos producidos y subcontratados.

$$u_{gA}A_g + B_{gt} \geq P_{gt} + C_{gt} + I_{gt} \quad (8.3.7)$$

### **Restricción número de camiones y tráileres subcontratados**

Esta restricción es diferente a la restricción de la florícola, ya que en éste se manejan dos recursos diferentes para transporte, camiones y tráileres. Por este motivo es necesario que la capacidad de los tráileres propios, más la capacidad de los camiones subcontratados, más la capacidad de tráileres subcontratados, sea mayor igual a la cantidad de kilos producidos y subcontratados.

$$u_{gG}G_g + u_{gJ}J_{gt} + u_{gT}T_{gt} \geq P_{gt} + C_{gt} \quad (8.3.8)$$

### **8.3.5 Resultados**

Una vez planteados todas las restricciones para el modelo de planeación agregada para la agencia es posible resolver el modelo. Estos resultados cubren todas las variables listadas en la sección 8.3.2, las cuales se presentan a continuación.

#### **8.3.5.1. Fuerza laboral, personal contratado y despido.**

Una de las variables más importantes en este estudio se refiere a la fuerza laboral, pues como ya se menciona previamente éste es uno de los problemas que más costos ocasiona a las organizaciones. Por este motivo es importante analizar los resultados obtenidos del modelo de planeación agregada respecto a la fuerza laboral. En la tabla a continuación se presenta la cantidad de personal, así como los operarios contratados y despedidos para Consolida EC.

**Tabla 8. 3. 2. Fuerza laboral, personal contratado y despedido Consolida EC.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Fuerza Laboral</b>	<b>Contratados</b>	<b>Despedidos</b>
Inicial	25		
Enero	25	0	0
Febrero	25	0	0
Marzo	25	0	0
Abril	25	0	0
Mayo	25	0	0
Junio	23	0	2
Julio	20	0	3
Agosto	17	0	3
Septiembre	17	0	0
Octubre	17	0	0
Noviembre	17	0	0
Diciembre	17	0	0

En la agencia Consolida EC se puede observar que se debe mantener el número de operarios hasta mayo, ya que éstos son los meses con mayor demanda. Después, se necesita despedir a dos operarios para el mes de junio y se despiden tres operarios los próximos dos meses, terminando así con 17 operarios desde el mes de agosto hasta finalizar diciembre. Cabe mencionar que estos operarios son los necesarios para procesar los kilos de rosas.

Ahora que se conocen los cambios que se van a dar en el personal de la agencia de carga, es necesario conocer el costo de estos cambios para que tener una mejor planeación de estrategias. A continuación se presenta el costo mes a mes de la fuerza laboral

**Tabla 8. 3. 3. Costo fuerza labora Consolida EC.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Fuerza Laboral</b>	<b>Contratados</b>	<b>Despedidos</b>
Enero	\$ 7.226,67	\$ -	\$ -
Febrero	\$ 7.226,67	\$ -	\$ -
Marzo	\$ 7.226,67	\$ -	\$ -
Abril	\$ 7.226,67	\$ -	\$ -
Mayo	\$ 7.226,67	\$ -	\$ -
Junio	\$ 6.648,53	\$ -	\$ 2.293,08
Julio	\$ 5.781,33	\$ -	\$ 3.439,62
Agosto	\$ 4.914,13	\$ -	\$ 3.439,62
Septiembre	\$ 4.914,13	\$ -	\$ -
Octubre	\$ 4.914,13	\$ -	\$ -
Noviembre	\$ 4.914,13	\$ -	\$ -
Diciembre	\$ 4.914,13	\$ -	\$ -
<b>Total</b>	<b>\$ 73.133,87</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 9.172,32</b>

Los costos de la fuerza laboral para el año 2014 serían de \$73.133,87 para procesar los kilos de rosas para exportación con destino a Estados Unidos. Dado que se realizaron 8 despidos durante el periodo del 2014 se tiene un valor de \$9.172,32 en costos de despido, dando así un total de \$82.306,19 en costos de fuerza laboral. Cabe mencionar que al igual que en a florícola se debe añadir los costos de horas suplementarias y extraordinarias que se presentan en el siguiente apartado.

### **8.3.5.2 Horas suplementarias y extraordinarias**

En el modelo de planeación agregada de la agencia, se han agregado también las horas suplementarias y horas extraordinarias que serían necesarias para cubrir la demanda de rosas pronosticada. En la tabla a continuación se presentan las horas necesarias de trabajo

**Tabla 8. 3. 4. Horas extras Consolidada EC.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Horas Suplementarias</b>	<b>Horas extraordinarias</b>
Enero	0	0
Febrero	0	0
Marzo	0	0
Abril	0	0
Mayo	305	0
Junio	0	0
Julio	0	0
Agosto	0	0
Septiembre	0	0
Octubre	0	0
Noviembre	0	0
Diciembre	0	0

Para la agencia Consolidada EC el único mes en el que se necesitan trabajar horas extras es en el mes de mayo en el cual se deben trabajar 305 horas suplementarias. Se observa también que no es necesario trabajar horas extraordinarias en ninguno de los meses. El costo de las 305 horas suplementarias es de \$826,55. Esto indica que es posible que se tenga un número mayor de operarios al necesario, pero los costos de despido son tan elevados que es mejor mantener estos operarios a despedir alguno y trabajar horas extras con los que se queden.

### **8.3.5.3. Inventario y Faltantes**

De igual manera que en toda la cadena de suministro de exportación de flores, el inventario tiene una elevada rotación dado que se trata de perecibles. Por este motivo es importante que en los resultados del modelo de planeación agregada, el inventario sea de cero para cada uno de los meses del año 2014. Así mismo la cantidad de faltantes debe ser de cero, puesto que si existe algún faltante las consecuencias pueden tener grandes pérdidas financieras por la pérdida de un cliente.

Para evitar que los resultados del modelo tengan un valor numérico mayor a cero, se utiliza el método de la gran M con el cual se consigue que éstos se mantengan en cero durante todo el periodo. Dado que no se tiene ni inventario ni faltante, no se realizan gastos.

#### 8.3.5.4. Kilos producidos y subcontratados

Los directivos de Consolida EC señalaron que no es necesario subcontratar kilos para que sean procesados, sino que ellos cubren la demanda con sus operarios y horas extras. A continuación se presenta los resultados obtenidos kilos producidos y subcontratados.

**Tabla 8. 3. 5. Kilos producidos Consolida EC.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Kilos subcontratados</b>	<b>Producción</b>
Enero	0	324639,4855
Febrero	0	378200,3321
Marzo	0	293591,996
Abril	0	341557,5358
Mayo	0	438806,6018
Junio	0	371894,6536
Julio	0	311966,2308
Agosto	0	243203,4876
Septiembre	0	248964,4793
Octubre	0	268224,6591
Noviembre	0	257317,7926
Diciembre	0	273847,7372

Al igual que en la florícola los resultados del modelo señalan que no es necesario subcontratar kilos para ser procesados. Todo se alcanza a producir en la agencia. Se puede observar también que el mayor mes de producción es mayo seguido del mes de febrero, lo cual se da por las festividades de estas épocas.

Los costos para el procesamiento de los kilos de rosas viene dado por los costos de los operarios, por lo cual no se tiene ningún costo por procesar los kilos.

### 8.3.5.5. Transporte subcontratado

Para el manejo de los kilos en la agencia de carga, es necesario la contratación de camiones y de tráileres para el transporte. Por este motivo se toma en cuenta a estas variables dentro del modelo de planeación agregada. A continuación se presentan los resultados después de que se ha resuelto el problema matemático.

**Tabla 8. 3. 6. Camiones y tráileres subcontratados Consolida EC.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Camiones extras</b>	<b>Tráileres extras</b>
Enero	1	0
Febrero	0	1
Marzo	1	0
Abril	0	1
Mayo	0	1
Junio	0	1
Julio	0	1
Agosto	0	0
Septiembre	0	0
Octubre	0	1
Noviembre	0	0
Diciembre	0	1

Antes de analizar los resultados es necesario recordar que la agencia cuenta con camiones propios por lo cual pueden existir meses en los que no sea necesario subcontratar ningún tipo de transporte extra. En la tabla 8.3.6 se puede observar que en los meses de enero y marzo, es necesario contratar un camión extra por mes. Para los meses de febrero, abril, mayo, junio, julio, octubre y diciembre es necesario subcontratar un tráiler para cubrir la demanda a ser transportada. Es necesario mencionar que este número de camiones

son necesarios para cubrir simplemente la demanda de rosas, por lo cual para el total de flores manejadas en la agencia es importante señalar que se necesitarán más camiones.

Una vez que se conocen los resultados de los camiones y tráileres necesarios para cubrir la demanda pronosticada, es necesario saber los costos que implican estas subcontrataciones para el transporte. Por este motivo a continuación se presentan los costos de transporte extra que debe manejar la agencia Consolida EC.

**Tabla 8. 3. 7. Costos de transporte Consolida EC.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Camiones extras</b>	<b>Tráileres extras</b>
Enero	\$ 4.500,00	\$ -
Febrero	\$ -	\$ 10.500,00
Marzo	\$ 4.500,00	\$ -
Abril	\$ -	\$ 10.500,00
Mayo	\$ -	\$ 10.500,00
Junio	\$ -	\$ 10.500,00
Julio	\$ -	\$ 10.500,00
Agosto	\$ -	\$ -
Septiembre	\$ -	\$ -
Octubre	\$ -	\$ 10.500,00
Noviembre	\$ -	\$ -
Diciembre	\$ -	\$ 10.500,00
<b>Total</b>	<b>\$ 9.000,00</b>	<b>\$ 73.500,00</b>

Los costos de transporte para la agencia Consolida EC dan un total de \$82.500 donde los costos más elevados se dan cuando se tiene que subcontratar el tráiler para todo el mes.

Para calcular el costo total que es necesario para cubrir la demanda del año 2014, se debe sumar los costos presentados previamente y añadir los costos de cuarto frío y tráileres propios.



$$\begin{aligned}
Min = & \sum_{t=1}^{12} n_g h_g c_{gR} W_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{go} O_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gZ} Z_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gH} H_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gL} L_{gt} \\
& + \sum_{t=1}^{12} c_{gI} I_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gS} S_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gP} P_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gC} C_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gB} B_{gt} \\
& + \sum_{t=1}^{12} c_{gJ} J_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gT} T_{gt} + c_{gA} A_{gf} + c_{gG} G_g
\end{aligned}$$

En los resultados presentados previamente se observa que algunas de las variables mantienen un valor de cero, por lo cual se eliminan estos costos resultando en la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned}
Min = & \sum_{t=1}^{12} n_g h_g c_{gR} W_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{go} O_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gL} L_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gJ} J_{gt} + \sum_{t=1}^{12} c_{gT} T_{gt} + c_{gA} A_{gf} \\
& + c_{gG} G_g
\end{aligned}$$

$$Min = \$73.133,87 + \$826,55 + \$9.172,32 + \$9.000 + \$73.500 + \$3.000 + \$8.000$$

$$Min = \$176.632,74$$

Los costos de producción también son elevados, pero en comparación con los costos de la florícola éstos son relativamente bajos. En el modelo no es necesario contratar ni despedir al comienzo del año. Además, se puede observar que existen pocas horas adicionales trabajadas, esto indica que es posible que existan operarios que tienen horas desperdiciadas pero el costo de despedirlos es muy elevado que no permite estos despidos. El resultado del modelo, al igual que en la florícola, indica que los meses de mayor movimiento son febrero y mayo, ratificando así el comportamiento del mercado.

## 8.4 Modelo Paletizadora

En esta sección se presenta el modelo de planeación agregada para la paletizadora NOVACARGO S.A., que es el último eslabón antes que la carga suba al avión para su exportación. Este modelo a diferencia del modelo de la florícola y de la agencia es de menor tamaño y complejidad.

Cabe desatacar también que este modelo puede ser adaptado fácilmente al resto de paletizadoras, ya que éstas no varían en gran medida en sus recursos y existen simplemente tres de ellas en el NAIQ. A continuación, se presenta el modelo de planeación agregada, comenzando con los parámetros.

### 8.4.2. Variables

En esta sección se presentan las variables del modelo de planeación agregada. Primero es necesario conocer la demanda que se maneja en Novacargo.

$$D_{pt} = \text{Demanda del mes } t, t = 1, \dots, 12$$

Para determinar la demanda que maneja la paletizadora, se debe saber cuál es la cuota de mercado de la misma. Para calcular esta cuota de mercado se conoce la cantidad total de kilos de flores exportados desde el Ecuador. También se conoce la cantidad de kilos procesados desde el mes de marzo del 2013 hasta el mes de diciembre del 2013 en la paletizadora, y que el 90% de los kilos procesados pertenecen a flores. Después se calcula la cuota de mercado cubierta en cada mes para finalmente obtener un promedio de la misma. En la tabla a continuación se presentan estos datos.

Tabla 8. 4. 1. Cuota de mercado para la Paletizadora.

Elaborado por los autores.

<b>Kilos de flores exportados</b>	<b>Kilos procesados en Novacargo</b>	<b>Kilos de flores procesados en Novacargo</b>	<b>Cuota de mercado</b>
13715748,96	3320196,42	2988176,78	21,8%
8752834,13	4628595,28	4165735,75	47,6%
16228313,98	5065071,06	4558563,95	28,1%
11280007,05	4444509,77	4000058,79	35,5%
12855559,91	3921663,38	3529497,04	27,5%
10187162,97	4477891,87	4030102,68	39,6%
11085889,09	4443463,42	3999117,08	36,1%
13169876,01	5203813,65	4683432,29	35,6%
17574198,76	5387587,34	4848828,61	27,6%
12451439,93	5094282,07	4584853,86	36,8%

El promedio de la cuota de mercado que cubre NOVACARGO para el total de flores es de 33,6%. Conociendo este dato, se utiliza el pronóstico del capítulo 7 para determinar cuál será la demanda. En la tabla a continuación se presenta la demanda para la paletizadora

Tabla 8. 4. 2. Demanda Novacargo 2014

Elaborado por los autores

<b>Periodo</b>	<b>Pronóstico de rosas exportadas kg (2014)</b>	<b>Demanda Novacargo kg</b>
1	3346798,82	1124524,40
2	3898972,50	1310054,76
3	3026721,61	1016978,46
4	3521211,71	1183127,13
5	4523779,40	1519989,88
6	3833965,50	1288212,41
7	3216146,71	1080625,29
8	2507252,45	842436,82
9	2566644,12	862392,42
10	2765202,67	929108,10
11	2652760,75	891327,61
12	2823172,55	948585,98

Se ha mencionado que este modelo varia en tamaño y complejidad a los modelos de la florícola y la agencia de carga, lo cual se puede apreciar a continuación dado que existen menos variables

$W_{pt}$  = Fuerza laboral del mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$H_{pt}$  = Número de personas contratadas en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$L_{pt}$  = Número de personas despedidas en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$P_{pt}$  = Número de kios de rosas producidos en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$I_{pt}$  = Cantidad de inventario mantenido en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$S_{pt}$  = Número de kios de rosas faltantes al final del mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$O_{pt}$  = Número de horas suplementarias trabajadas en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

$Z_{pt}$  = Número de horas extraordinarias trabajadas en el mes  $t$ ,  $t = 1, \dots, 12$

En este modelo se eliminan las variables de cuartos fríos y camiones. Esto se da ya que las tres paletizadoras cuentan con capacidad de cuarto frío suficiente para cubrir la demanda, por lo cual ninguna de éstas necesita subcontratar un cuarto frío extra. Por otro lado se eliminan la variable de los camiones subcontratados, ya que en este eslabón de la cadena de suministro no se manejan camiones, dado que los pallets se envían directo al avión

### 8.4.3. Función Objetivo

Esta función objetivo, al igual que la función objetivo de los modelos anteriores, busca minimizar el costo total de la empresa. A continuación se presentan los costos que son tomados en cuenta para la minimización. Estos costos cubren las variables de decisión y los parámetros mencionados de forma previa.

$$\text{Costo de trabajar de tiempo regular} = \sum_{t=1}^{12} n_p h_p c_{pR} W_{pt}$$

$$\text{Costo de trabajar horas suplementarias} = \sum_{t=1}^{12} c_{pO} O_{pt}$$

$$\text{Costo de trabajar horas extraordinarias} = \sum_{t=1}^{12} c_{pZ} Z_{pt}$$

$$\text{Costo de contratar y despedir} = \sum_{t=1}^{12} c_{pH} H_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pL} L_{pt}$$

$$\text{Costo de inventario y faltante} = \sum_{t=1}^{12} c_{pI} I_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pS} S_{pt}$$

$$\text{Costo de material} = \sum_{t=1}^{12} c_{pP} P_{pt}$$

Para tener la función objetivo de la paletizadora, es necesario unir todos os costos enlistados previamente.

$$\begin{aligned} \text{Min} = & \sum_{t=1}^{12} n_p h_p c_{pR} W_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pO} O_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pZ} Z_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pH} H_{pt} \\ & + \sum_{t=1}^{12} c_{pL} L_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pI} I_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pS} S_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pP} P_{pt} \end{aligned} \quad (8.4.1)$$

Una vez definida la función objetivo, es necesario indicar las restricciones bajo las cuales se rige la paletizadora.

#### 8.4.4. Restricciones

Dado que este modelo cuenta con menos parámetros y menos variables, es lógico que existan menos restricciones. Ya que se retiran las variables de cuartos fríos subcontratados y camiones subcontratados, ya no es necesario las restricciones respecto a

estos dos temas. Las restricciones que se presentan a continuación son similares a las de la florícola por lo cual su explicación no necesita ser repetida.

### **Fuerza laboral, contratos y despidos.**

$$W_{pt} = W_{pt-1} + H_{pt} - L_{pt} \quad (8.4.2)$$

### **Restricción de capacidad**

$$P_{pt} \leq \left( \frac{n_p h_p}{K_p} \right) W_{pt} + \frac{O_{pt}}{K_p} + \frac{Z_{pt}}{K_p} \quad (8.4.3)$$

### **Restricción de inventario**

$$I_{pt-1} + P_{pt} = D_{pt} + S_{pt-1} + I_{pt} - S_{pt} \quad (8.4.4)$$

### **Restricción del límite de horas suplementarias**

$$O_{pt} \leq o_p W_{pt} \quad (8.4.5)$$

### **Restricción del límite de horas extraordinarias**

$$Z_{pt} \leq z_p W_{pt} \quad (8.4.6)$$

## **8.4.5. Resultados**

En este apartado se presentan los resultados del último eslabón de la cadena de este proyecto, una vez que se ha resuelto el modelo de planeación agregada. En estos resultados se presentan las variables para cada periodo y los costos que implican éstas. Finalmente se da un costo final que sume los diferentes costos de producción de la paletizadora.

### **8.4.5.1 Fuerza laboral, personal contratado y despedido**

A continuación se presenta la cantidad de personal contratado y despedido para el caso de la paletizadora. Es necesario recordar que éste es uno de los principales problemas

que se presentan en la paletizadora, ya que la cantidad de personal implica costos elevados y es necesario conocer la cantidad que se necesita para cubrir la demanda.

**Tabla 8. 4. 3. Fuerza laboral, personal contratado y despedido.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Fuerza Laboral</b>	<b>Contratados</b>	<b>Despedidos</b>
Enero	16	0	1
Febrero	16	0	0
Marzo	16	0	0
Abril	16	0	0
Mayo	16	0	0
Junio	16	0	0
Julio	15	0	1
Agosto	13	0	2
Septiembre	13	0	0
Octubre	13	0	0
Noviembre	13	0	0
Diciembre	13	0	0

La empresa cuenta con 17 operarios inicialmente, por lo cual se puede observar que es necesario despedir un operario con el fin de no tener tiempos muertos. La paletizadora puede manejar su demanda con estos 16 operarios hasta el mes de junio, ya que para el mes de julio es necesario despedir un operario extra y en el mes de agosto es necesario despedir dos operarios más, ya que la demanda en estos meses comienza a disminuir.

Es necesario conocer los costos que implican estos cambios en el personal de la paletizadora. A continuación se presenta la tabla con los costos implicados en los cambios de personal.

**Tabla 8. 4. 4. Costos de fuerza laboral Novacargo.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Fuerza Laboral</b>	<b>Contratados</b>	<b>Despedidos</b>
Enero	\$ 3.635,20	\$ -	\$ 920,88
Febrero	\$ 3.635,20	\$ -	\$ -
Marzo	\$ 3.635,20	\$ -	\$ -
Abril	\$ 3.635,20	\$ -	\$ -
Mayo	\$ 3.635,20	\$ -	\$ -
Junio	\$ 3.635,20	\$ -	\$ -
Julio	\$ 3.408,00	\$ -	\$ 920,88
Agosto	\$ 2.953,60	\$ -	\$ 1.841,76
Septiembre	\$ 2.953,60	\$ -	\$ -
Octubre	\$ 2.953,60	\$ -	\$ -
Noviembre	\$ 2.953,60	\$ -	\$ -
Diciembre	\$ 2.953,60	\$ -	\$ -
<b>Total</b>	<b>\$ 39.987,20</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 3.683,52</b>

En la tabla 8.4.5 se puede apreciar que el costo de fuerza laboral para procesar los kilos de rosas es de \$39.987,20. Por otro lado se tiene los costos de despidos, puesto que en total existen 4 operarios despedidos, dado la baja de la demanda, se incurre en \$3.683,52 por costos de despidos. Dado que no es necesario contratar operarios no se tienen costos por este aspecto.

#### **8.4.5.2 Horas suplementarias y horas extraordinarias**

En la paletizadora, al igual que la florícola y la agencia es necesario conocer las horas suplementarias y extraordinarias que debe trabajar cada uno de los operarios para cubrir la demanda pronosticada previamente. En la resolución del modelo de planeación para la florícola, se obtuvo que no es necesario trabajar horas extraordinarias, pero si es necesario trabajar horas suplementarias, las cuales se presentan a continuación.



**Tabla 8. 4. 5. Horas suplementarias trabajadas en Novacargo.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Horas Suplementarias</b>
Enero	0
Febrero	286,7
Marzo	0
Abril	10,9
Mayo	768
Junio	239,3
Julio	0
Agosto	0
Septiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0

En esta tabla se puede observar que es necesario trabajar 768 horas extras en el mes de mayo, dado que en este mes se eleva en gran cantidad la demanda de rosas. Una vez conocida la cantidad de horas suplementarias es necesario conocer el costo que éstas representan en el total de la producción.

**Tabla 8. 4. 6. Costos de horas suplementarias.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Horas Suplementarias</b>
Enero	\$ -
Febrero	\$ 610,78
Marzo	\$ -
Abril	\$ 23,29
Mayo	\$ 1.635,84
Junio	\$ 509,68
Julio	\$ -
Agosto	\$ -
Septiembre	\$ -
Octubre	\$ -
Noviembre	\$ -
Diciembre	\$ -
<b>Total</b>	<b>\$ 2.779,59</b>

El costo total que es necesario cubrir para pagar las horas extras trabajadas por los operarios es de \$2.779,59. Como ya se menciona anteriormente no existen horas extraordinarias necesarias para cubrir la demanda, por lo cual no existe costos de horas extraordinarias.

#### **8.4.5.3. Inventario y Faltantes**

De igual manera que en toda la cadena de suministro de exportación de flores, el inventario tiene una elevada rotación dado que se trata de perecibles. Por este motivo es importante que en los resultados del modelo de planeación agregada el inventario sea de cero para cada uno de los meses del año 2014.

Para evitar que los resultados del modelo tengan un valor numérico mayor a cero, se utiliza el método de la gran M con el cual se consigue que éstos se mantengan en cero durante todo el periodo. Dado que no se tiene ni inventario ni faltante, no se realizan gastos.

#### **8.4.5.4. Kilos producidos**

En la paletizadora Novacargo no es necesario subcontratar, ya que la capacidad de procesamiento de la empresa es suficiente, además tan sólo existen tres paletizadoras en el NAIQ. A continuación se presenta la producción necesaria en cada uno de los meses del año 2014.

**Tabla 8. 4. 7. Kilos producidos Novacargo.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Producción</b>
Enero	1124524,40
Febrero	1310054,76
Marzo	1016978,46
Abril	1183127,13
Mayo	1519989,88
Junio	1288212,41
Julio	1080625,29
Agosto	842436,82
Septiembre	862392,42
Octubre	929108,10
Noviembre	891327,61
Diciembre	948585,98

En el caso de la paletizadora los costos de procesos se dan en su gran mayoría por los costos de fuerza laboral, sin embargo también existen impuesto que se deben cancelar por cada kilo procesado. A continuación se presentan estos costos para cada mes con la finalidad de cubrir la demanda del periodo 2014.

**Tabla 8. 4. 8. Costo de kilos producidos en Novacargo.**

Elaborado por los autores.

<b>Mes</b>	<b>Producción</b>
Enero	\$ 9.344,80
Febrero	\$ 10.886,56
Marzo	\$ 8.451,09
Abril	\$ 9.831,79
Mayo	\$ 12.631,12
Junio	\$ 10.705,05
Julio	\$ 8.980,00
Agosto	\$ 7.000,65
Septiembre	\$ 7.166,48
Octubre	\$ 7.720,89
Noviembre	\$ 7.406,93
Diciembre	\$ 7.882,75
<b>Total</b>	<b>\$ 108.008,09</b>

El costo total de procesamiento en pago de impuestos es de \$108.008,09 para todo el año, siendo nuevamente el mes de mayo el mes con mayor costo dada la gran cantidad de demanda de rosas en este mes.

La paletizadora a diferencia de las agencias y las florícolas, no necesitan de camiones en su proceso, por lo cual no se presentan resultados de éstos. Así mismo el cuarto frío de la paletizadora es de una capacidad muy amplia por lo cual tampoco se tiene resultados de cuartos fríos subcontratados.

Una vez que se conocen los resultados y sus costos es momento de conocer el costo total, el cual se lo consigue mediante la función objetivo

$$\begin{aligned} Min = & \sum_{t=1}^{12} n_p h_p c_{pR} W_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pO} O_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pZ} Z_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pH} H_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pL} L_{pt} \\ & + \sum_{t=1}^{12} c_{pI} I_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pS} S_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pP} P_{pt} \end{aligned}$$

De éstos, algunos de los costos se transforman en cero dado que sus variables se mantienen en cero, resultando en la siguiente ecuación.

$$Min = \sum_{t=1}^{12} n_p h_p c_{pR} W_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pO} O_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pL} L_{pt} + \sum_{t=1}^{12} c_{pP} P_{pt}$$

$$Min = \$39.987,20 + \$2.779,59 + \$3.683,52 + \$108.008,09$$

$$Min = \$154.459,4$$

Los costos de este último modelo también son costos elevados de producción. Claramente, se puede observar que los mayores costos están dados por el impuesto que rige la Quiport, seguido de la mano de obra. En estos resultados, es posible observar que la empresa maneja bien sus recursos de fuerza laboral, ya que aprovecha las horas suplementarias de sus operarios y no necesita contratar personal para las épocas altas. Al

igual que en los anteriores modelos se puede decir que los meses con mayor impacto son los meses de mayo y febrero, ratificando así la información otorgada por los directivos de los eslabones.

Una vez resueltos los modelos, se debe destacar que éstos pueden ser utilizados como una guía para la toma de decisiones de cualquiera de estas empresa. Así mismo, es importante mencionar que las empresa que utilicen esta herramienta, verifiquen los parámetros varias veces para asegurar buenos resultados. Finalmente, se puede mencionar que los elevados costos de producción que se pueden dar en los eslabones, sugiere que éstas compartan información con el fin de mejorar y optimizar sus procesos.

## Capítulo IX: Conclusiones y recomendaciones

### 9.1. Conclusiones

#### 9.1.1. Acerca de la cadena de suministros de exportación de flores

- Uno de los grandes problemas que existe en la cadena de suministro de exportación de flores es que no existe comunicación entre los actores. La competencia desmesurada existente crea una barrera entre los actores, lo que provoca que las empresas de la industria sean muy celosas con su información y que ésta no se comparta. Revisar sección 5.2.1.
- Existe un alto grado de informalidad en la industria que ha sido generada por el rápido crecimiento de la misma. Esto eventualmente ha provocado que exista un impedimento en el crecimiento y mejoramiento continuo de la industria. Revisar sección 5.2.1.

#### 9.1.2. Función de demanda

- Las variables que fueron significativas en el modelo son: el precio de venta de rosas ecuatorianas en E.E.U.U. en miles de dólares, la demanda de flores colombianas en E.E.U.U., las importaciones de flores, semillas y follajes de E.E.U.U. en miles de dólares, el PIB per cápita de E.E.U.U., y las variables categóricas de enero, febrero y abril. Éstas variables se han determinado utilizando  $\alpha=0.10$ . Revisar sección 7.1.
- El análisis de regresión cumplió con el objetivo de obtener los factores que afectan a la demanda de rosas de Estados Unidos. Éstos deben ser tomados en cuenta al considerar la función de la demanda. Esto ayudará a tomar mejores decisiones a

través de la cadena al tener un mejor entendimiento de la variabilidad de la demanda.

### 9.1.3. Pronósticos

- De todos los modelos de pronóstico probados, el que presenta mejores resultados es el modelo de Winters. Según los autores esto se debe a que la demanda de rosas está sujeta a variaciones estacionales impuestas por las festividades como San Valentín, el Día de la Madre y el Día de la Mujer. Según los autores, la razón por la cual el modelo de Winters es el que mejor se adapta a la demanda, es porque éste agrega un peso a la estacionalidad cíclica anual a la que está sujeta la industria. Además, el EPAM obtenido para este modelo fue de 20.69%, que se encuentra debajo del 25% convenido anteriormente para este error. Revisar sección 7.2.3.3.
- El segundo modelo con más fiabilidad es el modelo ARIMA, con un EPAM de 24.83%. A pesar de que este modelo es muy cercano al límite propuesto para el error, se recomienda utilizar éste en casos de predicciones para un horizonte de tiempo a corto plazo. La ventaja que presenta un modelo ARIMA frente al resto, es que éste se basa netamente en cálculos estadísticos, éste hecho le brinda mayor confiabilidad al modelo y a sus resultados. Revisar sección 7.2.4.
- El modelo de suavizamiento exponencial simple presenta resultados bastante buenos con un EPAM de 25.30%. En caso de requerir predicciones de un período adelante, este modelo es una buena opción para realizar planeaciones rápidas. Revisar sección 7.2.3.1.
- Estos tres modelos pueden ser utilizados mediante diferentes circunstancias. Sin embargo, lo importante que se puede concluir de éstos es que permiten conocer un posible comportamiento futuro de la demanda de rosas. Estos modelos de pronósticos junto con el conocimiento de que factores afectan a la demanda,

permiten tener una forma de afrontar al problema de la elevada variabilidad que presenta el mercado de rosas exportadas desde el Ecuador.

#### **9.1.4. Planeación Agregada**

- Cada eslabón, debido a su forma de operación utiliza diferentes recursos, esta diferencia debe ser tomada en cuenta al momento de adaptar el modelo de planeación agregada a las necesidades específicas de cada uno. De igual manera, cada eslabón está compuesto por varias empresas, lo que significa además que los tipos de recursos varían también entre empresas. Por lo que, los resultados de este análisis seguramente diferirán dependiendo del eslabón y de la empresa a la cual se adapte el modelo. Revisar sección 8.1.
- Se puede notar una tendencia semejante en los resultados de las aplicaciones prácticas para cada uno de los tres eslabones, por lo cual es de gran importancia que se comparta información entre éstos con el fin de optimizar sus procesos. Revisar secciones 8.2.5, 8.3.5, y 8.4.5.
- La planeación agregada es una importante herramienta para la planeación de estrategias de cualquier empresa, ya sea de manufactura/producción o de servicios, como es el caso de cadena de suministro de exportación de flores ecuatorianas. Por un lado, se tiene a las empresas florícolas que son netamente productores, y por otro lado, se tiene a las agencias consolidadoras y a las agencias paletizadoras que se dedican a brindar servicios.
- Los resultados del modelo matemático de planeación agregada brindan un escenario para la mejor toma de decisiones en un horizonte de tiempo de un año. Además, la planeación agregada toma en cuenta en conjunto aspectos como la mano de obra, la subcontratación y la producción. Esto es de gran importancia porque si estos aspectos son tomados en cuenta de forma individual, pueden



ocasionar un gran impacto en los costos totales de una organización. Revisar sección 8.2.5.

- Los costos calculados para cada una de las variables de decisión tienen un gran peso al momento de realizar un presupuesto para el resto del año. Aunque, cabe resaltar que es importante realizar revisiones periódicas de los resultados, ya que éstos pueden cambiar por factores inesperados o causas aleatorias debidas a la incertidumbre. Esto permite tener un mejor respaldo ante cualquier situación que se presente en la parte productiva de la empresa. Revisar secciones 8.2.5, 8.3.5, y 8.4.5.
- Cada uno de los modelo de planeación agregada que se realizan en los eslabones de la cadena de exportación de flores, son realizados con el fin de mejorar los problemas que presentan la rotación de personal y sus elevados costos. Este problema puede ser resuelto, ya que, los modelos de planeación buscan tener la cantidad exacta de operarios mediante la contratación y despido de los mismos más la cantidad exacta de horas adicionales trabajadas con el fin de cubrir la demanda manteniendo los costos lo más bajo posibles.

## **9.2. Recomendaciones**

### **9.2.1. Acerca de la cadena de suministros de exportación de flores**

- La recomendación principal del estudio, y fundamental para la integración de la cadena de suministro, es que la información de la demanda sea compartida tanto verticalmente como horizontalmente a través de todos los eslabones, actores, organizaciones y empresas que componen la cadena. De ser de otra manera, los esfuerzos de mejora realizados no tendrían frutos. Los autores recomiendan que una organización como Expoflores sea la encargada de realizar los pronósticos de la

demanda y que los comparta a través de servicios web con el fin de que todos los actores tengan acceso a la misma, ya que una organización de este tipo puede tener mayor acceso a datos y a su vez mayor apertura por parte de las empresas relacionadas.

- Se presenta el proceso necesario que debería ser llevado a cabo con el fin de las empresas puedan implementar las herramientas presentadas en este estudio.
  - 1) Análisis de la demanda histórica, factores y documentación.- es esencial tomar en cuenta los factores discutidos en la función de demanda como un punto de partida para la toma de decisiones futuras.
  - 2) Modelamiento de pronóstico de demanda.- es necesario escoger el modelo de pronósticos que se adapte de mejor manera al horizonte de planeación. Si es necesario un pronóstico a corto plazo se sugiere el uso de ARIMA. Sin embargo, para un pronóstico con un horizonte de tiempo mayor se recomienda el uso de Winters dadas las variaciones estacionales del mercado
  - 3) Ajuste al pronóstico acuerdo a las variables de la función de la demanda.- se necesita que los factores que afectan a la demanda, encontrados con el análisis de regresión, sean tomados en cuenta en la interpretación de los pronósticos. Esto permite tener un conocimiento más acertado del comportamiento de la demanda.
  - 4) Consenso con otras áreas de la organización.- después de realizar el ajuste del pronóstico con los factores de la función de demanda es importante que esta información sea validada por expertos de diferentes áreas de la compañía. Esto con la finalidad de obtener el pronóstico más acertado ante una demanda tan cambiante como lo es en el mercado de las rosas de exportación.

- 5) Calcular los parámetros del modelo de planeación.- se debe verificar que todos los parámetros del modelo de planeación sean calculados con la mayor precisión posible, debido a que esto garantiza una mayor probabilidad de éxito en los resultados del modelo.
  - 6) Verificar y validar las restricciones y la función objetivo.- En el modelo deben ser analizadas tanto las restricciones y así como la función objetivo por si se requiriese un cambio dado la situación actual en la que este la empresa.
  - 7) Resolver el modelo y analizar los resultados.- finalmente, se resuelve el modelo, el cual permite conocer los recursos necesarios para la producción o el procesamiento de las rosas de exportación. Este identifica también los costos necesario en el transcurso de todo el año, lo que permite tomar decisiones más acertadas respecto a la producción.
- La enorme variabilidad de la demanda es tan sólo uno de los problemas se tiene en la cadena y a pesar de que atacar a éste ayuda a una mejora sustancial en las operaciones, se recomienda tomar en cuenta el resto problemas existentes con el fin de explotar las capacidades que tiene la industria. Revisar sección 5.2.6.
  - Los modelos propuestos no son definitivos, por esta razón se deberían revisar periódicamente con el fin de adaptarlos continuamente y validar sus resultados.

### **9.2.2. Función de demanda**

- En futuras investigaciones los autores proponen hacer los modelos de regresión con la inclusión de más variables que puedan eventualmente llevar a formalizar un modelo de la demanda de rosas en Estados Unidos. Debido a la falta de disponibilidad de datos los autores no han podido incluir todas las variables. Sin embargo, se proponen algunas basados en el trabajo de Chango y Recalde (2012). Estas variables son:

- Costos de fletes aéreos.
- Gastos y preferencia de los consumidores.
- Vigencia de acuerdos con el mercado objetivo.
- Relaciones comerciales con otros mercados.
- Nivel adquisitivo del mercado objetivo.
- Participación en ferias florícolas en el mercado objetivo.
- Diferenciación de los productos versus la competencia.

Adicionalmente, basado en la investigación y en las entrevistas a expertos los autores piensan que se deberían incluir variables como:

- Crecimiento de supermercados en el mercado objetivo.
- Crecimiento de ventas de flores en internet en el mercado objetivo.
- Crecimiento de floristerías en el mercado objetivo.
- Factores socio-económicos del mercado objetivo (crisis).

Todo esto con el fin de proporcionar un mejor entendimiento del mercado y la competencia que forja a la demanda. Revisar sección 7.1.

- Se recomienda hacer diagnósticos de multicolinealidad y correlación en futuras investigaciones. En específico, se recomiendan utilizar métodos como las regresiones auxiliares y el estadístico de Durbin-Watson con el fin de comprobar el supuesto de multicolinealidad de los datos. En cuanto a la correlación, se recomienda hacer uso de la  $r$  de Pearson y su valor crítico. Revisar sección 7.1.
- En el caso de que se busque realizar un modelo de la demanda, se invita a nuevas investigaciones a probar relaciones no lineales con las variables propuestas en este estudio.

### 9.2.3. Pronósticos

- En futuras investigaciones se debería mejorar los errores de pronóstico y utilizar otros métodos que aseguren la calidad de los mismos.
- Se recomienda utilizar el modelo de Winters con el fin de hacer pronósticos, ya que éste es el que mejor se adapta a la demanda de rosas. Sin embargo, se podría hacer una validación con la ayuda de modelos ARIMA. Revisar secciones 7.2.3.3 y 7.2.4.
- En los modelos ARIMA se recomienda hacer una validación de los parámetros utilizados con el fin de obtener mejores resultados. Éste es un proceso iterativo que se debe revisar constantemente. Revisar sección 7.2.4

### 9.2.4. Planeación agregada

- Al igual que en las recomendaciones para el pronóstico en este apartado se resalta la importancia de tener un buen pronóstico. Por lo cual se recomienda tratar de conseguir un pronóstico que tenga un error menor al presentado en este proyecto. Revisar sección 8.1
- Como se menciona en las conclusiones cada una de las empresas presentan diferentes recursos, por lo cual para su aplicación en otras industrias del sector floricultor, se recomienda primero realizar un análisis a cerca de los recursos que se utilizan en cada uno de los modelos con el fin de validarlos. Revisar sección 6.2.
- Algunos de los parámetros que se presentan en este estudio han sido calculado en base a asunciones realizadas por las empresas. Esto ocasiona cierto sesgo en los resultados lo que incita a recomendar que los datos que se usen para su aplicación sean calculados de una forma más precisa. Revisar sección 6.2.
- Con este tipo de herramienta es recomendado tener cierto control sobre las decisiones que se realicen mediante su uso. Esto se da porque usualmente se usan

para toma de decisiones a mediano plazo, sin embargo si algún inconveniente o imprevisto se hace presente en este tiempo es necesario cambiar ciertos factores del modelo por lo cual se recomienda tener control sobre su utilización.

## Bibliografía

- Albiol, P. (2010). La importancia de los procesos de transporte y carga en almacenes en la Cadena de Suministros (Supply Chain). *Transporte Desarrollo y Medio Ambiente*, 30(1), 51-55.
- Alemany, M., Alarcón, F., Lario, F., & Boj, J. (2009). *Planificación agregada en cadenas de suministro del sector cerámico*. Barcelona.
- American Society for Quality. (2014). *The define measure analyze improve control process*. Recuperado el 24 de Marzo de 2014, de ASQ: <http://asq.org/learn-about-quality/six-sigma/overview/dmaic.html>
- Banco Central del Ecuador. (2014). *Boletín de información estadística mensual*. Obtenido de Banco Central del Ecuador:  
<http://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>
- Baye, M. (2006). *Economía de empresa y estrategia empresarial*. Madrid: Mc Graw-Hill.
- Bonarriva, J. (2003). *Industry & Trade Summary: cut flowers*. Office of Industries, U.S. International Trade Commission, Washington, DC.
- Cámara de Comercio de Guayaquil. (Junio de 2013). *Ecuador sin acuerdos comerciales y sin ATPDEA*. Obtenido de Cámara de Comercio de Guayaquil:  
<http://www.lacamara.org/ccg/2013%20Junio%20BE%20CCG%20Ecuador%20sin%20Acuerdos%20Comerciales%20y%20sin%20ATPDEA.pdf>
- Castro, A. (2014, Mayo 28). Entrevista a Expoflores 2. (S. Ahmed, & D. Niveló, Interviewers)

- Chango, L., & Recalde, S. (2012). *Levantamiento de procesos productivos en la florícola Jardines Piaveri Cía. Ltda. ubicada en la parroquia Joseguango Bajo, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Chiriboga Vega, M. (Octubre de 2013). La exportación a Estados Unidos. *Flor Ecuador*(74).
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply chain management: strategy, planning and operation* (3rd edition ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Comité Costarricense de Logística. (2003). *Manual de logística de paletización*. GS1.
- Datta, S., Granger, C., Graham, D., Sagar, N., Doody, P., Slone, R., & Hilmola, O.-P. (2008). *Forecasting and risk analysis in supply chain management*. Boston: MIT Forum for Supply Chain Innovation.
- Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. (2013). *Análisis sectorial de flores*. Obtenido de Pro Ecuador: [http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/07/PROEC\\_AS2013\\_FLORES.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/07/PROEC_AS2013_FLORES.pdf)
- Dirección Nacional de Asesoría Jurídica de la PGE. (2013). *Código del Trabajo*.
- El Telégrafo. (20 de Diciembre de 2012). Exportación de flores creció 11% este año. *El Telégrafo*.
- Enfásis Logística México. (2006). *Cómo abaratar costos en transporte*. Obtenido de KOM International: [http://www.komintl.com/pub/eng/wpapers/reprints/2006-02-Enfasis\\_Logistica.pdf](http://www.komintl.com/pub/eng/wpapers/reprints/2006-02-Enfasis_Logistica.pdf)
- Expoflores. (2014). *Exportacion de Flores 2003-2013*. Hoja de cálculo, Expoflores, Quito.
- Fontalvo, T., & Cardona, D. (2012). Análisis de la cadena de suministro de flores de corte para exportación mediante el modelo SCOR. *Libre Empresa*, 65-78.



- Foster, S. T., Wallin, C., & Ogden, J. (2011). Towards a better understanding of supply chain quality management practices. *International Journal of Production Research*, 49(8), 2285-2300.
- Frohlich, M. T., & Westbrook, R. (2001). Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. *Journal of Operations Management*(19), 185-200.
- Gaviria, D., & Pérez, J. (2013). *Análisis de la cadena de suministro e identificación de puntos críticos del sector floricultor antioqueño*. Antioquia: Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*. Chichester, England: Wiley.
- Go Lean Six Sigma. (2012). *DMAIC: The 5 phases of Lean Six Sigma*. Recuperado el 28 de marzo de 2014, de Go lean six sigma: [http://www.goleansixsigma.com/wp-content/uploads/2012/02/DMAIC-The-5-Phases-of-Lean-Six-Sigma-www.GoLeanSixSigma.com\\_.pdf](http://www.goleansixsigma.com/wp-content/uploads/2012/02/DMAIC-The-5-Phases-of-Lean-Six-Sigma-www.GoLeanSixSigma.com_.pdf)
- Gómez-Senet, E., Sánchez, M., & González, C. (2000). *Cuadernos de Ingeniería de Proyectos II: del diseño del detalle a la realización*. Valencia: Camino de Vera.
- González, A. (2013). *Intercambio de información en las cadenas de suministro internacionales: el caso de la cadena de suministro de flor fresca cortada colombiana para la exportación*. Santiago de Chile: CEPAL- Serie Comercio Internacional.
- Groebner, D., Shannon, P., Fry, P., & Smith, K. (2011). *Business statistics: a decision making approach* (Vol. 8va edición). New Jersey: Prentice Hall.
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (5ta edición ed.). México D.F.: Mc Graw Hill.

- Hernández, H., & Reyes, P. (2007). *Fase Definición Seis Sigma BB*.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones* (9na Edición ed.). México, D.F., México: McGraw-Hill.
- Hoover, K. (2006). The methodology of econometrics. En K. Patterson, & T. Mills, *Palgrave handbook of econometrics: volume 1 econometric theory* (págs. 63-65). Nueva York: Palgrave Macmillan.
- Improvement Skills Consulting. (2008). Recuperado el Abril de 2014, de Wordpress.com: <http://ianjseath.files.wordpress.com/2009/04/sipoc.pdf>
- Kouzmine, V. (2000). *Exportaciones no tradicionales latinoamericanas. Un enfoque no tradicional*. Santiago de Chile: CEPAL - Serie Comercio Internacional.
- Kuei, C.-h., Madu, C. N., & Lin, C. (August de 2011). Developing global supply chain quality management systems. *International Journal of Production Research*, 49(15), 4457-4481.
- Mankiw, N. G. (2004). *Principios de economía* (3ra edición ed.). Madrid: Mc Graw-Hill.
- Mejía, M. (18 de Mayo de 2014). Entrevista a florícolas. (S. Ahmed, & D. Niveló, Entrevistadores)
- Montgomery, D., & Runger, G. (2009). *Probabilidad y Estadística aplicadas a la ingeniería* (2da edición ed.). Mexico D.F.: Limusa Wiley.
- Morlidge, S. (2014). Forecast quality in the supply chain. *Foresigth*, 26-31.
- Myerson, P. (2012). *Lean supply chain and logistics management*. Estados Unidos: Mc Graw Hill.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México D.F.: Mc Graw Hill.

- Napaporn, G., & Ward, R. (2003). *Demand drivers for fresh-cut flowers and their substitutes: an application of household expenditure allocation models*. Montreal: University of Florida.
- National Climatic Data Center. (2014). *Climate at a glance*. Obtenido de National Climatic Data Center: <http://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/us>
- Ngwainbi. (2008). *A framework supporting the design of a lean-agile supply chain towards improving logistics performance*. Västerås: Mälardalens Högskola School of Innovation, Design and Engineering.
- Nicholson, W. (2001). *Microeconomía Intermedia*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2004). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Alfaomega.
- Nivelo, D., & Ahmed, S. (2013). *Encuestas de Identificación de Problemas*. Informe, Novacargo S.A., Operaciones, Quito.
- Oviedo, L., & Rodríguez, N. (2009). *Caracterización de la cadena de abastecimiento de rosas en Colombia*. Bogotá: Pontificia Universidad Javierina.
- Pagano, R. (2009). *Understanding statistics in the behavioural sciences* (9th edition ed.). Canada: Cengage Learning.
- Pal, A., Chan, F., Mahanty, B., & Tiwari, M. (2010). *Aggregate procurement, production, and shipment planning decision problem for a three-echelon supply chain using swarm-based heuristics*. Kharagpur: Taylor & Francis.
- Prakash, K., & Muniyandi, B. (2014). Application of ARIMA model for forecasting production of jasmine flower in Madurai District of Tamil Nadu, India. *American International Journal of Research in Humanities, Arts and Social Sciences*, 279-285.

- PRO Ecuador. (2014). *Flores*. Recuperado el Abril de 2014, de PRO Ecuador:  
<http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/flores/>
- PRO Ecuador. (2014). *FOB (Franco a Bordo)*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de PRO Ecuador: <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/requisitos-para-exportar/incoterms/fob-franco-a-bordo/>
- PRO Ecuador. (2014). *Guía del exportador*. Obtenido de PRO Ecuador:  
<http://www.proecuador.gob.ec/pubs/guia-del-exportador/>
- PRO Ecuador. (2014). *Incoterms*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de PRO Ecuador:  
<http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/requisitos-para-exportar/incoterms/>
- Quirós, M. (2001). La floricultura en Colombia en el marco de la globalización: aproximaciones hacia un análisis micro y macroeconómico. *Revista Universidad EAFIT*, 59-68.
- Revollo , I., & Suarez , J. (2009). *Propuesta para el mejoramiento de la producción en alimentos SAS S.A. a través de la estructuración de un modelo de planeación, programación y control de la producción*. Tesis, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Bogota.
- Rodríguez, M. R. (7 de Marzo de 2014). Entrevista LAN. (S. Ahmed, & D. Niveló, Entrevistadores)
- Ryan, R. (Marzo de 2008). Cargo: A necessary evil for airports and carriers? *Journal of Airport Management*, 2(2), 132-136.
- Santillán, M. (s.f.). *Pronósticos*. Pachucha: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo .
- SENAE. (2013). *Guía de operadores del comercio exterior para la gestión de las declaraciones aduaneras de exportación (general) y de las declaraciones aduaneras simplificadas de exportación (courier y correos del Ecuador)*. Obtenido

de Aduana del Ecuador: <http://www.aduana.gob.ec/files/pro/pro/oce/2013/SENAE-GOE-2-2-001-V1.pdf>

Silva, M., Rodríguez, J., Liquidano, M., González, Y., & Carlos, C. (2015). Impacto de la gestión de la cadena de suministros sobre el desempeño competitivo en empresas manufactureras de Aguascalientes, México. *Revista Internacional de Administración & Finanzas*, 23-36.

Spithourakis, G., Petropoulos, F., Babai, Z., Nikolopoulos, K., & Assimakopoulos, V. (2011). Improving the performance of popular supply chain forecast techniques. *Supply Chain Forum*, 16-25.

Stevenson, W. (2008). Operations Management. En W. Steveson . McGraw-Hill.

Thuermer, K. (1 de Septiembre de 2009). Say it with Flowers, Say it with Logistics. *World Trade 100*, 22(9), 20-25.

Universidad de Murcia. (s.f.). *Tema 4: Modelos y modelización*. Obtenido de Open Courseware Universidad de Murcia: <http://ocw.um.es/ciencias/modelizacion-de-sistemas-ambientales/material-de-clase-1/msa-cap-04.pdf>

Urrea, L., Garzón, L., & Perez, L. (2007). *Medición del desempeño en la cadena de abastecimiento del sector floricultor colombiano*. Bogotá.

USITC. (2014). *General Customs Value by General Customs ValuNAIC - 111422: Fresh Flowers, seeds and foliage. General customs value by general costums value for Ecuador* . Obtenido de United States Interational Trade Comission: <http://dataweb.usitc.gov/scripts/INTRO.asp>

Vallet-Bellmunt, T. (2010). Las relaciones en la cadena de suministros no son tan peligrosas. *Universia Business Review*(26), 12-33.

Vásquez, R., Torres, M., & Velasco, J. (25 de Febrero de 2014). Entrevista NOVACARGO S.A. (S. Ahmed, & D. Niveló, Entrevistadores)

Velastegui, A. (22 de Mayo de 2014). Entrevista a Expoflores. (D. Niveló, & S. Ahmed, Entrevistadores)

Vélez, L., Rodríguez, E., Camacho, M., & Soto, N. (2013). *Desempeño del sector floricultor 2008-2012*. Bogotá: Superintendencia de Sociedades.

YCharts. (2014). *US Real GDP per Capita*. Obtenido de YCharts:

[http://ycharts.com/indicators/us\\_real\\_gdp\\_per\\_capita](http://ycharts.com/indicators/us_real_gdp_per_capita)

Yue, Y. (2014). The research on competitive advantage of supply chain under demand uncertainty. *Information Technology Journal*, 2174-2177.

Zavalla, C. (Junio de 2010). Definir, medir, analizar, mejorar y controlar la cadena logística. *Énfasis Logística*(5).

## **Anexo A – Matriz de Problemas**

Esta matriz fue elaborada a partir de las encuestas realizadas a expertos en cada uno de los eslabones que conforman la cadena de suministro de exportación de flores. También, se agregaron los problemas expuestos en la entrevista a Expoflores. En la fila superior, se encuentra cada uno de los eslabones que cuyas decisiones causan efectos con el resto. Los afectados, se muestran en la primera fila. En la diagonal de la tabla, se encuentran los problemas internos que cada eslabón tiene.

Tabla A 1. Matriz de problemas de la cadena. Elaborado por los autores.

		ACTOR DEL PROBLEMA				
		Florícola	Carguera	Paletizadora	Aerolínea	Cliente Final
	<b>Florícola</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de personal capacitado en épocas de alta demanda.</li> <li>- Alta variabilidad en la demanda.</li> <li>- Alta rotación de personal</li> </ul>				
	<b>Carguera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrega tardía de carga.</li> <li>- Poca comunicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta rotación de personal.</li> <li>- Costos de transporte no óptimos.</li> </ul>			
	<b>Paletizadora</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La producción no es estable, depende de causas asignables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mala consolidación de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta rotación de personal.</li> <li>- Tiempos muertos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de estandarización de información de vuelos.</li> <li>- Información tardía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cliente tiene mucha libertad de cambiar la planificación.</li> </ul>
	<b>Aerolínea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demasiada variedad de cajas.</li> <li>- Alta variabilidad en la demanda no permite correcta planificación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No llegan las guías a tiempo.</li> <li>- Pesaje equivocado.</li> <li>- Mala consolidación de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta rotación de personal.</li> <li>- Falta de capacitación de personal.</li> <li>- Repaletización de carga.</li> <li>- Mezcla de carga.</li> <li>- Muestreos invasivos de policía.</li> </ul>		
	<b>Cliente Final</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En épocas de alta demanda no logran cumplir con los requisitos pedidos.</li> </ul>				



## **Anexo B – Encuesta de Identificación de Problemas**

Esta encuesta es parte de la realización de un trabajo de titulación basada en la integración y mejoramiento de la cadena suministro de exportación de flores del Ecuador. El objetivo de la encuesta es identificar los problemas que tiene dicha cadena. Todos los datos e información que se provean serán usados estrictamente con fines académicos.

**1. ¿Cuál es el nombre de su empresa/finca? (opcional)**

---

**2. ¿Cuántos años tiene de experiencia en la exportación de flores?**

---

**3. ¿En qué sector se ubica la/las fincas?**

---

**4. ¿Cuál es su principal producto (tipo de flor) de exportación?**

---

A continuación se presentarán preguntas sobre problemas que afectan la cadena de suministro de exportación de flores en cuanto a producción, logística y costo. Por favor enumerar del 1 al 5 los problemas en el espacio provisto según la importancia que se le dé, siendo 1 el problema más importante o de mayor afectación y 5 el problema el menos importante o de menor afectación. En el caso de que hubiera otro problema en cualquiera de los campos, por favor especifique en el espacio provisto al final de esta sección.

### **5. Problemas de producción**

- \_\_\_\_\_ Rotación y capacitación de personal
- \_\_\_\_\_ Cobros
- \_\_\_\_\_ Variación en la demanda
- \_\_\_\_\_ Tiempos muertos
- \_\_\_\_\_ Falta de suministros de producción

### **6. Problemas de logística**

- \_\_\_\_\_ Rompimiento de la cadena de frío
- \_\_\_\_\_ Gran cantidad de actores en la cadena
- \_\_\_\_\_ Falta de personal
- \_\_\_\_\_ Maltrato y daño de producto
- \_\_\_\_\_ Cajas extraviadas

### **7. Problemas de costos**

- \_\_\_\_\_ Costo de transporte terrestre
- \_\_\_\_\_ Tarifas de fletes aéreos
- \_\_\_\_\_ Costos de calidad
- \_\_\_\_\_ Costos de personal
- \_\_\_\_\_ Costos de tecnología

Por favor, si cree que existe otro problema que no se haya tomado en consideración en las preguntas previas, descríballo a continuación bajo su respectivo grupo.

## **5.1. Problemas de producción**

---

## **6.1. Problemas de logística**

---

## **7.1. Problemas de costos**

---

**8. A continuación se presentan enunciados sobre los servicios que presentan los diferentes actores de la cadena de suministro de exportación de flores. Se presenta una escala de 5 puntos mostrada a continuación para este propósito. Por favor, califique de acuerdo a su percepción.**

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Existe una buena comunicación entre mi empresa y la agencia de carga.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La agencia de carga brinda un buen servicio.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La agencia de carga trata de forma adecuada mi producto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las paletizadoras realizan un buen servicio.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El servicio que brindan las paletizadoras es totalmente necesario.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El servicio de transporte terrestre es bueno.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las aerolíneas siempre tienen vuelos disponibles.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El servicio que brindan las aerolíneas es bueno.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Anexo C - Cantidad de toneladas exportadas de rosas ecuatorianas

En la Tabla C1 se presenta la cantidad de rosas en toneladas que han sido exportadas a los Estados Unidos. Los datos que se presentan comienzan en enero del 2003 y terminan en diciembre de 2013. Esta información se presenta en periodos mensuales.

**Tabla C 1. Cantidad de toneladas exportadas de rosas ecuatorianas 2006-2013.**

**Fuente Expoflores.**

PERIODO	TONELADAS DE ROSAS	PERIODO	TONELADAS DE ROSAS	PERIODO	TONELADAS DE ROSAS	PERIODO	TONELADAS DE ROSAS
1	2830,55	34	3229,11	67	9025,76	100	3472,45
2	5391,43	35	3330,24	68	3765,82	101	3339,27
3	3115,51	36	2620,56	69	3038,36	102	2913,47
4	3147,24	37	2244,20	70	3869,28	103	2488,81
5	4600,44	38	4216,93	71	4271,97	104	2451,04
6	5037,12	39	3442,02	72	3368,96	105	2280,69
7	3126,45	40	3294,75	73	3578,91	106	2704,53
8	2799,13	41	4095,57	74	3524,53	107	2747,38
9	2741,39	42	9841,69	75	3336,86	108	2426,50
10	3406,04	43	3111,36	76	2140,29	109	3592,04
11	2745,58	44	2482,69	77	4391,06	110	3457,38
12	2374,63	45	2767,60	78	3960,81	111	2457,99
13	3231,06	46	3253,19	79	3035,70	112	2999,77
14	4956,89	47	2688,34	80	2246,82	113	3614,52
15	3181,48	48	2816,15	81	2747,80	114	2813,81
16	3406,72	49	3222,22	82	2414,92	115	2200,66
17	4246,78	50	4504,44	83	2583,25	116	2577,44
18	2663,07	51	3523,05	84	2320,20	117	2796,92
19	3404,38	52	3108,13	85	3381,62	118	1819,84
20	3489,88	53	3969,65	86	2992,64	119	1232,87
21	2456,22	54	2280,98	87	2199,16	120	2632,71
22	3373,39	55	2304,09	88	3452,83	121	4757,24
23	2874,97	56	2490,00	89	3030,20	122	4309,13
24	2872,99	57	2458,85	90	2447,38	123	3330,66
25	3121,09	58	2433,51	91	2264,78	124	1724,63
26	3361,40	59	6282,77	92	2068,98	125	5219,15
27	2556,68	60	5251,30	93	2187,35	126	3694,19
28	3344,73	61	6566,95	94	2603,44	127	3977,27
29	4125,35	62	7073,22	95	2211,26	128	2359,55
30	3014,50	63	6499,56	96	2575,55	129	2801,39
31	3134,53	64	12769,50	97	3068,00	130	3458,49
32	2905,11	65	13172,99	98	3499,45	131	1289,19
33	3722,12	66	7645,52	99	2720,52	132	3443,20

## Anexo D - Precio de las rosas ecuatorianas exportadas

A continuación se presentan los datos de los precios de las rosas exportadas a los Estados Unidos. Al igual que la cantidad de rosas exportadas esta información se presenta desde enero del 2006 hasta diciembre de 2013 en periodos mensuales.

**Tabla D 1. Precio de las rosas ecuatorianas exportadas 2006-2013.**

Fuente Expoflores.

PERIODO	PRECIO DE ROSAS	PERIODO	PRECIO DE ROSAS	PERIODO	PRECIO DE ROSAS	PERIODO	PRECIO DE ROSAS
1	\$ 4,90	25	\$ 3,53	49	\$ 5,67	73	\$ 7,17
2	\$ 6,02	26	\$ 5,84	50	\$ 8,10	74	\$ 7,57
3	\$ 5,15	27	\$ 6,47	51	\$ 5,14	75	\$ 5,48
4	\$ 4,31	28	\$ 3,42	52	\$ 4,90	76	\$ 5,94
5	\$ 4,61	29	\$ 4,05	53	\$ 5,08	77	\$ 5,67
6	\$ 1,41	30	\$ 5,34	54	\$ 5,02	78	\$ 4,96
7	\$ 4,17	31	\$ 5,30	55	\$ 4,53	79	\$ 5,35
8	\$ 4,52	32	\$ 4,87	56	\$ 4,86	80	\$ 5,16
9	\$ 4,30	33	\$ 4,92	57	\$ 5,46	81	\$ 5,26
10	\$ 4,54	34	\$ 5,16	58	\$ 5,02	82	\$ 5,52
11	\$ 4,43	35	\$ 5,09	59	\$ 4,93	83	\$ 5,32
12	\$ 4,80	36	\$ 5,07	60	\$ 5,05	84	\$ 4,25
13	\$ 6,12	37	\$ 4,90	61	\$ 6,02	85	\$ 5,63
14	\$ 8,67	38	\$ 5,95	62	\$ 8,45	86	\$ 6,26
15	\$ 6,89	39	\$ 6,70	63	\$ 4,70	87	\$ 6,12
16	\$ 4,49	40	\$ 5,37	64	\$ 5,33	88	\$ 4,90
17	\$ 4,71	41	\$ 6,12	65	\$ 4,99	89	\$ 5,18
18	\$ 5,36	42	\$ 5,49	66	\$ 4,85	90	\$ 5,75
19	\$ 4,17	43	\$ 4,73	67	\$ 4,78	91	\$ 4,88
20	\$ 4,21	44	\$ 4,87	68	\$ 4,86	92	\$ 4,44
21	\$ 6,45	45	\$ 4,92	69	\$ 5,32	93	\$ 4,68
22	\$ 5,11	46	\$ 4,75	70	\$ 5,05	94	\$ 5,05
23	\$ 4,07	47	\$ 4,72	71	\$ 4,87	95	\$ 4,45
24	\$ 13,35	48	\$ 4,88	72	\$ 5,50	96	\$ 5,02

## Anexo E - Precio de otro tipo de flores ecuatorianas

En la tabla a continuación se presenta los precios de aquellas flores que no sean rosas. Esta información se presenta en 96 periodos mensuales ya que va desde enero de 2006 hasta diciembre de 2013.

**Tabla E 1. Precio de otro tipo de flores ecuatorianas 2006-2013.**

Fuente Expoflores.

PERIODO	PRECIO FLORES	PERIODO	PRECIO FLORES	PERIODO	PRECIO FLORES	PERIODO	PRECIO FLORES
1	\$ 4,80	25	\$ 5,83	49	\$ 5,50	73	\$ 7,38
2	\$ 4,71	26	\$ 9,95	50	\$ 12,29	74	\$ 6,64
3	\$ 4,43	27	\$ 6,71	51	\$ 6,11	75	\$ 5,95
4	\$ 4,82	28	\$ 5,61	52	\$ 5,72	76	\$ 6,42
5	\$ 3,63	29	\$ 6,32	53	\$ 5,25	77	\$ 6,67
6	\$ 4,63	30	\$ 4,63	54	\$ 6,17	78	\$ 6,49
7	\$ 4,30	31	\$ -	55	\$ 5,96	79	\$ 5,95
8	\$ 13,60	32	\$ -	56	\$ 5,81	80	\$ 7,92
9	\$ 4,20	33	\$ -	57	\$ 5,90	81	\$ 6,20
10	\$ 3,80	34	\$ -	58	\$ 5,90	82	\$ 6,19
11	\$ 4,35	35	\$ -	59	\$ 5,49	83	\$ 5,39
12	\$ 4,60	36	\$ -	60	\$ 5,99	84	\$ 7,62
13	\$ 4,73	37	\$ 54,52	61	\$ 5,90	85	\$ 4,47
14	\$ 4,77	38	\$ 52,85	62	\$ 6,27	86	\$ 4,83
15	\$ 3,56	39	\$ -	63	\$ 5,55	87	\$ 6,85
16	\$ 4,67	40	\$ -	64	\$ 6,12	88	\$ 6,00
17	\$ 4,35	41	\$ -	65	\$ 5,85	89	\$ 5,15
18	\$ 4,24	42	\$ 9,25	66	\$ 5,76	90	\$ 5,96
19	\$ 4,40	43	\$ 5,45	67	\$ 12,87	91	\$ 6,44
20	\$ 4,65	44	\$ 6,23	68	\$ 5,39	92	\$ 4,63
21	\$ 5,54	45	\$ 5,14	69	\$ 6,18	93	\$ 6,32
22	\$ 4,89	46	\$ 5,29	70	\$ 7,57	94	\$ 5,11
23	\$ 5,19	47	\$ 5,06	71	\$ 7,10	95	\$ 11,01
24	\$ 6,81	48	\$ 5,60	72	\$ 6,46	96	\$ 4,01

## Anexo F - Cantidad de toneladas exportadas de otro tipo flores ecuatorianas

La cantidad en toneladas de flores exportadas que no son rosas puede ser observada en la Tabla F1. Esta información también se presenta en periodos mensuales desde enero de 2006 hasta diciembre de 2013.

**Tabla F 1. Cantidad de toneladas exportadas de otro tipo de flores ecuatorianas 2006-2013.**

Fuente Expoflores.

PERIODO	TONELADAS DE FLORES	PERIODO	TONELADAS DE FLORES	PERIODO	TONELADAS DE FLORES	PERIODO	TONELADAS DE FLORES
1	1384,81	25	193,18	49	1373,19	73	1411,07
2	1965,83	26	193,51	50	1030,15	74	1196,11
3	1373,50	27	36,31	51	1012,08	75	1225,62
4	1413,04	28	55,51	52	1555,01	76	1469,08
5	5616,57	29	20,57	53	1082,31	77	1333,11
6	1205,68	30	61,04	54	1009,91	78	1093,64
7	1545,00	31	0,00	55	858,87	79	990,10
8	1224,04	32	0,00	56	1009,71	80	1124,31
9	1221,23	33	0,00	57	1071,86	81	1244,56
10	1678,41	34	0,00	58	1172,60	82	910,46
11	1412,48	35	0,00	59	1151,10	83	690,67
12	1311,01	36	0,00	60	1113,90	84	1031,89
13	1306,40	37	0,16	61	1521,61	85	2965,02
14	1797,53	38	0,31	62	1204,38	86	1819,79
15	1660,05	39	0,00	63	1124,00	87	1722,42
16	1877,12	40	0,00	64	1683,56	88	810,39
17	2371,15	41	0,00	65	1108,37	89	2405,27
18	1202,52	42	44,62	66	1144,77	90	1923,54
19	1022,55	43	820,89	67	689,39	91	2173,20
20	1131,62	44	899,01	68	1010,94	92	756,12
21	1059,37	45	969,33	69	1157,84	93	1665,01
22	870,33	46	1091,64	70	1224,61	94	1941,45
23	519,22	47	966,41	71	1224,23	95	918,58
24	57,46	48	908,15	72	1076,64	96	2069,21



## **Anexo G - Cantidad de toneladas de flores colombianas exportadas**

En la Tabla G1 se presenta la información de las toneladas exportadas de flores colombianas de 2006 hasta 2013. Esta información se presenta en periodos anuales.

**Tabla G 1. Cantidad de toneladas de flores colombianas exportadas 2006-2013.**

Fuente Expoflores.

PERIODO	TONELADAS DE FLORES COLOMBIA
1	183661
2	190890
3	176342
4	163425
5	168895
6	157359
7	149395
8	156552

## Anexo H - PIB per cápita Estados Unidos

El producto interno bruto de los Estados Unidos se lo tiene simplemente en trimestres. Por este motivo en la Tabla H1 se pueden apreciar 32 periodos trimestrales desde 2006 hasta 2013.

**Tabla H 1. PIB per cápita Estados Unidos 2006-2013**

Fuente Ycharts

PERIODO	PIB PER CÁPITA E.E.U.U	PERIODO	PIB PER CÁPITA E.E.U.U
1	16285,67	17	15752,33
2	16299,33	18	15875,00
3	16271,67	19	15952,67
4	16356,67	20	16032,00
5	16331,33	21	15953,67
6	16420,33	22	16052,67
7	16488,33	23	16075,33
8	16506,67	24	16236,67
9	16360,00	25	16359,67
10	16405,00	26	16381,67
11	16284,00	27	16462,67
12	15896,33	28	16437,67
13	15643,67	29	16458,67
14	15595,33	30	16532,33
15	15608,67	31	16668,33
16	15721,67	32	16745,33

## Anexo I – Temperatura Estados Unidos

En la tabla I1 se presentan los grados centígrados del país de Estados Unidos.

Esta información se la presenta en periodos mensuales, la cual va desde Enero de 2006 hasta diciembre de 2013.

**Tabla I 1. Temperatura Estados Unidos 2006-2013.**

Fuente National Climatic Data Center.

PERIODO	TEMPERATURA (C°) E.E.U.U	PERIODO	TEMPERATURA (C°) E.E.U.U	PERIODO	TEMPERATURA (C°) E.E.U.U	PERIODO	TEMPERATURA (C°) E.E.U.U
1	3,9	25	-1,0	49	-0,7	73	2,3
2	1,6	26	1,5	50	-0,1	74	3,1
3	5,9	27	5,5	51	6,4	75	10,2
4	12,9	28	10,2	52	11,8	76	12,6
5	16,8	29	15,2	53	15,5	77	17,5
6	21,5	30	20,9	54	21,4	78	21,4
7	24,7	31	23,4	55	23,7	79	24,9
8	23,0	32	22,4	56	23,4	80	23,2
9	17,4	33	18,5	57	19,2	81	19,1
10	11,4	34	12,2	58	13,4	82	12,2
11	6,7	35	6,6	59	5,7	83	6,7
12	2,5	36	-0,1	60	0,3	84	2,2
13	-0,4	37	-0,5	61	-1,3	85	0,1
14	0,2	38	2,7	62	0,6	86	1,5
15	8,7	39	6,0	63	6,2	87	4,9
16	10,3	40	10,5	64	11,1	88	9,8
17	16,9	41	16,5	65	15,1	89	16,0
18	21,0	42	20,3	66	21,0	90	21,3
19	23,7	43	22,6	67	24,5	91	23,5
20	23,7	44	22,2	68	23,9	92	22,8
21	19,1	45	19,1	69	18,9	93	19,4
22	13,7	46	10,3	70	12,8	94	11,9
23	6,7	47	7,7	71	6,5	95	5,4
24	0,7	48	-1,3	72	1,9	96	-0,5

## Anexo J – Total de exportaciones no tradicionales ecuatorianas

En la tabla J1 se presentan las exportaciones no tradicionales ecuatorianas en miles de dólares. Esta información se la presenta en periodos mensuales, la cual va desde Enero de 2006 hasta diciembre de 2013.

**Tabla J 1. Total de exportaciones no tradicionales en miles de dólares.**

**Fuente Banco Central del Ecuador.**

PERIODO	EXPORTACIONES NO TRADICIONALES ECUATORIANAS	PERIODO	EXPORTACIONES NO TRADICIONALES ECUATORIANAS	PERIODO	EXPORTACIONES NO TRADICIONALES ECUATORIANAS	PERIODO	EXPORTACIONES NO TRADICIONALES ECUATORIANAS
1	205976.65	25	304603.61	49	261316.13	73	383519.78
2	209513.43	26	303753.83	50	318675.75	74	426023.49
3	224186.85	27	305478.54	51	316619.30	75	430394.92
4	201350.17	28	310621.42	52	341425.29	76	401465.04
5	238842.97	29	337738.28	53	385313.58	77	462273.88
6	210632.94	30	348003.89	54	341753.76	78	462645.18
7	228546.79	31	364339.04	55	362992.14	79	516800.23
8	236780.23	32	373567.73	56	332043.70	80	480542.01
9	252381.48	33	329472.17	57	353422.30	81	536701.28
10	269137.71	34	303002.94	58	384992.08	82	447633.48
11	251850.78	35	348420.67	59	329647.71	83	489830.72
12	260461.98	36	317011.78	60	382792.35	84	538359.07
13	255883.15	37	283105.46	61	348292.96	85	456874.25
14	271750.84	38	248495.00	62	378249.79	86	472489.37
15	286333.68	39	307414.21	63	393698.62	87	519185.87
16	276467.60	40	251926.42	64	422594.96	88	456638.17
17	290951.94	41	276244.79	65	440427.88	89	536491.44
18	290526.29	42	289998.09	66	403811.95	90	481824.82
19	304443.45	43	309534.90	67	417737.87	91	432301.03
20	295413.77	44	278418.01	68	400668.79	92	419075.49
21	298606.27	45	295965.48	69	411696.15	93	439788.44
22	346254.39	46	324944.51	70	409142.63	94	485176.34
23	307135.48	47	275040.98	71	373442.09	95	480437.85
24	321889.06	48	277256.04	72	473767.36	96	481773.38

## Anexo K – Importaciones de flores, semillas y follajes de E.E.U.U.

En la tabla K1 se presentan las importaciones de flores, semillas y follajes que hace Estados Unidos en miles de dólares. Esta información se la presenta en periodos mensuales, la cual va desde Enero de 2006 hasta diciembre de 2013.

**Tabla K 1. Importaciones de flores, semillas y follajes de E.E.U.U. en miles de dólares.**

**Fuente Comisión de Comercio Internacional de Estados Unidos**

PERIODO	IMPORTACIONES DE FLORES, SEMILLAS .Y FOLLAJES E.E.U.U.	PERIODO	IMPORTACIONES DE FLORES, SEMILLAS .Y FOLLAJES E.E.U.U.	PERIODO	IMPORTACIONES DE FLORES, SEMILLAS .Y FOLLAJES E.E.U.U.	PERIODO	IMPORTACIONES DE FLORES, SEMILLAS .Y FOLLAJES E.E.U.U.
1	10815.00	25	14744.00	49	17364.00	73	22623.00
2	21766.00	26	20394.00	50	19461.00	74	24735.00
3	9927.00	27	8588.00	51	8082.00	75	10245.00
4	12243.00	28	15147.00	52	16517.00	76	16633.00
5	14739.00	29	13115.00	53	11719.00	77	18534.00
6	10814.00	30	10047.00	54	9058.00	78	10899.00
7	10798.00	31	7699.00	55	7773.00	79	8600.00
8	9622.00	32	8106.00	56	7407.00	80	9905.00
9	10181.00	33	8596.00	57	9431.00	81	11164.00
10	12569.00	34	9997.00	58	10207.00	82	10620.00
11	9936.00	35	9173.00	59	9527.00	83	11833.00
12	8097.00	36	8578.00	60	10595.00	84	11337.00
13	17637.00	37	15985.00	61	18958.00	85	24702.00
14	21036.00	38	17642.00	62	24735.00	86	24262.00
15	10212.00	39	6779.00	63	9725.00	87	13193.00
16	16095.00	40	14583.00	64	18054.00	88	19038.00
17	16491.00	41	11617.00	65	13094.00	89	19117.00
18	9658.00	42	7848.00	66	9660.00	90	12675.00
19	9400.00	43	7495.00	67	7422.00	91	9413.00
20	8694.00	44	6423.00	68	7747.00	92	9227.00
21	9320.00	45	7295.00	69	8022.00	93	9894.00
22	10301.00	46	7693.00	70	9846.00	94	11436.00
23	8383.00	47	7220.00	71	10679.00	95	11542.00
24	8086.00	48	7889.00	72	10682.00	96	11133.00

## Anexo L – Resultados pronósticos promedios móviles

En la Tabla L1 se presentan los resultados obtenidos de los pronósticos con el uso de promedios móviles con 2 periodos

**Tabla L 1. Resultados de pronóstico promedio móvil 2 periodos.**

Elaborado por los autores.

PERIODO	PRONÓSTICO MA(2)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(2)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(2)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(2)
1	-	34	3313,62	67	10409,26	100	3109,98
2	-	35	3475,62	68	8335,64	101	3096,49
3	4110,99	36	3279,67	69	6395,79	102	3405,86
4	4253,47	37	2975,40	70	3402,09	103	3126,37
5	3131,37	38	2432,38	71	3453,82	104	2701,14
6	3873,84	39	3230,56	72	4070,62	105	2469,93
7	4818,78	40	3829,48	73	3820,46	106	2365,87
8	4081,79	41	3368,39	74	3473,93	107	2492,61
9	2962,79	42	3695,16	75	3551,72	108	2725,96
10	2770,26	43	6968,63	76	3430,70	109	2586,94
11	3073,71	44	6476,53	77	2738,57	110	3009,27
12	3075,81	45	2797,02	78	3265,67	111	3524,71
13	2560,10	46	2625,14	79	4175,93	112	2957,69
14	2802,84	47	3010,40	80	3498,25	113	2728,88
15	4093,97	48	2970,77	81	2641,26	114	3307,15
16	4069,18	49	2752,25	82	2497,31	115	3214,17
17	3294,10	50	3019,19	83	2581,36	116	2507,23
18	3826,75	51	3863,33	84	2499,08	117	2389,05
19	3454,92	52	4013,74	85	2451,72	118	2687,18
20	3033,72	53	3315,59	86	2850,91	119	2308,38
21	3447,13	54	3538,89	87	3187,13	120	1526,36
22	2973,05	55	3125,32	88	2595,90	121	1932,79
23	2914,80	56	2292,54	89	2825,99	122	3694,97
24	3124,18	57	2397,05	90	3241,52	123	4533,18
25	2873,98	58	2474,43	91	2738,79	124	3819,89
26	2997,04	59	2446,18	92	2356,08	125	2527,64
27	3241,25	60	4358,14	93	2166,88	126	3471,89
28	2959,04	61	5767,03	94	2128,16	127	4456,67
29	2950,70	62	5909,12	95	2395,39	128	3835,73
30	3735,04	63	6820,09	96	2407,35	129	3168,41
31	3569,93	64	6786,39	97	2393,41	130	2580,47
32	3074,51	65	9634,53	98	2821,77	131	3129,94
33	3019,82	66	12971,25	99	3283,72	132	2373,84

En la Tabla L2 se presentan los resultados obtenidos de los pronósticos con el uso de promedios móviles con 3 periodos.

**Tabla L 2. Resultados de pronóstico promedio móvil 3 periodos.**

Elaborado por los autores.

PERIODO	PRONÓSTICO MA(3)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(3)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(3)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(3)
1	-	34	3253,92	67	11196,00	100	3095,99
2	-	35	3285,45	68	9948,09	101	3230,81
3	-	36	3427,16	69	6812,37	102	3177,42
4	3779,16	37	3059,97	70	5276,65	103	3241,73
5	3884,73	38	2731,66	71	3557,82	104	2913,85
6	3621,06	39	3027,23	72	3726,54	105	2617,77
7	4261,60	40	3301,05	73	3836,74	106	2406,85
8	4254,67	41	3651,23	74	3739,94	107	2478,76
9	3654,23	42	3610,78	75	3490,80	108	2577,54
10	2888,99	43	5744,00	76	3480,10	109	2626,14
11	2982,19	44	5682,87	77	3000,56	110	2921,97
12	2964,34	45	5145,25	78	3289,40	111	3158,64
13	2842,08	46	2787,22	79	3497,38	112	3169,14
14	2783,75	47	2834,49	80	3795,86	113	2971,72
15	3520,86	48	2903,04	81	3081,11	114	3024,10
16	3789,81	49	2919,23	82	2676,77	115	3142,70
17	3848,36	50	2908,90	83	2469,84	116	2876,33
18	3611,66	51	3514,27	84	2581,99	117	2530,64
19	3438,85	52	3749,90	85	2439,46	118	2525,01
20	3438,07	53	3711,87	86	2761,69	119	2398,07
21	3185,78	54	3533,61	87	2898,15	120	1949,88
22	3116,83	55	3119,59	88	2857,81	121	1895,14
23	3106,50	56	2851,57	89	2881,54	122	2874,27
24	2901,52	57	2358,36	90	2894,06	123	3899,69
25	3040,45	58	2417,65	91	2976,80	124	4132,34
26	2956,35	59	2460,79	92	2580,79	125	3121,47
27	3118,49	60	3725,04	93	2260,38	126	3424,81
28	3013,06	61	4655,86	94	2173,70	127	3545,99
29	3087,60	62	6033,67	95	2286,59	128	4296,87
30	3342,25	63	6297,16	96	2334,02	129	3343,67
31	3494,86	64	6713,24	97	2463,42	130	3046,07
32	3424,79	65	8780,76	98	2618,27	131	2873,14
33	3018,05	66	10814,02	99	3047,66	132	2516,35

En la Tabla K3 se presentan los resultados obtenidos de los pronósticos con el uso de promedios móviles con 4 periodos.

**Tabla L 3. Resultados de pronóstico promedio móvil 4 periodos.**

**Elaborado por los autores.**

PERIODO	PRONÓSTICO MA(4)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(4)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(4)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(4)
1	-	34	3194,07	67	10021,89	100	2965,88
2	-	35	3247,72	68	10653,44	101	3190,10
3	-	36	3296,65	69	8402,52	102	3257,92
4	-	37	3225,51	70	5868,86	103	3111,43
5	3621,18	38	2856,03	71	4924,80	104	3053,50
6	4063,66	39	3102,98	72	3736,36	105	2798,15
7	3975,08	40	3130,93	73	3637,14	106	2533,50
8	3977,81	41	3299,47	74	3772,28	107	2481,27
9	3890,79	42	3762,32	75	3686,09	108	2545,91
10	3426,02	43	5168,51	76	3452,31	109	2539,78
11	3018,25	44	5085,84	77	3145,15	110	2867,61
12	2923,03	45	4882,83	78	3348,18	111	3055,83
13	2816,91	46	4550,83	79	3457,25	112	2983,48
14	2939,33	47	2903,71	80	3381,96	113	3126,80
15	3327,04	48	2797,96	81	3408,60	114	3132,42
16	3436,01	49	2881,32	82	2997,78	115	2971,53
17	3694,03	50	2994,98	83	2611,31	116	2907,19
18	3947,96	51	3307,79	84	2498,20	117	2801,61
19	3374,51	52	3516,46	85	2516,54	118	2597,21
20	3430,23	53	3589,46	86	2675,00	119	2348,71
21	3451,03	54	3776,32	87	2819,43	120	2106,77
22	3003,39	55	3220,45	88	2723,40	121	2120,58
23	3180,97	56	2915,71	89	3006,56	122	2610,66
24	3048,61	57	2761,18	90	2918,71	123	3232,99
25	2894,39	58	2383,48	91	2782,39	124	3757,43
26	3060,61	59	2421,61	92	2798,80	125	3530,41
27	3057,61	60	3416,28	93	2452,83	126	3645,89
28	2978,04	61	4106,61	94	2242,12	127	3492,16
29	3095,97	62	5133,63	95	2281,14	128	3653,81
30	3347,04	63	6293,56	96	2267,76	129	3812,54
31	3260,31	64	6347,76	97	2394,40	130	3208,10
32	3404,78	65	8227,31	98	2614,56	131	3149,17
33	3294,87	66	9878,82	99	2838,56	132	2477,15



En la Tabla L4 se presentan los resultados obtenidos de los pronósticos con el uso de promedios móviles con 6 periodos.

**Tabla L 4. Resultados de pronóstico promedio móvil 6 periodos.**

Elaborado por los autores.

PERIODO	PRONÓSTICO MA(6)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(6)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(6)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(6)
1	-	34	3374,39	67	8954,62	100	2779,70
2	-	35	3355,12	68	9364,43	101	2924,54
3	-	36	3222,60	69	8813,19	102	3112,54
4	-	37	3156,95	70	8236,32	103	3168,86
5	-	38	3008,56	71	6752,96	104	3072,33
6	-	39	3227,19	72	5269,45	105	2897,59
7	4020,38	40	3180,51	73	4556,69	106	2824,29
8	4069,70	41	3191,45	74	3648,88	107	2696,30
9	3637,65	42	3319,01	75	3608,67	108	2597,65
10	3575,30	43	4522,53	76	3658,42	109	2516,49
11	3618,43	44	4667,05	77	3370,25	110	2700,37
12	3309,28	45	4378,01	78	3390,10	111	2868,09
13	2865,54	46	4265,61	79	3488,74	112	2897,64
14	2882,97	47	4258,68	80	3398,21	113	2946,84
15	3242,60	48	4024,15	81	3185,26	114	3091,37
16	3315,94	49	2853,22	82	3087,08	115	3155,92
17	3316,06	50	2871,70	83	3132,85	116	2924,02
18	3566,26	51	3208,66	84	2831,55	117	2777,37
19	3614,33	52	3334,57	85	2558,11	118	2833,85
20	3643,22	53	3310,39	86	2615,77	119	2637,20
21	3398,72	54	3523,94	87	2740,07	120	2240,26
22	3277,84	55	3434,74	88	2648,63	121	2210,07
23	3272,29	56	3281,72	89	2821,62	122	2636,17
24	3043,65	57	2945,98	90	2896,11	123	2924,78
25	3078,64	58	2768,62	91	2917,31	124	3013,74
26	3031,42	59	2656,18	92	2731,16	125	2997,87
27	3010,01	60	3041,70	93	2577,22	126	3662,25
28	3026,75	61	3536,75	94	2575,25	127	3839,16
29	3021,97	62	4247,23	95	2433,69	128	3709,17
30	3230,37	63	5011,10	96	2297,20	129	3384,24
31	3253,96	64	5684,55	97	2318,56	130	3296,03
32	3256,20	65	7407,22	98	2452,43	131	3585,00
33	3180,15	66	8555,59	99	2690,84	132	2930,01

En la Tabla L5 se presentan los resultados obtenidos de los pronósticos con el uso de promedios móviles con 12 periodos.

**Tabla L 5. Resultados de pronóstico promedio móvil 12 periodos.**

**Elaborado por los autores.**

PERIODO	PRONÓSTICO MA(12)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(12)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(12)	PERIODO	PRONÓSTICO MA(12)
1	-	34	3200,57	67	6245,69	100	2677,48
2	-	35	3188,55	68	6805,83	101	2679,11
3	-	36	3226,49	69	6912,15	102	2704,87
4	-	37	3205,45	70	6960,44	103	2743,71
5	-	38	3132,38	71	7080,09	104	2762,38
6	-	39	3203,67	72	6912,52	105	2794,22
7	-	40	3277,45	73	6755,66	106	2802,00
8	-	41	3273,29	74	6506,65	107	2810,42
9	-	42	3270,80	75	6210,93	108	2855,10
10	-	43	3839,74	76	5947,37	109	2842,68
11	-	44	3837,81	77	5061,60	110	2886,35
12	-	45	3802,60	78	4329,78	111	2882,84
13	3442,96	46	3723,06	79	4022,72	112	2860,96
14	3476,33	47	3725,07	80	3523,54	113	2821,57
15	3440,12	48	3671,58	81	3396,96	114	2844,51
16	3445,62	49	3687,87	82	3372,75	115	2836,21
17	3467,24	50	3769,38	83	3251,55	116	2812,19
18	3437,77	51	3793,34	84	3110,83	117	2822,73
19	3239,93	52	3800,09	85	3023,43	118	2865,75
20	3263,09	53	3784,54	86	3006,99	119	2792,02
21	3320,66	54	3774,04	87	2962,66	120	2665,81
22	3296,89	55	3143,98	88	2867,85	121	2683,00
23	3294,17	56	3076,71	89	2977,23	122	2780,10
24	3304,95	57	3077,32	90	2863,83	123	2851,08
25	3346,48	58	3051,59	91	2737,71	124	2923,80
26	3337,32	59	2983,28	92	2673,47	125	2817,54
27	3204,36	60	3282,82	93	2658,65	126	2951,25
28	3152,30	61	3485,75	94	2611,94	127	3024,62
29	3147,13	62	3764,48	95	2627,65	128	3172,67
30	3137,01	63	3978,54	96	2596,65	129	3154,51
31	3166,30	64	4226,58	97	2617,93	130	3154,88
32	3143,81	65	5031,70	98	2591,80	131	3291,44
33	3095,08	66	5798,64	99	2634,03	132	3296,13

## Anexo M – Resultados pronósticos suavizamiento exponencial

### simple

En la Tabla M1 se presentan los resultados obtenidos de los pronósticos con el uso de suavizamiento exponencial simple

**Tabla M 1. Resultados de pronóstico suavizamiento exponencial simple.**

Elaborado por los autores.

PERIODO	PRONÓSTICO S.E. SIMPLE	PERIODO	PRONÓSTICO S.E. SIMPLE	PERIODO	PRONÓSTICO S.E. SIMPLE	PERIODO	PRONÓSTICO S.E. SIMPLE
1	3495,90	34	3421,62	67	9468,00	100	2927,75
2	3123,80	35	3313,96	68	9220,67	101	3232,38
3	4391,98	36	3323,06	69	6170,01	102	3292,16
4	3678,11	37	2930,18	70	4418,62	103	3080,37
5	3381,22	38	2546,54	71	4111,40	104	2749,54
6	4063,07	39	3480,72	72	4201,20	105	2582,60
7	4607,82	40	3459,08	73	3735,76	106	2413,76
8	3779,35	41	3367,17	74	3648,04	107	2576,37
9	3231,16	42	3774,54	75	3578,97	108	2672,01
10	2957,25	43	7167,63	76	3443,57	109	2534,71
11	3208,24	44	4899,14	77	2714,70	110	3126,03
12	2949,49	45	3547,72	78	3652,21	111	3311,34
13	2628,00	46	3111,44	79	3824,80	112	2834,10
14	2965,26	47	3190,71	80	3383,49	113	2926,75
15	4079,09	48	2909,76	81	2747,80	114	3311,39
16	3577,10	49	2857,41	82	2747,80	115	3033,12
17	3481,81	50	3061,43	83	2561,63	116	2567,56
18	3909,62	51	3868,44	84	2573,72	117	2573,09
19	3212,48	52	3675,28	85	2431,94	118	2698,27
20	3319,80	53	3358,10	86	2963,06	119	2207,00
21	3414,92	54	3700,11	87	2979,60	120	1662,21
22	2878,76	55	2906,46	88	2543,13	121	2204,97
23	3155,38	56	2569,58	89	3051,89	122	3632,34
24	2998,56	57	2525,08	90	3039,76	123	4010,84
25	2928,33	58	2488,04	91	2708,47	124	3630,44
26	3036,13	59	2457,54	92	2460,33	125	2564,61
27	3218,04	60	4596,82	93	2241,46	126	4049,17
28	2848,17	61	4962,84	94	2211,20	127	3850,64
29	3125,87	62	5859,95	95	2430,56	128	3921,46
30	3684,84	63	6538,48	96	2307,92	129	3047,95
31	3309,95	64	6516,71	97	2457,59	130	2910,06
32	3211,84	65	10013,62	98	2798,97	131	3216,77
33	3040,30	66	11780,52	99	3190,71	132	2138,76

## Anexo N – Resultados pronósticos Holt

En la Tabla N1 se presentan los resultados obtenidos de los pronósticos con el uso del método de Holt.

**Tabla N 1. Resultados de pronóstico método Holt.**

Elaborado por los autores.

PERIODO	PRONÓSTICO HOLT	PERIODO	PRONÓSTICO HOLT	PERIODO	PRONÓSTICO HOLT	PERIODO	PRONÓSTICO HOLT
1	3893,04	34	3426,85	67	9493,95	100	2907,47
2	3245,39	35	3299,99	68	9262,90	101	3238,03
3	4528,92	36	3309,63	69	5992,39	102	3291,91
4	3675,79	37	2885,09	70	4224,95	103	3056,73
5	3348,61	38	2485,56	71	4009,04	104	2704,89
6	4093,38	39	3514,73	72	4164,57	105	2539,35
7	4659,52	40	3464,75	73	3682,45	106	2369,40
8	3735,63	41	3355,60	74	3613,53	107	2556,47
9	3162,91	42	3794,92	75	3552,78	108	2658,44
10	2895,61	43	7443,12	76	3414,86	109	2506,20
11	3188,57	44	4860,07	77	2636,40	110	3148,33
12	2908,83	45	3431,52	78	3679,59	111	3327,82
13	2571,39	46	3023,57	79	3843,43	112	2797,28
14	2951,70	47	3151,25	80	3351,38	113	2909,11
15	4148,41	48	2862,11	81	2675,30	114	3325,83
16	3562,28	49	2822,00	82	2703,45	115	3011,58
17	3460,37	50	3051,04	83	2514,02	116	2513,80
18	3926,34	51	3918,41	84	2538,92	117	2539,33
19	3159,28	52	3678,01	85	2390,35	118	2682,35
20	3295,57	53	3329,89	86	2971,14	119	2150,52
21	3402,64	54	3708,84	87	2972,20	120	1580,30
22	2822,03	55	2843,05	88	2493,60	121	2194,25
23	3140,25	56	2505,56	89	3056,46	122	3726,60
24	2968,60	57	2480,94	90	3029,91	123	4078,22
25	2897,84	58	2452,28	91	2667,30	124	3630,12
26	3019,06	59	2425,50	92	2409,94	125	2478,38
27	3213,51	60	4739,14	93	2187,37	126	4120,99
28	2806,64	61	5055,68	94	2168,66	127	3867,10
29	3117,43	62	5978,56	95	2412,50	128	3934,93
30	3715,12	63	6658,82	96	2274,86	129	2985,60
31	3287,07	64	6588,38	97	2439,11	130	2866,99
32	3185,83	65	10345,62	98	2803,33	131	3215,70
33	3006,29	66	12114,30	99	3211,86	132	2047,43

## Anexo O – Resultados pronósticos Winters

En la Tabla O1 se presentan los resultados obtenidos de los pronósticos con el uso del método Winters

**Tabla O 1. Resultados de pronóstico método Winters.**

**Elaborado por los autores.**

PERIODO	PRONÓSTICO WINTERS	PERIODO	PRONÓSTICO WINTERS	PERIODO	PRONÓSTICO WINTERS	PERIODO	PRONÓSTICO WINTERS
1	3768,89	34	3349,72	67	7929,32	100	3147,50
2	3896,91	35	3165,67	68	6606,42	101	4203,86
3	3543,43	36	3441,28	69	5508,05	102	3235,22
4	3919,58	37	3592,95	70	4786,66	103	2581,00
5	4573,52	38	3497,01	71	4239,02	104	1969,03
6	3879,31	39	2950,91	72	4503,46	105	2228,70
7	3678,81	40	3701,07	73	4676,32	106	2425,64
8	2661,96	41	4507,88	74	4924,65	107	2455,99
9	2791,49	42	3657,67	75	3336,86	108	2720,00
10	2984,79	43	5383,41	76	3895,95	109	3019,84
11	3048,82	44	3416,07	77	3977,51	110	3827,10
12	3096,20	45	3077,17	78	3519,34	111	2841,95
13	3231,31	46	3174,79	79	3102,65	112	3114,17
14	3764,58	47	3082,81	80	2384,17	113	3904,72
15	3326,97	48	3082,74	81	2371,45	114	3199,28
16	3809,98	49	3454,96	82	2738,56	115	2528,87
17	4649,21	50	3929,70	83	2500,52	116	1849,69
18	3788,49	51	3239,40	84	2667,73	117	2215,68
19	2743,38	52	3928,42	85	2922,74	118	2668,27
20	2351,20	53	4567,03	86	3657,88	119	2208,83
21	2926,65	54	3660,30	87	2603,82	120	1860,35
22	2933,47	55	2533,28	88	2812,11	121	2564,78
23	3003,74	56	1885,15	89	3958,13	122	4128,64
24	3128,55	57	2197,80	90	2997,49	123	3269,42
25	3517,52	58	2492,21	91	2290,62	124	3853,88
26	3903,44	59	2360,23	92	1760,77	125	3713,98
27	2832,05	60	4348,99	93	1933,06	126	3715,14
28	3157,50	61	5556,13	94	2198,50	127	3102,69
29	4142,79	62	7081,18	95	2290,06	128	2727,26
30	3495,86	63	5505,07	96	2366,76	129	2623,22
31	2745,52	64	6960,32	97	2863,15	130	2910,24
32	2261,78	65	12286,72	98	3449,72	131	3043,37
33	2600,00	66	10852,62	99	2689,75	132	2395,93

## Anexo P – Resultados pronósticos ARIMA

En la Tabla P1 se presentan los resultados obtenidos de los pronósticos con el uso del método ARIMA.

**Tabla P 1. Resultados de pronóstico método ARIMA.**

**Elaborado por los autores.**

PERIODO	PRONÓSTICO ARIMA	PERIODO	PRONÓSTICO ARIMA	PERIODO	PRONÓSTICO ARIMA	PERIODO	PRONÓSTICO ARIMA
1	-	34	3635,33	67	6053,52	100	3017,99
2	3085,81	35	3331,46	68	6904,23	101	3481,45
3	4664,21	36	3393,79	69	3662,26	102	3399,36
4	3261,45	37	2956,38	70	3213,89	103	3136,92
5	3281,00	38	2724,41	71	3726,03	104	2875,18
6	4176,68	39	3940,31	72	3974,23	105	2851,90
7	4445,83	40	3462,69	73	3417,66	106	2746,91
8	3268,19	41	3371,92	74	3547,06	107	3008,14
9	3066,45	42	3865,51	75	3513,55	108	3034,55
10	3030,86	43	7407,13	76	3397,87	109	2836,77
11	3440,51	44	3258,89	77	2660,37	110	3555,16
12	3033,44	45	2871,40	78	4047,63	111	3472,16
13	2804,80	46	3047,01	79	3782,44	112	2856,19
14	3332,66	47	3346,31	80	3212,26	113	3190,11
15	4396,38	48	2998,16	81	2726,03	114	3569,01
16	3302,10	49	3076,94	82	3034,81	115	3075,49
17	3440,93	50	3327,22	83	2829,63	116	2697,58
18	3958,70	51	4117,51	84	2933,39	117	2929,81
19	2982,58	52	3512,63	85	2771,25	118	3065,08
20	3439,49	53	3256,90	86	3425,47	119	2462,86
21	3492,19	54	3787,90	87	3185,71	120	2101,08
22	2855,09	55	2747,08	88	2696,65	121	2963,87
23	3420,39	56	2761,33	89	3469,35	122	4273,32
24	3113,19	57	2875,91	90	3208,87	123	3997,13
25	3111,97	58	2856,72	91	2849,64	124	3394,05
26	3264,88	59	2841,09	92	2737,10	125	2404,18
27	3413,00	60	5213,58	93	2616,41	126	4558,02
28	2917,01	61	4577,84	94	2689,37	127	3618,11
29	3402,72	62	5388,74	95	2945,83	128	3792,59
30	3883,86	63	5700,78	96	2704,11	129	2795,51
31	3199,19	64	5347,20	97	2928,64	130	3067,84
32	3273,17	65	9211,68	98	3232,16	131	3472,84
33	3131,77	66	9460,38	99	3498,08	132	2135,80