

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Propuesta de una política de inventarios y diseño de bodega para los
fármacos e insumos de la farmacia de Novaclinica S.A.**

Santiago Andrés Enríquez Pérez

Gabriela García, Ingeniera Industrial, Directora de Tesis

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

Quito, julio 2013

Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Propuesta de una política de inventarios y diseño de bodega
para los fármacos e insumos de la farmacia de Novaclinica S.A.**

Santiago Andrés Enríquez Pérez

Gabriela García, M.Sc.
Directora de Tesis y
Miembro del Comité de Tesis

.....

Ximena Córdova, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Verónica León, M.Sc.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Ximena Córdova, Ph.D.
Decana de la Escuela de Ingeniería
Colegio de Ciencias e Ingeniería

.....

Quito, Julio del 2013

© 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.

Asi mismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitación 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: Santiago Andrés Enríquez Pérez

C.I.: 1712148343

Fecha: Julio del 2013

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar por agradecer a mi mamá, mi papá y a mis hermanos Julio y Bea, por todo el apoyo incondicional y muchas veces intangible que siempre me dan. A Kathy, por motivarme y apoyarme en todo momento durante la realización de esta tesis. A mis amigos quienes me me han acompañaado todos estos años. A Novaclinica S.A. por abrirme las puertas para la realización de este estudio, de manera especial a Fausto de la Torre y José Luis Puglia quienes me guiaron dentro de la clínica. A María Angélica por darme la flexibilidad en el trabajo para poder realizar este proyecto. A los profesores de la Universidad San Francisco de Quito quienes han contribuido en este crecimiento académico y personal, en especial a mi directora de tesis Gaby.

RESUMEN

El presente trabajo es un estudio de la demanda y de las características principales de los medicamentos y de los insumos médicos que se manejan dentro de la farmacia de Novaclinica, con el objetivo de conocer mejor el comportamiento de los productos y proponer políticas adecuadas para el manejo de los mismos, así como analizar la posibilidad de una nueva bodega para el almacenamiento adecuado de los medicamentos e insumos.

El estudio inicia con la selección de los productos de mayor movimiento dentro de los grupos de medicamentos e insumos médicos. Posteriormente se analizan los principales componentes de la demanda como lo son el nivel, la tendencia y la estacionalidad, para cada uno de los productos seleccionados; ésto permite la aplicación de modelos que pronostiquen la demanda en función del comportamiento de los datos tales como el promedio móvil, el suavizamiento exponencial, el método winters, entre otros, evaluando cada método de acuerdo al error producido. También se analiza el tamaño de pedido óptimo para los principales productos con el fin de reducir los costos incurridos en los mismos.

Finalmente, se analiza la demanda de los productos y sus características físicas con el fin de determinar el espacio necesario para el diseño de una nueva bodega que cumpla con los requerimientos de espacio y las instalaciones necesarias para un correcto almacenamiento de los productos.

ABSTRACT

The present work is a study of the demand and the main characteristics of medicines and medical supplies that are handled within Novaclinica pharmacy, in order to a better understanding of the behavior of the products, and the proposal of appropriate policies for the management , and to analyze the possibility of a new warehouse for a proper storage of drugs and supplies.

The study begins with the selection of the products that have the major inventory rotation within groups of drugs and medical supplies. Then it is analyze the main components of the demand such as the level, trend and seasonality for each of the selected products, this allows the application of demand models that predict the behavior based on data such as the moving average, the exponential smoothing, winters method, among others, evaluating each method according to the error occurred. It also discusses the optimal order size for the main products in order to reduce the costs incurred therein.

Finally, it is analyze the demand for the products and their physical characteristics in order to determine the space needed for the design of a new warehouse that meets the requirements of space and facilities necessary for the proper storage of the products.

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	16
1. INTRODUCCIÓN	16
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GENERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	17
4. ANTECEDENTES	19
5. REVISIÓN LITERARIA	20
6. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	22
II. MARCO TEÓRICO	24
1. DEFINICIONES IMPORTANTES	24
2. PLANIFICACIÓN DE LA DEMANDA	25
3. PRONÓSTICOS DE SERIES DE TIEMPO	30
3.1. SERIES ESTACIONARIAS	31
3.2. SERIES CON TENDENCIA	34
3.3. SERIES CON ESTACIONALIDAD	36
4. EVALUACIÓN DE PRONÓSTICOS	39
5. MANEJO DE INVENTARIOS	41
5.1. CARACTERÍSTICAS DEL MANEJO DE INVENTARIOS	41
5.2. SISTEMAS DE CONTEO DE INVENTARIO	42
5.3. TIEMPO DE ENTREGA	43
5.4. COSTOS DE INVENTARIO	44
5.5. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	46
6. MODELO BÁSICO DE CANTIDAD DE PEDIDO ECONÓMICO (EOQ)	47
7. CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO DE BODEGA	53
7.1. FLUJO DE ÍTEMS A TRAVÉS DE LA BODEGA	53
7.2. ESTRUCTURA INTERNA Y OPERACIONES DE LA BODEGA.	53
7.3. MEDIO DE ALMACENAMIENTO	54
7.4. MECANISMOS Y POLÍTICAS DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN	55
7.5. DISEÑO DE BODEGA	56
8. METODOLOGÍA	62
III. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	65
1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA COMPRAS DE FARMACIA	65
1.1. PROCESO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES	65
1.2. PROCESO DE COMPRA DE INSUMOS Y MEDICAMENTOS	66
2. DESCRIPCIÓN DEL MANEJO ACTUAL DE NIVELES DE INVENTARIO	66
3. PLANIFICACIÓN DE PEDIDOS	67
IV. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	68
1. PRESENTACIÓN DE DATOS	68
2. CATEGORIZACIÓN DE PRODUCTOS	68
V. ANÁLISIS DE LA DEMANDA	73
3. ANÁLISIS DE LA DEMANDA	73
3.1. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE INSUMOS MÉDICOS	74
3.2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE MEDICAMENTOS	81
4. EVALUACIÓN DE MÉTODOS PROPUESTOS	90
4.1. JERINGUILLA 5CC	91

4.2.	JERINGUILLA 10CC	93
4.3.	PAÑAL PROTECTOR DE CAMA	95
4.4.	PAQUETE TIPO I	97
4.5.	PAQUETE TIPO II	98
4.6.	PAQUETE TIPO III	101
4.7.	LÍQUIDOS	102
4.8.	SUPRANE 240 ML	104
4.9.	SEVORANE 250 ML	108
4.10.	GERMIDAL 1 LT	112
4.11.	ANALGAN 1 GR	116
4.12.	AMPOLLAS	118
4.13.	FRASCOS	119
4.14.	MALLAS	120
4.15.	PASTILLAS	121
4.16.	RESUMEN DE MÉTODOS A UTILIZAR	122
5.	RESULTADOS DE PRONÓSTICOS	123
5.1.	JERINGUILLA 5CC	123
5.2.	JERINGUILLA 10CC	125
5.3.	PAÑAL PROTECTOR DE CAMA	126
5.4.	PAQUETE TIPO I	127
5.5.	PAQUETE TIPO II	129
5.6.	PAQUETE TIPO III	130
5.7.	LÍQUIDOS	131
5.8.	SUPRANE 240 ML	132
5.9.	SEVORANE 250 ML	134
5.10.	GERMIDAL 1 LT	136
5.11.	ANALGAN 1 GR	137
5.12.	AMPOLLAS	139
5.13.	FRASCOS	140
5.14.	MALLAS	141
5.15.	PASTILLAS	142
VI.	TAMAÑO DE PEDIDO	144
1.	MANEJO DE INVENTARIO	144
1.1.	SISTEMA DE CONTEO	144
1.2.	TIEMPO DE ENTREGA	145
1.3.	COSTOS DE INVENTARIO	145
1.4.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	147
2.	ESTIMACIÓN DE COSTOS	148
2.1.	COSTO DE PEDIDO	148
2.2.	COSTO DE MANEJO DE INVENTARIO	148
3.	TAMAÑO DE PEDIDO ECONÓMICO	149
4.	SENSIBILIDAD DEL EOQ	154
VII.	DISEÑO DE BODEGA	156
1.	FLUJO DE ÍTEMS	156
2.	POLÍTICAS DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN	156
3.	ESTRUCTURA INTERNA	157
4.	DEMANDA AGREGADA DE MEDICAMENTOS	159
5.	DEMANDA AGREGADA DE INSUMOS MÉDICOS	165
6.	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO	171
6.1.	ESTIMACIÓN DE POSICIONES	173
6.2.	CÁLCULO DE DIMENSIONES.	173

7. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE PUERTAS	174
8. DIMENSIONES DE LA ZONA DE RECEPCIÓN Y DESPACHO	175
9. RESUMEN DE REQUERIMIENTOS DE ESPACIO	175
10. DISEÑO PROPUESTO DE BODEGA	176
11. ANÁLISIS FINANCIERO	178
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	183
1. CONCLUSIONES	183
2. RECOMENDACIONES	186
IX. BIBLIOGRAFÍA	189
X. ANEXOS	191
1. DATOS DEMANDA INSUMOS MÉDICOS	191
2. DATOS DEMANDA MEDICAMENTOS	192
3. PARETO INSUMOS MÉDICOS	193
4. PARETO MEDICAMENTOS	194
5. DEMANDA ANUAL DE INSUMOS MÉDICOS	195
6. DEMANDA ANUAL DE MEDICAMENTOS	195
7. NÚMERO DE POSICIONES DE INSUMOS MÉDICOS	196
8. NÚMERO DE POSICIONES DE MEDICAMENTOS	197
9. ANÁLISIS FINANCIERO	204

Lista de Figuras

Figura 1: Ciclos de Inventario (Investigaciondeoperaciones.net)	48
Figura 2: Relación Inversa entre costo de realizar pedidos y costo de mantener inventario (virtual.unal.edu.co)	49
Figura 3: Representación del volumen de venta de la jeringuilla de 5cc. (Elaborado por autor)	74
Figura 4: Representación del volumen de venta de la jeringuilla de 10cc. (Elaborado por autor)	75
Figura 5: Representación del volumen de venta del Pañal Protector de Cama (Elaborado por Autor)	76
Figura 6: Representación del volumen de venta del Paquete Tipo I(Elaborado por Autor)	78
Figura 7: Representación del volumen de venta del Paquete Tipo II (Elaborado por Autor)	79
Figura 8: Representación del volumen de venta del Paquete Tipo III (Elaborado por Autor)	80
Figura 9: Representación del volumen de venta de los Líquidos (Elaborado por Autor)	81
Figura 10: Representación del volumen de venta de Suprane de 240 ml. (Elaborado por Autor)	82
Figura 11: Representación del volumen de ventas de Sevorane Fco de 250 ml. (Elaborado por autor)	83
Figura 12: Representación del volumen de venta de Germidal Fco. de 1 litro (Elaborado por autor)	84
Figura 13: Representación del volumen de venta de Analgan de 1gr. (Elaborado por autor)	85
Figura 14: Representación del volumen de venta del Analgan 1 gr. Luego de considerar el corrimiento de la demanda (Elaborado por Autor)	86
Figura 15: Representación del volumen de venta de las Ampollas (Elaborado por Autor)	87
Figura 16: Representación del volumen de venta de los Frascos (Elaborado por Autor)	88
Figura 17: Representación del volumen de venta de las Mallas (Elaborado por Autor)	89
Figura 18: Representación del volumen de venta de las Pastillas (Elaborado por Autor)	90
Figura 19: Demanda y pronósticos para la Jeringuilla de 5cc (Elaborado por autor)	124
Figura 20: Demanda y pronósticos para la Jeringuilla de 10cc (Elaborado por autor)	126
Figura 21: Demanda y pronósticos para el Pañal de Cama (Elaborado por autor)	127
Figura 22 : Demanda y pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo I. (Elaborado por autor)	129
Figura 23: Demanda y pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo II. (Elaborado por autor)	130
Figura 24: Demanda y pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo III. (Elaborado por autor)	131
Figura 25: Demanda y pronósticos para la demanda agregada de líquidos. (Elaborado por autor)	132

Figura 26: Demanda y pronósticos para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por autor)	133
Figura 27: Demanda y pronósticos para el Sevorane de 250 ml (Elaborado por autor)	135
Figura 28: Demanda y pronósticos para el Germidal de 1lt. (Elaborado por autor)	137
Figura 29: Demanda y pronósticos para el Analgan de 1gr (Elaborado por autor)	138
Figura 30: Demanda y pronósticos para la demanda agregada de Ampollas. (Elaborado por autor)	140
Figura 31: Demanda y pronósticos para la demanda agregada de Frascos. (Elaborado por autor)	141
Figura 32: Demanda y pronósticos para la demanda agregada de Mallas. (Elaborado por autor)	142
Figura 33: Demanda y pronósticos para la demanda agregada de Pastillas. (Elaborado por autor)	143
Figura 34: Diseño propuesto de la nueva bodega. (Alvarez, Enríquez. Abril, 2013)	177

Lista de Tablas

Tabla 1: Método de Regresión lineal para la Jeringuilla de 5cc (Elaborado por autor)	91
Tabla 2: Método Holt para la Jeringuilla de 5cc (Elaborado por autor)	92
Tabla 3: Comparación de Errores para la Jeringuilla de 5cc (Elaborado por autor)	92
Tabla 4: Método de Regresión lineal para la Jeringuilla de 10cc (Elaborado por autor)	93
Tabla 5: Método Holt para la Jeringuilla de 10cc (Elaborado por Autor)	94
Tabla 6: Comparación de Errores para la Jeringuilla de 10cc (Elaborado por autor)	94
Tabla 7: Método de Regresión lineal para el Pañal Protector de Cama (Elaborado por Autor)	95
Tabla 8: Método Holt para el Pañal Protector de Cama (Elaborado por Autor)	96
Tabla 9: Comparación de Errores para el Pañal Protector de Cama (Elaborado por autor)	96
Tabla 10: Método de Regresión lineal para el Paquete Tipo I (Elaborado por Autor)	97
Tabla 11: Método Holt Para el Paquete Tipo I (Elaborado por autor)	97
Tabla 12: Comparación de Errores para el Paquete Tipo I (Elaborado por autor)	98
Tabla 13: Método de Promedio Móvil con un periodo de 3 para el Paquete tipo II (Elaborado por autor)	98
Tabla 14: Método de Promedio Móvil con un periodo de 6 para el Paquete tipo II (Elaborado por autor)	99
Tabla 15: Método de Regresión Lineal para el Paquete tipo II (Elaborado por autor)	99
Tabla 16: Método de Holt para el Paquete tipo II (Elaborado por autor)	100
Tabla 17: Comparación de errores para el Paquete tipo II (Elaborado por autor)	100
Tabla 18: Método de Regresión Lineal el Paquete tipo III (Elaborado por autor)	101
Tabla 19: Método de Holt el Paquete tipo III (Elaborado por autor)	101
Tabla 20: Comparación de errores para el Paquete tipo III (Elaborado por autor)	102
Tabla 21: Método de Regresión Lineal para los líquidos (Elaborado por autor)	102
Tabla 22: Método Holt para los líquidos (Elaborado por autor)	103
Tabla 23: Comparación del error para los líquidos (Elaborado por autor)	103
Tabla 24: Método de Promedio Móvil para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por autor)	104
Tabla 25: Método de Regresión lineal para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por Autor)	105
Tabla 26: Método de Holt para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por Autor)	106
Tabla 27: Método Winters para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por autor)	107
Tabla 28: Comparación de Errores para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por el autor)	107
Tabla 29: Promedio Móvil para el Sevorane de 250ml. (Elaborado por autor)	108
Tabla 30: Método de Regresión lineal para el Sevorane de 250 ml. (Elaborado por Autor)	109
Tabla 31: Método de Holt para el Sevorane de 250 ml. (Elaborado por autor)	110
Tabla 32: Método Winters para el Sevorane de 250 ml. (Elaborado por autor)	111
Tabla 33: Comparación de Errores para el Sevorane de 250ml. (Elaborado por autor)	111
Tabla 34: Promedio Móvil para el Germidal de 1 lt. (Elaborado por autor)	112
Tabla 35: Método de Regresión Lineal para el Germidal de 1lt. (Elaborado por autor)	113

Tabla 36: Método de Holt para el Germidal de 1 lt. (Elaborado por Autor)	114
Tabla 37: Método de Winters para el Germidal de 1lt. (Elaborado por autor)	115
Tabla 38: Comparación de Errores para el Germidal de 1lt. (Elaborado por autor) ..	115
Tabla 39: Método de Regresión lineal para el Analgan de 1gr. (Elaborado por autor)	116
Tabla 40: Método Holt para el Analgan de 1 gr. (Elaborado por autor)	117
Tabla 41: Comparación de Errores para el Analgan de 1 gr. (Elaborado por autor) .	117
Tabla 42: Método de Regresión Lineal para la demanda agregada de ampollas. (Elaborado por autor)	118
Tabla 43: Método Holt para la demanda agregada de ampollas. (Elaborado por autor).....	118
Tabla 44: Comparación de Errores para la demanda agregada de Ampollas. (Elaborado por autor)	119
Tabla 45: Método de Regresión Lineal para la demanda agregada de Frascos. (Elaborado por autor)	119
Tabla 46: Método Holt para la demanda agregada de Frascos (Elaborado por autor)	120
Tabla 47: Comparación de Errores para la demanda agregada de Frascos. (Elaborado por autor)	120
Tabla 48: Método de Regresión Lineal para la demanda agregada de mallas. (Elaborado por autor)	120
Tabla 49: Método Holt para la demanda agregada de mallas. (Elaborado por autor)	121
Tabla 50: Comparación de Errores para la demanda agregada de mallas. (Elaborado por autor)	121
Tabla 51: Método de Regresión Lineal para la demanda agregada de pastillas. (Elaborado por autor)	121
Tabla 52: Método Holt para la demanda agregada de pastillas. (Elaborado por autor)	122
Tabla 53: Comparación de Errores para la demanda agregada de pastillas. (Elaborado por autor)	122
Tabla 54: Resumen de métodos de pronósticos a utilizar por producto (Elaborado por autor).....	123
Tabla 55: Pronósticos para la Jeringuilla de 5cc (Elaborado por Autor)	124
Tabla 56: Pronósticos para la Jeringuilla de 10cc (Elaborado por autor)	125
Tabla 57: Pronósticos para el Pañal Protector de Cama (Elaborado por autor)	127
Tabla 58: Pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo I. (Elaborado por autor).....	128
Tabla 59: Pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo II. (Elaborado por autor).....	130
Tabla 60: Pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo III. (Elaborado por autor).....	131
Tabla 61: Pronósticos para la demanda agregada de líquidos. (Elaborado por autor)	132
Tabla 62: Pronósticos para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por autor)	133
Tabla 63: Pronósticos para el Sevorane de 250 ml. (Elaborado por autor)	135
Tabla 64: Pronósticos para el Germidal de 1lt. (Elaborado por autor)	136
Tabla 65: Pronósticos para el Analgan de 1gr. (Elaborado por autor)	138
Tabla 66: Pronósticos para la demanda agregada de Ampollas. (Elaborado por autor)	139

Tabla 67: Pronósticos para la demanda agregada de Frascos (Elaborado por autor)	141
Tabla 68: Pronósticos para la demanda agregada de Mallas (Elaborado por autor)	142
Tabla 69: Pronósticos para la demanda agregada de Pastillas (Elaborado por autor)	143
Tabla 70: Resumen de EOQ por producto	154
Tabla 71: Sensibilidad del EOQ	155
Tabla 72: Demanda para los subgrupos de productos de blísteres. (Elaborado por autor)	160
Tabla 73: Demanda para los subgrupos de productos de frascos. (Elaborado por autor)	161
Tabla 74: Demanda para los subgrupos de productos de ampollas. (Elaborado por autor)	163
Tabla 75: Demanda para los subgrupos de productos de cremas. (Elaborado por autor)	164
Tabla 76: Demanda para los subgrupos de productos de parches. (Elaborado por autor)	164
Tabla 77: Demanda para los subgrupos de productos de sobres. (Elaborado por autor)	165
Tabla 78: Demanda de productos del paquete tipo 1. (Elaborado por autor)	166
Tabla 79: Demanda de productos del paquete tipo 2. (Elaborado por autor)	167
Tabla 80: Demanda de productos del paquete tipo 3. (Elaborado por autor)	167
Tabla 81: Demanda de productos del paquete tipo 4. (Elaborado por autor)	168
Tabla 82: Demanda de productos del subgrupo de 60ml. (Elaborado por autor)	169
Tabla 83: Demanda de productos del subgrupo de 120ml. (Elaborado por autor)	169
Tabla 84: Demanda de productos del subgrupo de 250ml. (Elaborado por autor)	170
Tabla 85: Demanda de productos del subgrupo de 500ml. (Elaborado por autor)	170
Tabla 86: Demanda de productos del subgrupo de 1l. (Elaborado por autor)	171
Tabla 87: Demanda de productos del subgrupo de 3l. (Elaborado por autor)	171
Tabla 88: Número de Ubicaciones para medicamentos. (Elaborado por autor)	173
Tabla 89: Número de Ubicaciones para insumos médicos. (Elaborado por autor)	173
Tabla 90: Longitud necesaria de la bodega para la zona de almacenamiento de medicamentos. (Elaborado por autor)	174
Tabla 91: Longitud necesaria de la bodega para la zona de almacenamiento de insumos médicos. (Elaborado por autor)	174
Tabla 92: Longitud necesaria total de la bodega para la zona de almacenamiento. (Elaborado por autor)	174
Tabla 93: Distribución del área para las zonas de la bodega. (Elaborado por autor)	176
Tabla 94: Costo de implementación de la bodega propuesta. (Elaborado por autor)	179
Tabla 95: Costos anuales actuales de la bodega. (Elaborado por autor)	180
Tabla 96: Costos anuales la bodega propuesta. (Elaborado por autor)	182
Tabla 97: Rentabilidad del Sistema propuesto. (Elaborado por autor)	182

I. INTRODUCCIÓN

1. Introducción

La presente investigación parte de la necesidad de Novaclinica por controlar, de una mejor manera, los inventarios de su farmacia, la misma que representa una importante fuente de ingresos para la clínica.

La farmacia de Novaclinica, es la encargada de abastecer a todos los departamentos de la clínica de los insumos y medicamentos que éstos requieran, además de satisfacer la demanda de los clientes de la institución que acuden a la farmacia para adquirir las medicinas recetadas por los médicos.

En referencia a los inventarios de la farmacia, almacena alrededor de 1342 productos de uso continuo, más productos considerados como “especiales”, los mismos que no hacen parte de este estudio. Además de la amplia gama de productos que ofrece la farmacia, hay que considerar que el volumen de venta de algunos productos puede ser de miles de unidades al mes, por lo que se requieren de políticas que ayuden al control de los mismos.

Por otro lado, el espacio de la bodega actual es muy limitado, lo que obliga a la farmacia a establecer pedidos cada 3 días, lo que involucra tiempo y esfuerzo para el personal de farmacia y costos para la empresa, además de representar un riesgo de desabasto en productos críticos para la farmacia y la clínica.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Diseñar un modelo de inventarios que asegure la disponibilidad de los principales medicamentos e insumos dentro de la farmacia, además de diseñar una bodega que tenga la capacidad para almacenar el material suficiente durante un periodo de tiempo determinado.

2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar los productos con mayor demanda dentro de la bodega de medicamentos e insumos médicos.
2. Conocer el comportamiento de la demanda de los principales productos de la farmacia.
3. Estimar la demanda futura de los productos con mayor rotación, con el fin de reducir los niveles de inventario en bodega.
4. Determinar una política de inventarios adecuada para manejar los principales productos dentro de la farmacia.
5. Diseñar una bodega de almacenamiento para los medicamentos e insumos de la farmacia.
6. Analizar si la implementación de una nueva bodega es factible en términos económicos.

3. Descripción de la Empresa

Novaclinica S.A. es una clínica privada de segundo nivel, responsable de brindar atención permanente de salud integral de manera oportuna, eficiente y

eficaz. La clínica brinda servicio de cirugía, hospitalización, servicio de imagen, laboratorio clínico y consulta externa, siempre pensando en la satisfacción y tranquilidad de sus clientes . Además cuenta con modernos equipos para la realización de exámenes y procedimientos médicos de manera eficaz.

Con el fin de brindar una atención permanente de salud integral, Novaclinica S.A. brinda a sus clientes, especialistas en diferentes áreas como Cardiología, Cirugía General, Cirugía Cardiorácica, Cirugía Plástica, Cirugía Urológica, Cirugía Vasculuar, Dermatología, Gastroenterología, Ginecología, Medicina Crítica, Medicina Interna, Neurocirugía, Neurología, Traumatología, etc. Además brinda suficiente personal de enfermería y médicos durante las 24 horas del día en las áreas de hospitalización, con el fin de poder reaccionar inmediatamente ante cualquier eventualidad.

Novaclinica S.A. está enfocada hacia el cliente, brindando un servicio eficaz con una alta capacidad de respuesta. Su mercado se divide principalmente en dos grupos, el sector privado, impulsado principalmente por su servicio de calidad, sus modernos equipos y sus médicos altamente reconocidos, logrando atraer a gran cantidad de clientes; y el mercado de la seguridad social, donde el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) mediante un convenio con Novaclinica S.A. permite la atención de un cierto grupo de clientes del IESS en las instalaciones de la clínica. Este grupo ha tenido un amplio desarrollo en los últimos años y representa una parte significativa del mercado de la empresa.

4. Antecedentes

La farmacia de Novaclinica S.A. trabaja con alrededor de 1650 productos, los mismos que en algunos casos llegan a tener cerca 600 ítems por producto por semana. Esto se debe a que Novaclinica S.A. tiene una bodega pequeña para los medicamentos, donde el espacio es un limitante para el almacenamiento de los mismos. Actualmente, los pronósticos de la demanda se realizan mediante promedios de los últimos meses. La falta de comunicación entre los departamentos aumenta la incertidumbre de la demanda y al no tener una política bien establecida existe acumulación de inventario por largos periodos de tiempo. Las devoluciones a proveedores solo se realizan según la ley, es decir, sólo se devuelven medicamentos dos meses antes de que éstos caduquen, lo que resulta en existencias de inventario sin rotación por periodos largos, utilizando de forma ineficiente el limitado espacio que se tiene.

Otro problema es la falta de una bodega para los insumos de la clínica, la cual maneja alrededor de 840 productos en esta categoría, los mismos que, en algunos casos, se llega a tener cerca de 5400 ítems por producto por semana. Los insumos son almacenados en un cuarto con poca área por lo que, al igual que en la bodega de la farmacia, se tienen que realizar pedidos constantes para satisfacer la demanda. El principal problema al no tener una bodega con un tamaño adecuado y bien establecido se produce durante los fines de semana y feriados, cuando los proveedores no trabajan y la clínica corre el riesgo de quedar desabastecida, por lo que se concluye que la falta de espacio es el principal problema. De esta forma además de realizar pronósticos y una correcta política de inventarios, es necesario

realizar un diseño de bodega para los insumos de la clínica con el fin de que ésta no quede desabastecida.

5. Revisión Literaria

Cruz, Aguirre, Amaya y Velasco (2008), proponen un modelo analítico que permite identificar una política óptima para la política de inventarios dentro de la farmacia de una clínica en Colombia. Los autores utilizan el diagrama de Pareto y un análisis de conglomerados con el fin de agrupar a los productos en diferentes categorías que les permita un almacenamiento adecuado de los productos. Este tipo de herramientas permite establecer ciertos productos principales en donde se recomienda enfocar los esfuerzos para la optimización del espacio. Por otro lado los autores proponen estandarizar los procesos de la farmacia con el fin de tener un mayor control sobre el inventario y de esta manera evitar la congestión de los productos dentro de la bodega.

Bobadilla, Aguirre, Amaya y Velasco (2008), proponen la mejora del proceso de gestión de inventarios de la farmacia quirúrgica de un hospital por medio del uso de herramientas como el análisis y control de los procesos. Los autores proponen cuantificar y caracterizar los procesos involucrados dentro del manejo de inventarios, así como algunos métodos de control para los procesos. En este caso los autores consideran modelos de pronósticos de la demanda y los comparan con el nivel de servicio esperado con el fin de encontrar un modelo que se ajuste a sus necesidades.

Hernández, Amaya y Velasco (2007), proponen un modelo de coordinación de inventarios en la cadena de abastecimiento de medicamentos de un hospital.

Debido a la complejidad del proyecto los autores empiezan formulando suposiciones que facilitan la formulación del problema, luego se determina un rango de factibilidad donde se restringen a las variables, para, finalmente, proceder a determinar los costos y parámetros de entrada. Con el fin de validar el modelo, los autores, concederán dos escenarios de prueba donde se varían sus condiciones. Es importante la estructuración de suposiciones válidas con el fin de simplificar el modelo real y transformarlo en un proceso manejable para el analista.

Cook (2006) en su libro "Forecasting for Pharmaceutical Industry" analiza el impacto y los retos de los pronósticos dentro de la empresa. Cook en su libro presenta diferentes herramientas y métodos para realizar pronósticos de manera correcta. Además, Cook indica que la integración entre los responsables de las decisiones, métodos sofisticados, amplia información y una aplicación estratégica, crea un gran valor y una ventaja competitiva para la organización. De esta forma el autor analiza que el futuro de los pronósticos está en pasar de simples reportes a ofrecer amplios marcos integrales donde se evalúen futuros potenciales.

Cano, Valencia y Galindo proponen una distribución de las áreas de trabajo, de modo que cada operación o proceso se organicen en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales. Además proponen un sistema de asignación de pesos a las diferentes metodologías con el fin de seleccionar la metodología más factible para el proyecto.

Arango, Zapata y Pemberthy (2010) proponen un modelo de optimización para la re-estructuración de una bodega industrial, utilizando un modelo propuesto por Bassan (1980), en el cual se toma en cuenta los siguientes aspectos: los materiales son almacenados en estantes dobles con acceso por ambos lados, los

pasillos son anchos para facilitar la inspección, la instalación tiene un forma rectangular, el almacén tiene 2 puertas centrales opuestas, una para el ingreso de material y otra para la salida del mismo, y además el número de estantes y el número de niveles en cada estante son independientes.

Días y Sosa (2012), prueban cinco hipótesis relacionadas con el nivel de competitividad de las empresas farmacéuticas, los principales factores en los cuales se basan los autores son las condiciones de la demanda, los factores gubernamentales, la competencia y el soporte de la cadena de suministro, la estructura, estrategia y la rivalidad de la institución y las políticas de gobierno. En el presente trabajo, al tratarse de la farmacia de una clínica que se encuentra adelante de las farmacéuticas en la cadena de suministro, comparte ciertos factores de competitividad como los relacionados a la demanda, competencia y políticas gubernamentales, sin embargo existen otros factores como la logística, la calidad y practicas de manufactura en los cuales la farmacia no esta involucrada. En el presente trabajo se enfoca, principalmente, en factores relacionados a la demanda y a la infraestructura necesaria para optimizar las ganancias y el nivel de servicio.

6. Justificación del Proyecto

Una parte importante dentro de los ingresos de Novaclinica S.A. se da por la venta de los medicamentos en la farmacia, por este motivo, es importante mejorar el sistema de inventarios y pronósticos dentro de la bodega de la misma. Debido a que la principal restricción está dada por el espacio de la bodega, un sistema de inventarios adecuado mejorará el rendimiento de la farmacia y como

consecuencia se espera que los ingresos aumenten. Un buen sistema de inventarios, conjuntamente, con el uso de pronósticos más exactos de la demanda, permite incrementar las ventas así como la inclusión de nuevos medicamentos, puesto que la incertidumbre de aquellos productos que no rotan por cambios en la demanda se disminuye, permitiendo de esta forma que ese espacio sea ocupado por otros medicamentos o insumos que tienen más rotación.

La falta de una bodega específica para los insumos de la clínica resulta en un posible desabastecimiento de los mismos por la falta de espacio. Debido a que el sector salud es un sector que se encuentra estrictamente regulado por leyes y la satisfacción del cliente es muy sensible a pequeñas fallas, es importante contar con una bodega específica para insumos médicos que permita almacenar suficiente inventario para asegurar que la clínica no quede desabastecida. Hay que tener en cuenta que el objetivo de la clínica es no tener faltantes, puesto que una demora puede afectar, gravemente, al usuario final si se trata de una emergencia.

II. MARCO TEÓRICO

1. Definiciones Importantes

- **Inventario:** El inventario dentro de la cadena de suministros se lo mantiene en forma de materia prima, trabajo en proceso y bienes terminados (Chopra & Meindl, 2008).
- **Inventario de ciclo:** Es la cantidad de inventario promedio que se utiliza para satisfacer la demanda entre los recibos de embarques del proveedor (Chopra & Meindl, 2008).
- **Inventario de Seguridad:** Es aquel que se mantiene en caso de que la demanda supere lo esperado, con el propósito de disminuir la incertidumbre (Chopra & Meindl, 2008).
- **Inventario Estacional:** Se construye para contrarrestar la variabilidad predecible de la demanda (Chopra & Meindl, 2008).
- **Nivel de Disponibilidad del Producto:** Es la fracción de la demanda que se satisface a tiempo a partir del producto que se mantiene en inventario (Chopra & Meindl, 2008).
- **Análisis de Pareto:** Niebel (2004) explica que en el análisis de Pareto, los artículos de interés se identifican y miden en una escala común y después se acomodan en orden ascendente, creando una distribución acumulada. Según el autor, lo común es que 20% de los artículos clasificados representan 80% o más de la actividad total.
- **Producto:** Un tipo de bien. Ejemplo: una botella de vino (Ghiani, 2004).

- **Ítems:** Unidades individuales o SKUs (Stock Keeping Unit) (Ghiani, 2004).
- **Bodega:** Lugar o recurso físico donde se almacena el inventario (Ghiani, 2004).

2. Planificación de la Demanda

Elsayed (1994) indica que el primer paso para la planificación de las operaciones de un sistema de producción es determinar la exactitud del pronóstico de la demanda para los productos entregados. El autor explica que el pronóstico pasa a ser la base para especificar las políticas de control del sistema de inventarios, para determinar la maquinaria y los requerimientos de manejo, y para determinar la fuerza laboral necesaria para el periodo de producción.

Chopra y Meindl (2008) identifican las características de los pronósticos de la siguiente manera:

- a) Los pronósticos siempre están equivocados y, por lo tanto, se debe incluir el valor esperado y la medida del error del mismo.
- b) Los pronósticos a largo plazo son menos precisos que los de corto plazo; esto se debe a que los primeros tienen una desviación estándar mayor con relación a la media de los pronósticos a corto plazo.
- c) Los pronósticos agregados en general son más precisos que los desagregados, ya que tienen una desviación estándar menor del error con relación a la media.

- d) En general, mientras más arriba esté una compañía en la cadena de suministro (o más lejos del consumidor final), mayor será la distorsión de la información que recibe.

Existen varias formas de clasificar a los pronósticos. Nahmias (1982), se basa en el horizonte de tiempo, el autor presenta un esquema donde muestra tres horizontes cronológicos relacionados con el pronóstico y los problemas asociados a la planeación de operaciones en cada uno de los horizontes. Nahmias (1982) explica que los pronósticos a corto plazo son cruciales para la planificación diaria y por lo general se los mide en días o semanas; la programación de turnos puede requerir que se pronostiquen las preferencias y disponibilidad de los trabajadores. Según el autor, los pronósticos a mediano plazo se miden generalmente en semanas o meses; especifica que entre los principales problemas que se producen en este tipo de pronósticos se encuentran los patrones de ventas para las disponibilidades y requerimientos de trabajadores y familias de productos. Por último, el autor define que los pronósticos a largo plazo son medidos principalmente en años y que estos son parte de la estrategia global de fabricación de la empresa.

Nahmias (1982), también propone clasificar a los pronósticos en dos grandes grupos, los mismos que el autor los define de la siguiente manera:

- **Cualitativos:** Según Nahmias (1982), estos métodos se basan en opiniones y son por lo general subjetivos, se utilizan en sistemas donde la información es limitada y en sistemas poco maduros, donde sus participantes son expertos en el tema o personas pertenecientes a la población objetivo a la cual se enfoca el producto o servicio. Dentro de los

pronósticos cualitativos, el autor enumera y describe a los pronósticos cualitativos de la siguiente manera:

- a) **Agregados a las fuerzas de ventas:** Según Nahmias (1982), el método consiste en reunir a los miembros de ventas de la empresa, ya que son ellos quienes están en contacto directo con los consumidores, y hacer que estos presenten estimaciones de venta; las estimaciones pueden presentarse como un número individual o como varios números donde se presenten varios escenarios (pesimista, más probable y optimista). Luego los gerentes de venta deben agregar cálculos individuales para llegar un pronóstico general.
- b) **Encuestas al cliente:** Según el autor este método puede señalar tendencias futuras y cambiar los patrones de preferencia. Por lo que para Nahmias (1982), se debe garantizar que los datos sean, estadísticamente, representativos e imparciales de la población objetivo, y, además, especifica que se debe tener cuidado con el diseño del cuestionario.
- c) **Juicio de opinión ejecutiva:** Para el autor, por lo general este método es usado cuando no existen datos históricos. Según Nahmias (1982), el enfoque es combinar las opiniones de los expertos en las diferentes áreas involucradas para obtener un pronóstico.
- d) **Método Delphi:** Para el autor este método, al igual que el método de juicio de opinión ejecutiva, se basa en las opiniones de expertos. La diferencia se basa en que este método intenta eliminar algunas carencias de la dinámica de grupos, por lo que a los expertos se les pregunta su opinión individualmente, sin que otros expertos conozcan sus respuestas, logrando

según Nahmias (1982) que se elimine la influencia de un participante sobre otro.

- **Cuantitativos:** Según Nahmias (1982), éstos son aquellos pronósticos que se derivan de un análisis de datos, utilizando datos históricos para inferir sobre el comportamiento de la demanda futura. Nahmias (1982) enumera y describe a los pronósticos cuantitativos de la siguiente manera:
 - a) **Modelos causales:** Para el autor, estos son aquellos en donde se utilizan datos provenientes de fuentes distintas a las series que se están pronosticando. Estos modelos son utilizados principalmente en las áreas de finanzas y economía para pronosticar valores de variables macroeconómicas.
 - b) **Series de tiempo:** Según Nahmias (1982) éstas son utilizadas, principalmente, en aplicaciones de planificación de operaciones. Estos métodos hacen referencia a conjuntos de fenómenos observados en puntos discretos de tiempo, normalmente espaciados equitativamente. Este método se basa en identificar patrones en la información de observaciones pasadas para inferir en valores futuros de la serie. Según el autor, entre los patrones se incluyen:
 - Tendencia
 - Estacionalidad
 - Ciclos
 - Aleatoriedad

Por otro lado, Chopra y Meindl (2008), clasifican a los pronósticos en cuatro grupos, a continuación se describe cada tipo de pronóstico según lo explican los autores:

- **Cualitativos:** Según los autores, son, principalmente, subjetivos y se apoyan en el juicio humano. Son apropiados cuando no existe información histórica o cuando los expertos cuentan con resultados de investigaciones de mercado que puedan afectar al pronóstico.
- **Series de tiempo:** Chopra y Meindl (2008), definen que éstos utilizan la demanda histórica para el pronóstico, por lo que son apropiados cuando el patrón de la demanda básica no varía significativamente.
- **Causal:** Según los autores éstos suponen que el pronóstico de la demanda se encuentra altamente relacionado con ciertos factores ambientales. Por lo que se realizan estimaciones de los factores ambientales para luego realizar los pronósticos.
- **Simulación:** Para los autores estos métodos imitan las elecciones del cliente que dan origen a la demanda para realizar un pronóstico. La simulación permite combinar métodos causales y series de tiempo para responder preguntas sobre el comportamiento futuro de la demanda.

En adición a lo anterior, Chopra y Meindl (2008), indican que se deben tomar en cuenta varios factores que están relacionados con los pronósticos de la demanda, los factores a tomar en cuenta antes de realizar el pronóstico son:

- Demanda pasada

- Tiempo de entrega del producto
- Publicidad planeada o campañas de marketing
- Estado de la economía
- Descuentos de precio planeado
- Acciones que los competidores han tomado

3. Pronósticos de Series de Tiempo

Según (Chopra y Meindl, 2008) los pronósticos de series de tiempo son aquellos que utilizan la demanda histórica para inferir sobre la demanda futura. Estos métodos se basan en el supuesto de que la historia de la demanda pasada es un buen indicador de la demanda en el futuro, y además son apropiados cuando el patrón de la demanda básica no varía significativamente de un periodo a otro (Chopra y Meindl, 2008).

Los métodos de series de tiempo son utilizados cuando la demanda futura está relacionada con la demanda histórica, observando si existen patrones de crecimiento y patrones estacionales (Chopra y Meindl, 2008). Según los autores todo método de pronóstico posee un componente aleatorio que no puede ser explicado con los patrones de la demanda histórica. De esta manera Chopra y Meindl determinan que la demanda está compuesta por un componente sistemático y uno aleatorio.

El componente sistemático mide el valor esperado de la demanda y se divide en nivel, tendencia y estacionalidad (Chopra y Meindl, 2008). Según los autores el nivel es la demanda actual desestacionalizada, la tendencia corresponde a la tasa de crecimiento o descenso en la demanda para el periodo

siguiente, y la estacionalidad se refiere a las fluctuaciones estacionales predecibles en la demanda.

Por otro lado para Chopra y Meindl, el componente aleatorio es el componente del pronóstico que no se puede estimar, ya que únicamente se puede conocer el tamaño y la variabilidad del componente aleatorio, lo cual proporciona un error al pronóstico. Un buen método de pronóstico es aquel en el que el tamaño del error es comparable al componente aleatorio de la demanda (Chopra y Meindl, 2008).

3.1. Series Estacionarias

Las series estacionarias son aquellas donde los datos solo presentan nivel, es decir, no presentan tendencia o estacionalidad (Chopra y Meindl, 2008).

3.1.1. Promedio Móvil

Chopra y Meindl (2008) definen al promedio móvil de la siguiente manera. El nivel del periodo t se estima como el promedio de la demanda durante los periodos N más recientes, en otras palabras, el promedio móvil de N periodos y se lo evalúa de la siguiente manera:

$$L_t = \frac{(D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1})}{N} \quad (2.3.1-1)$$

(Chopra y Meindl, 2008)

El pronóstico para el siguiente periodo es igual al nivel del periodo actual. El pronóstico es formulado como:

$$F_{t+1} = L_t \quad (2.3.1-2)$$

(Chopra y Meindl, 2008)

Luego de observar la demanda del periodo t+1, se actualiza el nivel de la siguiente manera:

$$L_{t+1} = \frac{(D_{t+1} + D_t + \dots + D_{t-N+2})}{N} \quad (2.3.1-3)$$

(Chopra y Meindl, 2008)

Para el cálculo del pronóstico del nuevo promedio móvil, se agrega la última observación y se elimina la más antigua. De esta manera, el pronóstico para el periodo t+2 se expresa como:

$$F_{t+2} = L_{t+1} \quad (2.3.1-4)$$

(Chopra y Meindl, 2008)

El promedio móvil corresponde al peso de los últimos N periodos de información y se ignora toda la información anterior a este nuevo promedio móvil. Conforme se incrementa N, el promedio móvil es menos sensible a la demanda más reciente (Chopra y Meindl, 2008).

3.1.2. Suavizamiento Exponencial

Ghiani (2004), indica que el método de suavizamiento exponencial considera todos los datos históricos y la asignación de un menor peso a los datos más antiguos. Según el autor el pronóstico para el primer periodo está dado por:

$$P_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha)P_t \quad (2.3.1-5)$$

(Ghiani, 2004)

Donde $\alpha \in (0,1)$ es la constante de suavizamiento. Se puede reescribir la ecuación como:

$$P_{t+1} = P_t + \alpha(D_t - P_t) = P_t + \alpha e_t \quad (2.3.1-6)$$

(Ghiani, 2004)

En esta ecuación, según Ghiani (2004), se puede apreciar que el pronóstico del nuevo periodo corresponde a la suma del pronóstico del periodo anterior y a una fracción del error en el periodo t. De esta manera, si el valor de P_t se sobrestima con respecto a D_t , el valor del pronóstico P_{t+1} es menor que P_t . Vice versa, si el valor de P_t es una subestimación de D_t , el valor del pronóstico P_{t+1} es mayor que P_t .

Ghiani (2004) determina que es importante considerar que la elección del valor de α en el suavizamiento exponencial es muy importante, debido a que este valor influye, directamente, en el pronóstico. Por lo que el autor determina que para un valor alto de α se da un mayor peso a los datos históricos más recientes, y por lo tanto nos permiten reaccionar rápidamente a cambios rápidos de la demanda. Por otro lado, valores pequeños de α producen un método menos dependiente de las variaciones aleatorias pero, al mismo tiempo, no permiten reaccionar frente a cambios rápidos de la demanda (Ghiani, 2004).

En la práctica, frecuentemente, se toman valores de α entre 0.01 y 0.3. Sin embargo, se pueden tomar valores mayores si se anticipan cambios rápidos en la demanda (Ghiani, 2004).

3.2. Series con Tendencia

Las series con tendencia son aquellas que presentan un nivel y una tendencia en el componente sistemático pero no presentan estacionalidad (Chopra y Meindl, 2008).

Nahmias (1982) sugiere que el método de regresión lineal y el método de Holt son apropiados cuando los datos muestran una tendencia.

3.2.1. Método de Regresión lineal

El método de regresión lineal consiste en determinar la línea de regresión que mejor interpole los datos más recientes de la demanda (Ghiani, 2004).

Nahmias (1982), define al modelo de regresión lineal de la siguiente manera. Este modelo utiliza n datos pareados para las variables independientes X y las variables dependientes Y , como se muestra a continuación:

$$(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$$

Luego se establece una relación entre X y Y que se puede representar mediante una línea recta de la siguiente forma:

$$\hat{Y} = a + bX \quad (2.3.2-1)$$

(Nahmias, 1982)

Donde \hat{Y} se interpreta como el valor pronosticado de Y . El objetivo es encontrar los valores de a y b de manera que la recta $\hat{Y} = a + bX$ se ajuste de la mejor manera a los datos. Se utiliza los valores de a y b que minimicen la suma

de las distancias cuadráticas entre la línea de regresión y los puntos de datos (Nahmias, 1982).

3.2.2. Método Holt

Según Ghiani (2004), este método es una modificación del modelo de suavizamiento exponencial, y se basa en las siguientes dos ecuaciones:

$$a_T = \alpha d_T + (1 - \alpha)(a_{T-1} + b_{T-1}) \quad (2.3.2-2)$$

(Ghiani, 2004)

$$b_T = \beta(a_T - a_{T-1}) + (1 - \beta)b_{T-1} \quad (2.3.2-3)$$

(Ghiani, 2004)

Aplicando las ecuaciones (2.3.2.2) y (2.3.2.3), es posible expresar a_T y b_T como una función de las entradas pasadas de la demanda d_1, d_2, \dots, d_T . La selección de los parámetros α y β , utilizan el mismo criterio ilustrado para el método de suavizamiento exponencial.

Para que el proceso pueda iniciar, se debe especificar los valores de a_1 y b_1 , los mismos que se seleccionan de la siguiente manera:

$$a_1 = d_1$$

$$b_1 = 0$$

De esta manera tenemos que:

$$p_2 = a_1 + b_1 = d_1 \quad (2.3.2-3)$$

(Ghiani, 2004)

3.3. Series con Estacionalidad

3.3.1. Método Winters

Según Elsayed (1994), el Método Winters es una elección popular cuando los datos presentan patrones estacionales. El autor declara que este método considera tres elementos: un componente permanente, una tendencia y una estacionalidad; donde cada componente es actualizado continuamente a través de una constante de suavizamiento aplicada a los datos más recientes y a las últimas estimaciones.

Elsayed (1994) menciona que el Método Winters realiza la generación de datos de la siguiente manera:

$$x_t = (a_{0,t} + a_{1,t}t)C_t + \varepsilon_t \quad (2.3.3-1)$$

(Elsayed, 1994)

Donde C_t es el factor estacional. Los parámetros $a_{0,t}$, $a_{1,t}$ y C_t son actualizados continuamente utilizando el procedimiento de suavizamiento a continuación:

$$a_{0,t} = \alpha \frac{x_t}{C_{t-N}} + (1 - \alpha)(a_{0,t-1} + a_{1,t-1}) \quad (2.3.3-2)$$

(Elsayed, 1994)

Donde:

$a_{0,t}$ = El nivel de suavizamiento exponencial del proceso al final del periodo t

x_t = Datos actuales del periodo t.

N = Número de Periodos por estación.

$a_{1,t-1}$ = tendencia del periodo t-1.

α = Constante de suavizamiento para a_0 .

De la misma manera, el factor estacional se representa de la siguiente manera:

$$C_t = \gamma \frac{x_t}{a_{0,t}} + (1 - \gamma)C_{t-N} \quad (2.3.3-3)$$

(Elsayed, 1994)

Donde γ es la constante de suavizamiento para C_t . La tendencia se actualiza de la forma:

$$a_{1,t} = \phi(a_{0,t} - a_{0,t-1}) + (1 - \phi)a_{1,t-1} \quad (2.3.3-4)$$

(Elsayed, 1994)

Donde ϕ corresponde a la constante de suavizamiento para a_1 . De esta manera, el modelo se define de la forma:

$$\hat{x}_t = (a_{0,t} + a_{1,t})C_t \quad (2.3.3-5)$$

(Elsayed, 1994)

Como en el método de suavizamiento exponencial, se requiere un conjunto de condiciones iniciales para los parámetros iniciales. Existen varias

formas para realizar el Método Winters, Elsayed (1994) propone realizarlo de la siguiente manera:

Pendiente: Calcular los promedios de ventas de los primeros dos años.

$$\bar{S}_1 = \frac{\sum_{t=1}^N x_t}{N} \quad (2.3.3-6)$$

(Elsayed, 1994)

$$\bar{S}_2 = \frac{\sum_{t=N+1}^{2N} x_t}{N} \quad (2.3.3-7)$$

(Elsayed, 1994)

$$a_1 = \frac{\bar{S}_2 - \bar{S}_1}{N} \quad (2.3.3-8)$$

(Elsayed, 1994)

Nivel: Se analiza al final del periodo $2N$ y se deduce el nivel utilizando \bar{S}_2 y la pendiente a_1 .

$$a_{0,2N} = \bar{S}_2 + a_1 \frac{N-1}{2} \quad (2.3.3-9)$$

(Elsayed, 1994)

Estacional: Calcular el componente estacional inicial como una derivación de factores actuales a través de la función de la pendiente con pendiente a_1 e intercepción a_0 .

$$\frac{\sum_{t=1}^N C_t}{N} = 1 \quad (2.3.3-10)$$

(Elsayed, 1994)

Elsayed (1994) indica que otro método para inicializar el modelo empieza estimando a_0 , a_1 , y C_t , utilizando la información mínima del set de datos; por ejemplo, un ciclo completo. Luego, utilizando estos valores iniciales se inicia por el primer periodo, donde los pronósticos y los parámetros son actualizados para cada periodo hasta que toda la información histórica sea utilizada.

4. Evaluación de Pronósticos

Como se mencionó anteriormente, la demanda está compuesta por un componente aleatorio. Chopra y Meindl (2008) aseguran que un buen método debe captar el componente sistemático de la demanda pero no el componente aleatorio. Los autores sugieren que el componente aleatorio se lo encuentra en el error del pronóstico, el mismo que debe ser analizado según los autores por las siguientes razones.

- El análisis del error, permite determinar la precisión del método actual de pronóstico, respecto al componente sistemático de la demanda. Si el error es positivo, el pronóstico está sobrestimando el componente sistemático; de la misma manera, si el error es negativo, el pronóstico está subestimando el componente sistemático de la demanda y el método debe corregirse.
- Todos los planes de contingencia deben considerar el error el pronóstico.

Chopra y Meindl (2008) determinan que se debe tener en cuenta que el error observado debe estar dentro de los estimados históricos. Para los autores si el valor del error está dentro de los estimados, el método puede seguir siendo

utilizado; si el valor del error no está dentro de los estimados, se debe cambiar el método de pronósticos .

El error del pronóstico para el periodo t está dado por e_t de la siguiente manera (Chopra y Meindl, 2008):

$$e_t = P_t - D_t \quad (2.4-1)$$

(Chopra y Meindl, 2008).

Según los autores, la ecuación anterior describe que el error en el periodo t es igual al pronóstico en el periodo t menos la demanda real en el mismo periodo.

Para evaluar la precisión del método de pronóstico, Ghiani (2004) propone el uso de los siguientes índices: error cuadrado medio, la desviación media absoluta y el error medio absoluto porcentual. Ghiani define los índices de error de la siguiente manera:

Ghiani (2004) define que el error cuadrado medio (MSE por sus siglas en inglés) se relaciona con la varianza del error del pronóstico. En este caso, se estima que el componente aleatorio de la demanda tiene una media de 0 y una varianza de MSE. El MSE se calcula de la siguiente manera:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (2.4-2)$$

(Chopra y Meindl, 2008).

Ghiani (2004) define a la desviación media absoluta (MAD por sus siglas en inglés), como el promedio de la desviación absoluta durante todos los periodos.

Se estima que el componente aleatorio tiene una media de 0 y una desviación estándar de 1,25 MAD. La desviación media absoluta se define como:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (2.4-3)$$

(Chopra y Meindl, 2008).

Para el autor, el error medio absoluto porcentual (MAPE por sus siglas en ingles), es el error absoluto promedio, expresado como porcentaje de la demanda, y está dado por:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{D_t} * 100}{n} \quad (2.4-4)$$

(Chopra y Meindl, 2008).

Para este estudio, se evalúan los tres índices descritos anteriormente con el fin de obtener un resultado más preciso en el análisis. El criterio de selección para el método de pronóstico, se basa en el método que tenga un menor error en 2 o más de los índices de error (Ghiani, 2004).

5. Manejo de Inventarios

5.1. Características del Manejo de Inventarios

Según Stevenson (2009), el manejo de inventarios se centra en dos funciones básicas. La primera, hace referencia al establecimiento de un sistema de seguimiento de los ítems en el inventario, y la segunda función se refiere a la toma de decisiones acerca de cuanto pedir y cuando realizar los pedidos. El autor

considera que para ser efectivos en el manejo de inventarios, se debe contar con las siguientes características:

1. El sistema de seguimiento del inventario debe estar a la mano y en orden.
2. Tener un sistema de pronóstico de la demanda confiable, el cual contenga un indicador del posible error en el pronóstico.
3. Conocer el tiempo de entrega y su variabilidad.
4. Estimaciones razonables de costo de mantener inventario, costo de pedido y costo de faltante.
5. Contar con un sistema de clasificación del inventario.

5.2. Sistemas de Conteo de Inventario

Stevenson (2009) indica que los sistemas de conteo de inventario pueden ser periódicos o perpetuos.

El autor describe que en un sistema periódico, el conteo físico de los artículos en el inventario se realiza en intervalos periódicos (ejemplo: semanal o mensualmente) en función de decidir cuánto ordenar de cada artículo. Para Stevenson (2009) la ventaja de este tipo de sistemas es que las órdenes para varios productos se realizan al mismo tiempo, lo que puede resultar en un ahorro en procesar y enviar los pedidos. Para el autor, dentro de las desventajas de este modelo se encuentran la falta de control entre las revisiones y la necesidad de protección frente a un desabastecimiento entre los periodos de revisión, manteniendo un stock extra. Sin embargo, se debe realizar revisiones físicas

periódicas a causa de posibles errores, hurtos, deterioro y otros factores que pueden disminuir la efectividad de la cantidad de inventario (Stevenson, 2009).

De la misma manera, el autor describe que en un sistema de inventario perpetuo se mantiene rastreo de salidas de inventario de forma continua, de esta manera, el sistema refleja información de los niveles de inventario de cada artículo. Stevenson (2009) determina que cuando el nivel de inventario alcanza un nivel mínimo preestablecido, una cantidad fija es ordenada. Para el autor, una ventaja de este sistema es el control dado por el monitoreo continuo de los retiros. Otra ventaja de este sistema es el tamaño fijo de orden, lo que permite determinar un tamaño óptimo de orden. Por otro lado, una desventaja de este sistema es el costo de mantener un registro (Stevenson, 2009).

5.3. Tiempo de Entrega

Stevenson (2009) indica que los inventarios son utilizados para satisfacer los requerimientos de la demanda, por este motivo, es importante contar con estimados confiables del tamaño y de los tiempos de la demanda. De la misma manera es esencial conocer cuál es el tiempo de entrega del inventario. El autor define al tiempo de entrega como el tiempo desde que se realiza el pedido hasta que el pedido es entregado y recibido.

Stevenson (2009) afirma que los tiempos de entrega presentan variaciones y que estas deben ser consideradas al momento de la planificación. El autor asevera que mientras más grande es el potencial de variación, mayor es la necesidad de mantener un inventario adicional para reducir el riesgo de incurrir en

faltantes entre los despachos; de esta manera, se puede apreciar que existe una relación importante entre los pronósticos y el manejo de inventarios.

5.4. Costos de Inventario

Ghiani (2004) categoriza a los costos relevantes para una política de inventarios dentro de cuatro grupos, los mismos que se presentan a continuación:

- **Costo de adquisición:** Son los costos asociados a la compra de bienes o materias primas. Generalmente incluyen costos fijos (independientes a la cantidad ordenada) y costos variables (dependientes de la cantidad ordenada). Estos pueden incluir:
 - **Costos de ordenar:** Se refiere al costo fijo de hacer y procesar un pedido a través del departamento de compras y contabilidad si el producto es comprado; o el costo de creación del proceso de producción si el producto es manufacturado por la empresa.
 - **Costos de compra:** Es un costo variable y depende si el producto es comprado o manufacturado por la empresa.
 - **Costos de transporte:** Son los costos relacionados al transporte de los productos. Por lo general se los incluye en el costo de compra de los productos o en el costo de ordenar los mismos.
 - **Costos de manejo de Inventarios:** costo de administrar el inventario en el punto de recepción y despacho.
- **Costo de posesión de inventarios:** Son los costos de almacenar materiales durante un periodo de tiempo. Estos comprenden:

- **El costo asociado al retorno del capital:** Corresponde al valor recibido en el caso de que la inversión se hubiese realizado en otra actividad más rentable para la empresa. Por lo general se estima este costo en base a los rangos de intereses bancarios.
- **El costo de bodega:** en el caso de que la empresa cuente con sus propias bodegas, se consideran los costos de espacio, equipos, personal, seguro de inventarios, mantenimiento, energía e impuestos. Si no se cuenta con bodegas propias, este costo es el valor que se paga por almacenamiento a una empresa externa.
- **Costo de faltantes:** Es el costo de no entregar un producto a un cliente cuando éste lo solicita. Estos costos son difíciles de estimar y dependen del comportamiento de los clientes. Pueden ser clasificados de la siguiente manera:
 - **Costo de pérdida de una venta:** Es el costo que un competidor puede obtener de un producto que la empresa no puede suministrar al cliente. Incluye la utilidad perdida al no poder abastecer el producto deseado por el cliente, y el efecto negativo del faltante en futuras ventas.
 - **Costo de pedidos pendientes:** Cuando el producto es difícil de reponer, el faltante resulta en un retraso de la venta. Además del efecto negativo en las futuras ventas, estos pedidos pendientes por lo general pueden incurrir en una penalización económica.

- **Costo de obsolescencia:** Es cuando los productos almacenados pierden valor en el tiempo. Por ejemplo, estos costos ocurren cuando los alimentos se deterioran, prendas de vestir pasan de moda o diarios no son vendidos. El valor de un producto al final de su vida útil por lo general se lo denomina valor de salvamento.

5.5. Sistema de Clasificación

Stevenson (2009) afirma que un aspecto importante en el manejo de inventarios es que existen elementos del inventario que no son de igual importancia en términos de inversión, potencial beneficio, ventas, espacio utilizado o penalización por faltantes. El autor asevera que un enfoque muy razonable es orientar los esfuerzos de control a la importancia relativa de varios elementos del inventario.

Stevenson (2009) propone el enfoque A-B-C, donde los elementos del inventario son clasificados de acuerdo a medidas de importancia, utilidad anual, espacio, etc. Según el autor, luego se enfocan los esfuerzos de control en ubicar los productos de acuerdo a la medida seleccionada. Comúnmente, el modelo utiliza tres clases de productos de la siguiente manera: productos A (muy importantes), productos B (moderadamente importantes) y productos C (poco importantes) (Stevenson, 2009). Sin embargo, el número de categorías puede variar de organización a organización, dependiendo de la estrategia de la empresa para enfocar sus esfuerzos de control. El autor indica que al utilizar tres clases de productos, los productos A generalmente representan entre el 10 y el 20 por ciento del número de productos en el inventario, pero cerca del 60 o 70 por ciento de la utilidad de los productos. Al final de la escala los productos C

representan entre el 50 o 60 por ciento del total de productos, sin embargo, solo representan entre 10 y el 15 por ciento de la utilidad total (Stevenson, 2009). Los porcentajes varían entre las organizaciones, pero, por lo general, existen pocos productos que representan gran parte de la utilidad o de los costos de inventario y son estos productos los que reciben un mayor esfuerzo en el control de inventarios (Stevenson, 2009).

Stevenson (2009) resalta que no, necesariamente, los productos C son de poca importancia; incurrir en faltantes de productos del grupo C puede significar una para costosa en una línea de producción. De todas maneras para el autor, debido a la poca utilidad que estos productos representan, los costos de ordenar pedidos grandes de algunos productos no deben ser altos.

6. Modelo Básico de Cantidad de Pedido Económico (EOQ)

Stevenson (2009) explica que el modelo básico del EOQ es utilizado para identificar un tamaño de orden fijo que minimice la suma del costo anual de mantener inventario y el costo de realizar pedidos. Para el autor, el precio unitario de venta de los productos del inventario por lo general no es incluido en el costo total, ya que el costo unitario no se ve afectado por el tamaño del pedido exceptuando de existan descuentos por cantidad de pedidos. Si los costos de manejo de inventario son especificados como un porcentaje del costo unitario, entonces el valor unitario es indirectamente incluido en el costo total como una parte del costo de manejo de inventario (Stevenson, 2009).

Stevenson (2009) afirma que el modelo básico del EOQ involucra una serie de asunciones, las mismas que se enumeran a continuación:

- Sólo involucra a un producto.
- Los requerimientos de la demanda anual son conocidos.
- La demanda es distribuida uniformemente a través del año, por lo que la demanda es razonablemente constante.
- El tiempo de entrega no varía.
- Cada orden es recibida en despachos individuales.
- No existen descuentos por cantidad.

Stevenson (2009) afirma que el uso y los pedidos de inventario ocurren en ciclos. En la figura 1 se ilustra varios ciclos de inventario. El autor indica que cada ciclo empieza con la recepción de un pedido de Q unidades, las mismas que van disminuyendo en un periodo de tiempo; cuando el inventario disponible llega a un nivel justo para satisfacer la demanda durante el tiempo de entrega, se realiza un nuevo pedido al proveedor de Q unidades. Se asume que el rango y el tiempo de entrega no varía, de esta manera el pedido se recibirá en el preciso momento en que el inventario llega a cero (Stevenson, 2009). El autor considera que los pedidos deberán estar sincronizados para evitar exceso de inventario así como faltantes.

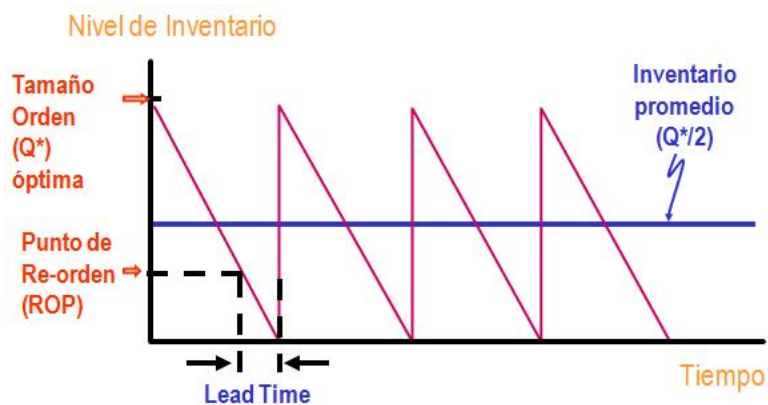


Figura 1: Ciclos de Inventario (Investigaciondeoperaciones.net)

Para Stevenson (2009) el tamaño óptimo de pedido refleja el balance entre los costos de llevar inventario y los costos de realizar el pedido. El autor determina que dado que los tamaños de pedido varían, un tipo de costo va a incrementar mientras el otro va a disminuir. Por lo que, claramente, al realizar pedidos pequeños se va a necesitar que se envíen pedidos de manera más frecuente, lo que resultaría en incremento del costo anual de realizar pedidos. De la misma manera para el autor, al realizar pedidos grandes, las órdenes de material van a ser menos frecuentes, lo que disminuye el costo anual de realizar pedidos pero, a su vez, aumenta el costo anual de mantener inventario (Stevenson, 2009). En la figura 2 se ilustra la relación inversa entre el costo de realizar pedidos y el costo de mantener inventario.

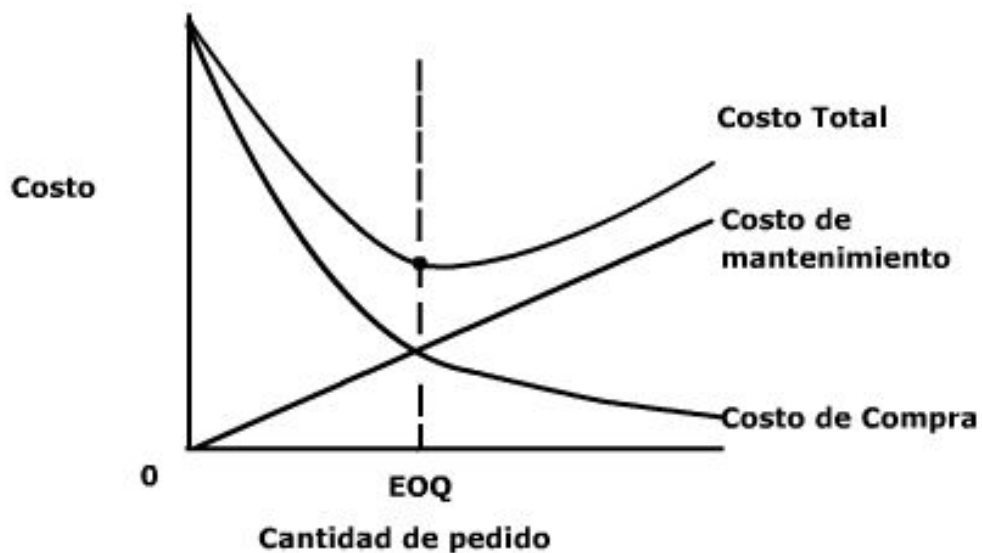


Figura 2: Relación Inversa entre costo de realizar pedidos y costo de mantener inventario (virtual.unal.edu.co)

Stevenson (2009) indica que la solución ideal es un tamaño de pedido que no cause pedidos muy grandes ni que represente realizar pedidos de manera muy frecuente, por lo que deberá ser uno que represente un equilibrio entre estos dos

extremos. Para el autor el tamaño de pedido exacto va a depender de las magnitudes relativas de los costos de mantener inventario y de los costos de realizar los pedidos.

Según Stevenson (2009), el costo anual de llevar inventario es calculado al multiplicar el promedio anual de inventario por el costo de almacenar una unidad durante un periodo de un año, a pesar de que cualquier unidad dada no necesariamente sea almacenada durante un año. Para el autor el promedio de inventario es igual a la mitad del tamaño de pedido. La forma de calcular el costo anual de mantener inventario se ilustra a continuación (Stevenson, 2009):

$$\text{Costo anual de mantener inventario: } \frac{Q}{2}H \quad (2.4-1)$$

(Stevenson, 2009)

Donde H representa el costo promedio anual de mantener un producto en el inventario y Q representa el tamaño de pedido.

Stevenson (2009) explica que el costo de llevar inventario es una función lineal de Q, en donde el costo incrementa o disminuye en relación directa a los cambios en la cantidad de pedido ordenada. Por otro lado según el autor, el costo anual de ordenar disminuye según incrementa el tamaño del pedido; esto se debe a que la demanda es conocida, por lo que mientras más grande el tamaño de pedido, se necesita un menor número de pedidos. Según el autor, el número de ordenes anuales se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Número de Ordenes al Año} = \frac{D}{Q} \quad (2.4-2)$$

Donde:

Q= Tamaño de orden

D= Demanda anual

(Stevenson, 2009)

Stevenson (2009) expone que los costos de ordenar no son sensibles al tamaño de la orden, ya que independientemente del tamaño de la orden, existen actividades que se deben realizar; como el determinar qué cantidad se necesita, la evaluación de proveedores, la preparación del pedido, entre otros. Por otro lado, el autor indica que el tamaño de pedido no se ve influenciado por controles de calidad, dado que pedidos grandes son analizados a través de muestras estadísticas en vez de una inspección completa. Por lo tanto el autor determina que el costo de ordenar es tratado como una constante. Según el autor, el costo anual de ordenar está en función del número de ordenes por año y el costo de ordenar por orden, esto se expresa a continuación:

$$\text{Costo Anual de ordenar} = \frac{D}{Q}S \quad (2.4-3)$$

Donde:

S= Costo de ordenar

(Stevenson, 2009)

Stevenson (2009) muestra que el número de ordenes al año disminuye cuando Q aumenta, por lo que el costo anual de ordenar tiene una gran relación con el tamaño de la orden. Además el autor indica que el costo total de ordenar

tomando en cuenta el costo de mantener inventario y el costo de ordenar cuando Q unidades son ordenadas en cada pedido es:

$$TC = \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S \quad (2.4-4)$$

(Stevenson, 2009)

Stevenson (2009) afirma que el costo total llega a su mínimo cuando el costo de mantener inventario y el costo de ordenar son iguales. Según el autor, una expresión que representa el tamaño óptimo de pedido Q_0 se encuentra a continuación:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (2.4-5)$$

(Stevenson, 2009)

Para el cual la longitud del ciclo de orden se calcula de la siguiente manera:

$$\text{longitud del Ciclo de Orden} = \frac{Q}{D} \quad (2.4-4)$$

(Stevenson, 2009)

7. Características y Diseño de Bodega

7.1. Flujo de Ítems a través de la Bodega

Ghiani (2004) indica que las bodegas por lo general no solo son utilizadas para almacenar ítems, también son utilizadas para clasificar y consolidar pedidos. Según el autor, los centros de distribución son abastecidos comúnmente por camiones, trenes o transportes internos donde se descargan, verifican y almacenan los productos. Luego de un tiempo, los productos son retirados de su lugar de almacenamiento y transportados al área de ensamblaje. Ghiani explica que, comúnmente, la actividad principal de las bodegas es almacenar los diferentes productos. Para Ghiani (2004) en estos casos, la mercadería es recibida, almacenada y enviada en pallets (todo de un solo producto) y como resultado, el manejo del material es relativamente fácil. En casos más complejos, lotes grandes son recibidos y enviados, los mismos que contienen pequeñas cantidades de varios productos, los que tienen que ser consolidados y enviados a los consumidores; consecuentemente, la recolección de los productos es más compleja y la selección y consolidación de los pedidos juegan un papel más importante (Ghiani, 2004)

7.2. Estructura Interna y Operaciones de la Bodega.

Ghiani (2004) explica que la estructura de la bodega y las operaciones dentro de la misma están relacionadas con una serie de factores que se enumeran a continuación:

- Las características físicas de los productos.
- El número de productos.

- Los volúmenes que se manejan dentro y fuera de la bodega.

El autor manifiesta que, comúnmente, un centro de distribución está compuesto por:

- Una o más zonas de recepción.
- Una zona de almacenamiento, donde los ítems son almacenados.
- Una o más zonas de despacho, en la cual se encuentran los clientes o los vehículos de carga.

Según el autor, la zona de almacenamiento, a veces, está dividida en una zona grande de reserva, donde se almacenan de una forma más económica (ejemplo: pallets), y en una zona delantera, donde se almacenan pequeñas cantidades de producto para facilitar la posterior recolección de los mismos. En la zona delantera se repone los productos desde la zona de reserva según la rotación de los mismos (Ghiani, 2004). Para el autor, en un sistema bien diseñado, el tiempo reducido en la recolección del material es mayor al tiempo de reposición del mismo.

7.3. Medio de Almacenamiento

Ghiani (2004) expone que la elección de un medio de almacenamiento es afectado por las características físicas de los productos almacenados y por el número promedio de ítems de cada producto en una orden de despacho. Según el autor, cuando se almacenan productos sólidos existen principalmente tres alternativas: pilas, estanterías y cajones. En el primer caso, los productos son almacenados en cartones o pallets y los pasillos normalmente miden entre 3.5 y 4 metros. Los cartones no requieren de inversión de capital y son adecuados para

productos de baja demanda, comúnmente en zonas de reserva. En el segundo caso, los productos son almacenados en cajas o pallets sobre estanterías metálicas, las mismas que están separadas por pasillos. En este diseño, es posible realizar la recolección de un solo producto de manera rápida. Cuando los SKUs son transportados en carretillas elevadoras, las estanterías son de 5 a 6 metros y los pasillos tienen alrededor de 3.5 metros de ancho. Finalmente, en el tercer caso, los productos son almacenados en pequeñas cantidades y se mantienen en cajones fijos o aleatorios.

7.4. Mecanismos y Políticas de Almacenamiento y Recuperación

Ghiani (2004) declara, dentro de los sistemas de recuperación y almacenamiento de la carga, existen, principalmente, dos tipos de sistemas: ciclo simple y el ciclo doble. El ciclo simple consiste en realizar las operaciones de almacenamiento y recuperación de manera independiente, una a la vez. Por otro lado, el ciclo doble consiste en realizar las operaciones de almacenamiento y recolección de manera conjunta en función de reducir el tiempo general de transporte.

Dentro de las políticas de almacenamiento y recuperación, Ghiani (2004) indica que, primordialmente, existen dos tipos estrategias: recolección estricta de orden y recolección por lotes. La recolección estricta de orden consiste en recolectar un solo pedido a la vez, mientras que la recolección por lotes permite la recolección de varias órdenes en un viaje. El autor explica que las ordenes completas están a cargo de un solo recolector; en casos más complejos la bodega está dividida en zonas y cada recolector tiene asignada una zona específica.

7.5. Diseño de Bodega

Ghiani (2004) explica que las principales decisiones para el diseño de una bodega son:

- Determinar el largo, ancho y alto del edificio.
- Localizar y dimensionar las zonas de recibo, almacenamiento y despacho.
- Seleccionar el medio de almacenamiento.
- Seleccionar el sistema de almacenamiento y recolección.

El autor indica que el objetivo es minimizar el costo anual de operación esperada para un flujo determinado, usualmente sujeto a un límite superior de la inversión de capital.

7.5.1. Dimensionar los Subsistemas de Recibo y Despacho

Según Ghiani (2004), las zonas de recepción son usualmente más anchas que las zonas de despacho. Esto se debe a que los vehículos que llegan están fuera del control del administrador de la bodega, mientras que la información de los envíos puede ser planificada para eliminar la congestión en la zona de envío.

a) Determinación del Número de Puertas

Ghiani (2004) señala que los productos por lo general son recibidos y despachados por camiones o trenes. Según el autor, en estos casos, el número de puertas se determina a través de la siguiente fórmula:

$$n_D = \left\lceil \frac{dt}{qT} \right\rceil \quad (2.7.5.1)$$

(Ghiani, 2004)

Donde d es la demanda diaria de todas las ordenes, t es el tiempo promedio de cargar y descargar un camión, q es la capacidad del camión y T es el tiempo promedio disponible para cargar y descargar camiones.

7.5.2. Dimensionar los Subsistemas de Almacenamiento

Ghiani (2004) explica que el área de la zona de almacenamiento debe ser lo suficientemente grande para almacenar los productos en periodos pico. Por otro lado, si la zona de almacenamiento excede las necesidades reales de la empresa, los tiempos de almacenamiento y recolección aumentan de manera inútil. Esto puede causar una disminución del rendimiento o aumentar los costos de manejo de inventario.

a) Determinación de la Zona de Almacenamiento

Ghiani (2004) indica que el tamaño de la zona de almacenamiento depende de la política de almacenamiento. El autor presenta tres tipos de políticas principales: política de almacenamiento dedicado, política de almacenamiento aleatorio y política de almacenamiento basado en clases. Ghiani describe estas tres políticas de la siguiente manera.

En una política de almacenamiento dedicado, cada producto tiene asignado un conjunto preestablecido de posiciones. Este método es fácil de implementar pero provoca una subutilización del espacio de almacenamiento. De hecho, el espacio requerido es igual a la suma del inventario máximo de cada producto en un periodo. En esta política, n es el número total de productos y $I_j(t)$, $j=1, \dots, n$.

Es el nivel de inventario del ítem j en el tiempo t . Con estas variables, el número de ubicaciones m_d en una política de almacenamiento dedicado es:

$$m_d = \sum_{j=1}^n \max I_j(t) \quad (2.7.5.2-1)$$

(Ghiani,2004)

La política de almacenamiento aleatorio, se basa en que la ubicación de cada ítem se decide, dinámicamente, con base al espacio actual disponible dentro de la bodega y a los pronósticos de arribo de productos. En este tipo de política, la asignación de posiciones de un producto varía en el tiempo. Esta política, permite una mayor utilización del espacio pero requiere que cada ítem sea reconocido automáticamente por un código de barras (o una técnica similar) y una base de datos de la posición de todos los productos en el inventario se actualiza en cada almacenamiento y recolección. Para esta política, el número de posiciones m_r se estima de acuerdo a:

$$m_r = \max \sum_{j=1}^n I_j(t) \leq m_d \quad (2.7.5.2-2)$$

(Ghiani,2004)

En la política de almacenamiento basada en clases, los productos son divididos en categorías de acuerdo a la demanda, donde cada categoría es asociada a ciertas zonas donde los productos son almacenados en función de una política de almacenamiento aleatorio. Esta política se relaciona a la política de almacenamiento dedicado cuando el número de categorías es igual al número de productos, y a la política de almacenamiento aleatorio cuando solo existe una categoría.

b) Determinación del Largo, Ancho y Alto de la Zona de Almacenamiento.

Ghiani (2004) presenta una metodología para determinar el largo, ancho y altura de una bodega. La metodología del autor se presenta a continuación. Sea m el número requerido de posiciones, α_x y α_y el espacio que ocupa una unidad de carga en los ejes x y y respectivamente; ω_x y ω_y el ancho de los pasillos laterales y central respectivamente; n_z el número de zonas de almacenamiento en la dirección z permitidas por la tecnología de la bodega; v es la velocidad promedio del recolector. Las variables de decisión son n_x , que hacen referencia al número de ubicaciones en el eje X y n_y que es el número de ubicaciones en el eje Y.

Para el cálculo de las dimensiones de la bodega, el autor presenta las siguientes ecuaciones. La extensión L_x de la zona de almacenamiento sobre el eje x está dada por:

$$L_x = \left(\alpha_x + \frac{1}{2} \omega_x \right) n_x \quad (2.7.5.2-3)$$

(Ghiani,2004)

Donde n_x por simplicidad se asume que es un número par. La extensión de L_y de la zona de almacenamiento sobre el eje y se calcula de la siguiente manera:

$$L_y = \alpha_y n_y + \omega_y \quad (2.7.5.2-4)$$

(Ghiani,2004)

Bajo la hipótesis que el manejo del inventario se basa en almacenar o recuperar una carga, todos los puntos de almacenamiento tienen la misma probabilidad de ser seleccionados, la distancia promedio cubierta por un recolector es: $2\left(\frac{L_x}{2} + \frac{L_y}{4}\right) = L_x + \frac{L_y}{2}$. De esta manera, el problema de estimar el tamaño de la zona de almacenamiento se puede formular como:

Minimizar

$$F.O = \left(\alpha_x + \frac{1}{2}\omega_x\right)\frac{n_x}{v} + \frac{\alpha_y n_y + w_y}{2v} \quad (2.7.5.2-5)$$

Sujeto a:

$$n_x n_y n_z \geq m \quad (2.7.5.2-6)$$

$$n_x, n_y \geq 0, \text{ entero} \quad (2.7.5.2-7)$$

(Ghiani,2004)

Donde la función objetivo representa el tiempo promedio de viaje de un recolector y está sujeta a que el número total de posiciones sea al menos igual a m.

Ghiani (2004) también explica que el modelo puede ser resuelto de manera sencilla al relajar las restricciones de integralidad de las variables n_x y n_y . El autor explica que la desigualdad (2.7.5.2-6). Puede ser expresada como:

$$n_x = \frac{m}{n_y n_z} \quad (2.7.5.2-8)$$

(Ghiani,2004)

De esta forma, el autor manifiesta que n_x puede ser removido del problema relajado de la siguiente manera:

Minimizar

$$F.O = \left(\alpha_x + \frac{1}{2}\omega_x\right) \frac{m}{n_y n_z v} + \frac{\alpha_y n_y + \omega_y}{2v} \quad (2.7.5.2-9)$$

Sujeto a:

$$n_y \geq 0 \quad (2.7.5.2-10)$$

(Ghani,2004)

Dado que la función objetivo (2.7.5.2-9) es convexa, la variable n'_y se puede encontrar a través de la siguiente relación:

$$\frac{d}{d(n_y)} \left(\left(\alpha_x + \frac{1}{2}\omega_x \right) \frac{m}{n_y n_z v} + \frac{\alpha_y n_y + \omega_y}{2v} \right) \Big|_{n_y=n'_y} = 0 \quad (2.7.5.2-11)$$

(Ghani,2004)

Por lo tanto,

$$n'_y = \sqrt{\frac{2m(\alpha_x + \frac{1}{2}\omega_x)}{\alpha_y n_z}} \quad (2.7.5.2-12)$$

(Ghani,2004)

Finalmente, al reemplazar n_y en la (2.7.5.2-8) por el valor n'_y dado en la ecuación (2.7.5.2-12), n'_x es determinada por:

$$n'_x = \sqrt{\frac{m\alpha_y}{2n_z(\alpha_x + \frac{1}{2}\omega_x)}} \quad (2.7.5.2-13)$$

(Ghiani,2004)

Por lo tanto, Ghiani (2004) declara que una solución factible para (\bar{n}_x, \bar{n}_y) es:

$$\bar{n}_x = [n'_x] \quad (2.7.5.2-14)$$

$$\bar{n}_y = [n'_y] \quad (2.7.5.2-15)$$

(Ghiani,2004)

Como una alternativa, el autor expone que una mejor solución se encuentra al establecer:

$$\bar{n}_x = [n'_x] \text{ (o } \bar{n}_y = [n'_y]) \quad (2.7.5.2-7)$$

(Ghiani,2004)

8. Metodología

Para la determinación de los pronósticos se va a utilizar la metodología propuesta por Cook (2006), la misma que consiste en Definir, Modelar, Analizar y Presentar los resultados de los pronósticos. A continuación se describe cada una de las etapas de la metodología que se va a utilizar.

Definir: Establecer objetivos de los pronósticos y su importancia. Es necesario definir el marco de análisis y los usuarios de los pronósticos de tal manera que el análisis y actualización de los datos sea continua.

Modelar: En esta etapa se eligen las herramientas de pronósticos, se construye los modelos de pronósticos tomando en cuenta todas las variables para posteriormente analizar los resultados.

Analizar: Se realiza el análisis de los datos y de los resultados de los modelos, se determinan las fuentes de incertidumbre y se comparan los resultados de los diferentes modelos para determinar la mejor política.

Presentar: Se presentan y discuten los resultados con los encargados del área de pronósticos con el fin de validar los resultados obtenidos. Se determinan los indicadores de desempeño con la finalidad de dar seguimiento al modelo y poder reaccionar a cambios en la demanda.

Para el diseño de la bodega de insumos, se va a utilizar la metodología del proceso del planeación propuesto por Tompkins (2006). En esta metodología no se realizará el paso de implementación puesto que esta fuera del alcance de este proyecto. A continuación se describe cada una de las etapas de la metodología que se va a utilizar.

Definir el problema: Se definirá el problema teniendo en cuenta el espacio y la demanda de productos así como la posible ubicación de la nueva bodega

Analizar el problema: Se medirán distancias y flujos con el fin de incluir estas necesidades en el diseño. También se tomará en cuenta la relación entre departamentos para determinar su ubicación dentro de la bodega.

Determinar requerimientos de espacio: Se determinará las dimensiones de los diferentes departamentos tomando en cuenta las dimensiones de los diferentes productos y su demanda.

Evaluar alternativas: Se evaluarán las diferentes alternativas en función de su eficiencia.

Seleccionar el diseño: Se seleccionará la alternativa que sea más eficiente, tomando en cuenta la política de manejo de inventarios.

Implementar el diseño: Esta etapa no se realizará debido a que esta fuera del alcance del proyecto.

III. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

1. Descripción del área compras de farmacia

El área de farmacia de Novaclinica S.A. es la encargada de abastecer a la clínica tanto de medicamentos como de insumos médicos. El área de farmacia es coordinada por el Jefe de Farmacia, el mismo que es responsable del procedimiento de compras de insumos y medicamentos, así como del control de los mismos de una manera eficiente. El área es responsable de abastecer al servicio de emergencia, hospitalización, quirófano, hospital del día y a clientes particulares que se acerquen a realizar compras.

Es importante resaltar que para el abastecimiento interno del hospital, no se admiten faltantes, puesto que puede significar un riesgo para la vida del cliente que es atendido en la clínica.

Dentro del área de compras de farmacia, se identifican dos actividades principales: la selección de proveedores y la compra de insumos y medicamentos.

1.1. Proceso de Selección de Proveedores

La selección de proveedores inicia con la recepción de las carpetas de los proveedores, las mismas que son analizadas tomando en cuenta la calidad de sus productos y los precios ofertados por los clientes.

La calificación de la calidad de los productos, se realiza mediante un análisis de las certificaciones tanto de las empresas como de los productos que ofertan; de la misma manera se revisa si los productos cumplen con las normativas de ley o normativas internacionales, si aplica.

Por otro lado, para ser proveedores de la clínica, se verifica que los precios de los productos sean competitivos dentro del mercado con el fin de no pagar un sobreprecio. Hay que tener en cuenta que el costo de transporte hacia la entrega es cubierto por los proveedores.

1.2. Proceso de Compra de Insumos y Medicamentos

Al momento de necesitar un cierto medicamento o insumo, puesto que, previamente, se calificó la calidad de los productos de los proveedores, la empresa analiza a sus proveedores en base a dos parámetros: el costo y el servicio. Referente al servicio, la empresa analiza el tiempo en el proveedor se demora en entregar el pedido, es decir, su tiempo de reacción.

Para la realización del pedido, el área de farmacia maneja 2 políticas de compra, una para pedidos emergentes, y una para pedidos regulares.

Con respecto a los pedidos emergentes, se aplica el parámetro de servicio, es decir, se realiza el pedido al proveedor que tenga la capacidad de entregar el pedido en el menor tiempo posible.

En relación a los pedidos regulares, se aplican los dos parámetros de calificación, en otras palabras, se realiza el pedido al proveedor que presente el menor costo y que pueda cumplir con un tiempo de entrega determinado por el área de compras de farmacia.

2. Descripción del manejo actual de niveles de inventario

Debido al poco espacio físico de la bodega de farmacia, el área de farmacia maneja un modelo de inventarios de mínimos y máximos. Con base a la

demanda de medicamentos e insumos, se estiman mínimos y máximos de inventario para cada producto.

En este modelo, si el inventario llega al punto mínimo establecido, se realiza un pedido para reponer el inventario hasta el punto máximo establecido. Hay que tener en cuenta que el inventario mínimo tiene que abastecer a la clínica hasta que llegue el pedido sin registrar faltantes. Es prioridad de área de farmacia dar preferencia al abastecimiento del hospital sobre clientes particulares.

3. Planificación de Pedidos

El proceso de planeación de los pedidos se basa en 2 políticas, una para productos de baja rotación, y otra para productos de alta rotación.

En el caso de los productos de alta rotación, se analiza la demanda del mes anterior, se divide la demanda por semanas teniendo en cuenta un rango para que la farmacia no quede desabastecida, y se realizan pedidos semanales con el fin de minimizar el uso de espacio en bodega.

En referencia a los productos de baja rotación, se mantiene un nivel mínimo de estos productos en bodega con el fin de no tener inventario en exceso, en el momento que un producto es requerido, se entrega y se realiza un pedido para reponer el utilizado, estos pedidos son entregados por los proveedores en menos 48 horas con el fin de no quedar desabastecidos.

IV.LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Presentación de datos

En el Anexo 1, se presentan los datos de la demanda de los insumos médicos que se almacenan en la bodega de la farmacia. Por otro lado, en el Anexo 2 se presentan los datos de los medicamentos, para luego realizar los análisis respectivos.

Debido a la gran cantidad de productos que se manejan dentro de la bodega de la farmacia, solo se presentan los primeros datos de cada grupo, sin embargo para los diferentes análisis como el Análisis de Pareto o la agregación de la demanda, se consideran todos los datos que fueron provistos por Novaclinica.

2. Categorización de productos

Como se revisó en la sección 2.1. El Método de Pareto permite categorizar a los diferentes productos en base a un valor relativo similar, y de esta manera, definir una política adecuada para cada categoría en función de las necesidades inherentes de cada grupo.

El objetivo de este estudio, es determinar una política de manejo de inventario adecuada, tanto para insumos médicos como para medicamentos dentro de la farmacia de Novaclinica S.A, con el fin de mejorar la organización, brindar un mejor servicio a los clientes, reducir los costos de manejo de inventario y mejorar la rentabilidad del área en cuestión.

Actualmente, la farmacia de la empresa maneja 716 productos relacionados a los insumos médicos y 625 productos correspondientes a

medicamentos, esto significa que la farmacia maneja un total de 1341 productos en sus instalaciones. Hay que considerar que el desarrollar una política de inventarios para cada uno de estos productos, representa un esfuerzo innecesario, dado que existen productos que no son representativos en términos de flujo o rentabilidad; además, el tiempo necesario para el desarrollo de estas políticas sería excesivamente extenso, por lo que para propósitos prácticos se considera inadmisibile.

Dentro del análisis, se dividen los productos en dos grandes grupos. El primer grupo es compuesto por los insumos médicos y el segundo grupo lo conforman los medicamentos. Para la categorización de los productos en los diferentes grupos, se considera al flujo de ventas como un factor crítico sobre la rentabilidad de los productos. Lo anterior se justifica al analizar los diferentes escenarios de los productos, donde se encontraron productos de alta rentabilidad pero de poca rotación, en estos casos, un análisis técnico es poco influyente puesto que el comportamiento de estos es impredecible y el sesgo en los pronósticos es muy grande. Por otro lado, los productos de alta rotación, presentan una demanda continua donde se pueden apreciar tendencias y estacionalidades, las mismas que pueden ser analizadas y modeladas con errores relativamente bajos. En conclusión, el volumen de ventas permite obtener información concluyente respecto al manejo del inventario, mientras que la rentabilidad no brinda la información necesaria para tomar una decisión adecuada. En el caso de la farmacia de Novaclinica S.A. existen productos de precios muy altos que registran poca rotación, incluso existen meses donde no registran ventas y que por su precio pueden superar en rentabilidad a los

productos de más alta rotación; estos productos con altos precios y demanda esporádica, no requieren un análisis profundo puesto que su demanda es predecible. A pesar de esto, estos productos deben tener una política clara, ya que en caso de registrar un faltante, se puede afectar la vida de los clientes. Por otro lado, existen productos de alta rotación y baja rentabilidad, pero que por cuestiones de espacio en la bodega es necesario que sean consideradas en el estudio.

Con el fin de categorizar los diferentes productos, se realizó un Análisis de Pareto para cada uno de los grupos de datos, el mismo que se presenta en el ANEXO 2. En el análisis, se comparan las demandas de los diferentes productos en el período de un año. Se considera como unidad de venta la mínima cantidad del producto que puede ser vendido, sea para los diferentes casos unidades, cajas o frascos. En el Análisis de Pareto, los productos son ordenados en función del volumen de ventas, y se detalla las siguientes características para cada producto:

- Demanda
- Precio
- Rentabilidad
- Porcentaje de representación individual en función del volumen de las ventas.
- Porcentaje de representación acumulado en función del volumen de las ventas.

El porcentaje de representación individual refleja la correspondencia de la demanda anual de un producto respecto al total de las ventas anuales de la

farmacia. Por otro lado, el porcentaje acumulado de la demanda, permite identificar que productos representan el 80% de las ventas anuales totales de la farmacia.

Dentro del grupo de insumos médicos, se consideraron 716 productos. En el ANEXO 3, se puede apreciar que 46 productos representan el 80,27 % de todas las ventas, de estos 46 productos, 23 tienen un porcentaje de representación individual menor al 1%, 9 presentan un porcentaje de representación entre 1% y 2%, 4 tienen un porcentaje de representación individual entre 2% y 3%, 6 tienen un porcentaje de representación individual entre 3% y 4% y 3 productos tienen un porcentaje de representación individual mayor al 4%. Para el análisis de la demanda, solo se consideran los tres productos que tienen una representación individual mayor al 4% y que representan 20,75% de las ventas totales de insumos. Los productos considerados en el análisis de la demanda son: Jeringuilla de 5cc, Jeringuilla de 10cc y Prudential Pañal Protector de Cama. Se concluye en el Análisis de Pareto que los 3 productos con mayor volumen de ventas, representan un 20,75% de las ventas totales de este grupo, es decir que constituyen alrededor de un quinto del volumen de ventas anual dentro de su categoría.

En el análisis del grupo de medicamentos, se consideran 625 productos. En el ANEXO 4, se puede apreciar que 107 productos representan el 80,13% de las ventas totales de medicamentos, de estos 107 productos, 90 productos tiene un porcentaje de representación individual menor al 1%, 9 productos tienen un porcentaje de representación entre 1% y 2%, 3 productos tienen un porcentaje de representación entre 2% y 3% y 4 productos tienen un porcentaje de

representación mayor al 3%. Dentro del análisis de la demanda, solo se toman en cuenta los 4 productos con mayor volumen de ventas, los mismos que representan el 17,82% de las ventas totales anuales. Los productos considerados en el análisis de la demanda son: Suprane 240 ml-Baxter, Sevorane 250 ml-Baxter, Germidal 1lt-Savlon y Analgan 1 gr. En el Análisis de Pareto se concluye que los 4 productos con mayor volumen de ventas, los mismos que constituyen el 17,82% de las ventas totales.

En conclusión, se va a realizar el análisis individual para los principales productos de la categoría de insumos médicos como de medicamentos, hay que considerar que estos productos representan el 20,75% y el 17,82% de las ventas totales de cada categoría respectivamente. Con el fin de representar el 80% de la demanda de la farmacia, además de realizar el análisis individual a los productos antes mencionados, se realizó el análisis de la demanda agregada de los productos que son considerados dentro del Pareto como principales, pero que por practicidad no se puede realizar el análisis individual ya que esto requiere de tiempo y el esfuerzo requerido no justifica su análisis individual.

V. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

3. Análisis de la demanda

En base a los resultados del capítulo IV, en el análisis de la demanda se analizarán las demandas de 7 productos de la farmacia de Novaclinica S.A. 3 de los productos pertenecen al grupo de insumos médicos y 4 productos pertenecen al grupo de medicamentos. Los productos analizados son:

- Insumos médicos: Jeringuilla de 5cc, Jeringuilla de 10cc y Pañal Protector de Cama.
- Medicamentos: Suprane 240 ml, Sevorane 250 ml, Germidal 1lt y Analgan 1 gr.

En el presente estudio, se analiza la demanda de los 13 meses anteriores a la realización de este documento. Este periodo fue analizado y sugerido por el Jefe de Farmacia, puesto que en su experiencia es importante considerar un periodo de un año para poder determinar si existe ciclos o tendencia en la demanda, además de incluir un mes más, con el fin de poder comparar el mismo mes del año y concluir acerca de la variación en el mismo mes.

Los pasos para el análisis de la demanda de cada uno de los productos se detalla a continuación:

- Consolidar los datos de volumen de venta durante los últimos 13 meses.
- Un mes corresponde a un periodo.
- Se realiza un gráfico del volumen de venta versus el tiempo. Al gráfico se le añade la línea de tendencia y la ecuación del gráfico.

- Se concluye considerando la tendencia de los datos y si existe estacionalidad en los mismos.

El gráfico del volumen de ventas versus el tiempo, permite identificar de manera visual la existencia de ciclos o estacionalidades en la demanda. Por otro lado, el incluir la línea de tendencia de los datos facilita la identificación de la predisposición de los mismos.

3.1. Análisis de la Demanda de Insumos Médicos

A continuación se presenta el análisis de la demanda de los 3 productos del grupo de insumos médicos resultantes del Análisis de Pareto. En el ANEXO 5 se encuentran las tablas de datos empleadas para graficar la demanda de los productos.

3.1.1. JERINGUILLA 5CC

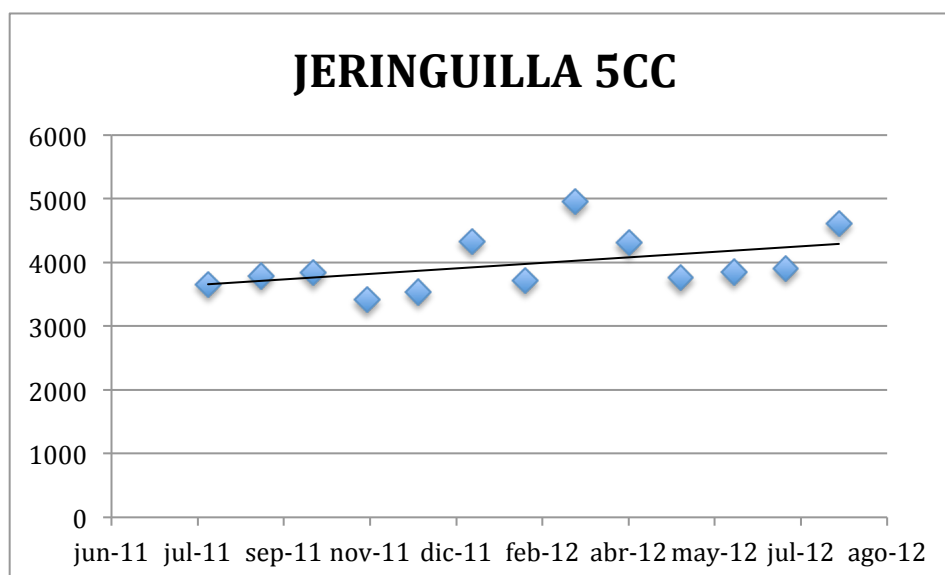


Figura 3: Representación del volumen de venta de la jeringuilla de 5cc. (Elaborado por autor)

En la gráfica de la demanda de la Jeringuilla de 5cc, se puede observar que existe una tendencia creciente. La línea de tendencia nos ayuda a comprender e identificar la tendencia creciente de los datos de una manera más sencilla.

Se puede apreciar que la demanda entre el mes 1, correspondiente al mes de agosto del 2011 y el mes 13, correspondiente al mes de agosto del 2012, existe una diferencia aproximada de 1000 unidades, este incremento corresponde a un 26% de las ventas en un año.

Debido a que no se evidencia una estacionalidad marcada en los datos, y considerando que el periodo de información es tan solo de un año, se propone la utilización de un modelo de pronóstico que incluya la tendencia observada en los datos de este producto.

3.1.2. JERINGUILLA 10CC

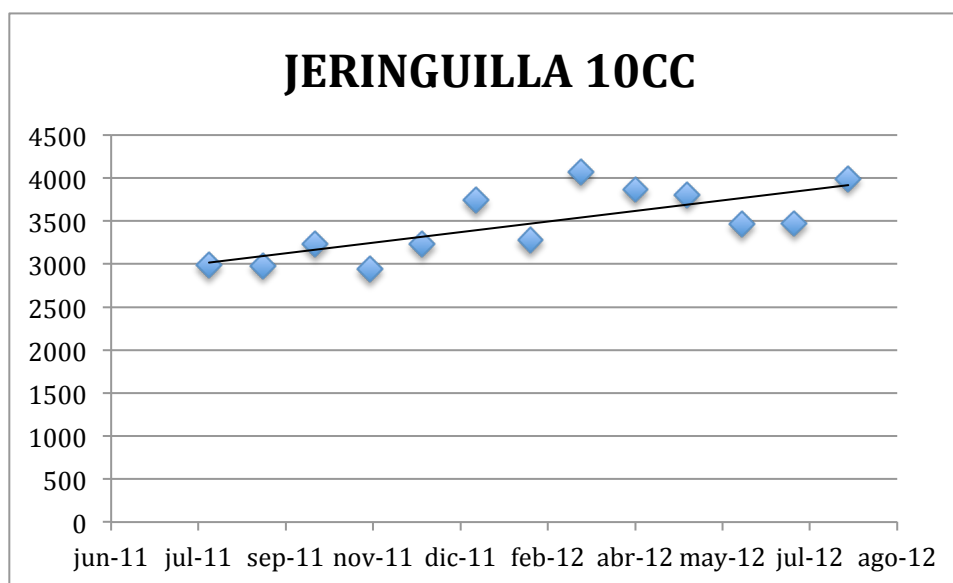


Figura 4: Representación del volumen de venta de la jeringuilla de 10cc. (Elaborado por autor)

En la gráfica correspondiente a la demanda de la Jeringuilla de 10cc, se puede observar que existe una tendencia creciente en el comportamiento de la demanda para este insumo. La línea de tendencia, indica una preferencia marcada en el crecimiento de la demanda.

Se puede observar que la diferencia entre el mes 1 y el mes 13, correspondiente al mes de agosto del año 2011 y 2012 respectivamente, es de aproximadamente 1000 unidades. Esta diferencia en la demanda corresponde a un incremento de la demanda de este producto de cerca del 34% en un año.

Tomando en cuenta que no se evidencia una estacionalidad en los datos y que se tiene información de solo 13 meses, se plantea la utilización de un modelo de pronósticos que incluya la tendencia creciente de la demanda para la jeringuilla de 10cc.

3.1.3. PAÑAL PROTECTOR DE CAMA

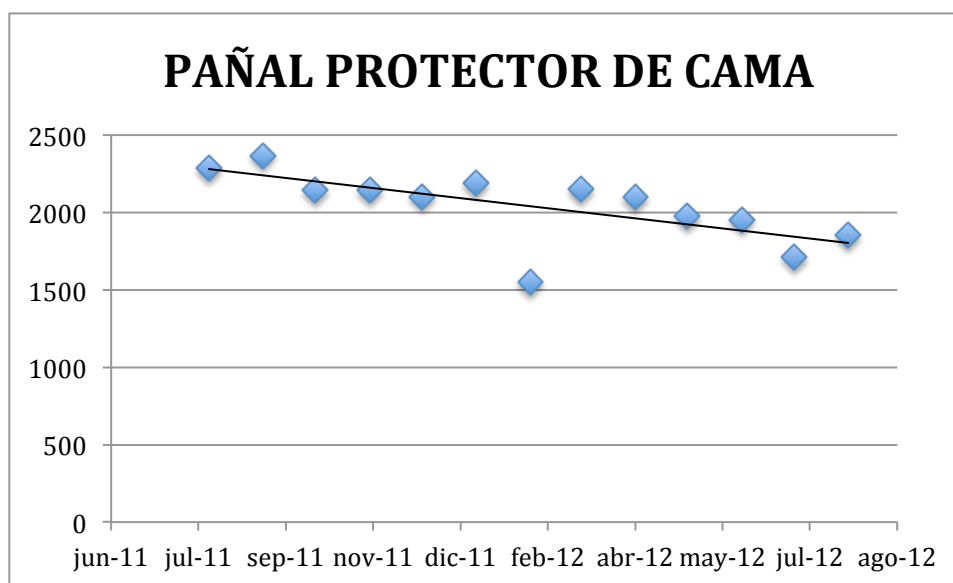


Figura 5: Representación del volumen de venta del Pañal Protector de Cama (Elaborado por Autor)

En el gráfico se puede apreciar que para el pañal protector de cama, existe una tendencia decreciente en los datos. La línea de tendencia nos muestra una marcada tendencia a la disminución de la demanda de este insumo. Además, se puede observar que los datos decrecen de una manera, hasta cierto punto, uniforme. El gráfico muestra poca variación entre meses lo que indica un decremento continuo de la demanda.

Se puede observar que entre el mes 1 y el mes 13, correspondientes al mes de agosto del 2011 y 2012, respectivamente, existe una disminución en la demanda de más de 400 unidades. Esta disminución en la demanda corresponde aproximadamente a un 19% de ventas menor en un año.

Como se puede apreciar en la gráfica, la disminución de la demanda es constante, por lo que no existe una estacionalidad en los datos pero si una tendencia. Tomando en cuenta estos factores, se entiende que se debe utilizar un modelo de pronósticos que contemple la tendencia decreciente de los datos para el pañal protector de cama.

3.1.4. Demanda Agregada de Paquete Tipo I

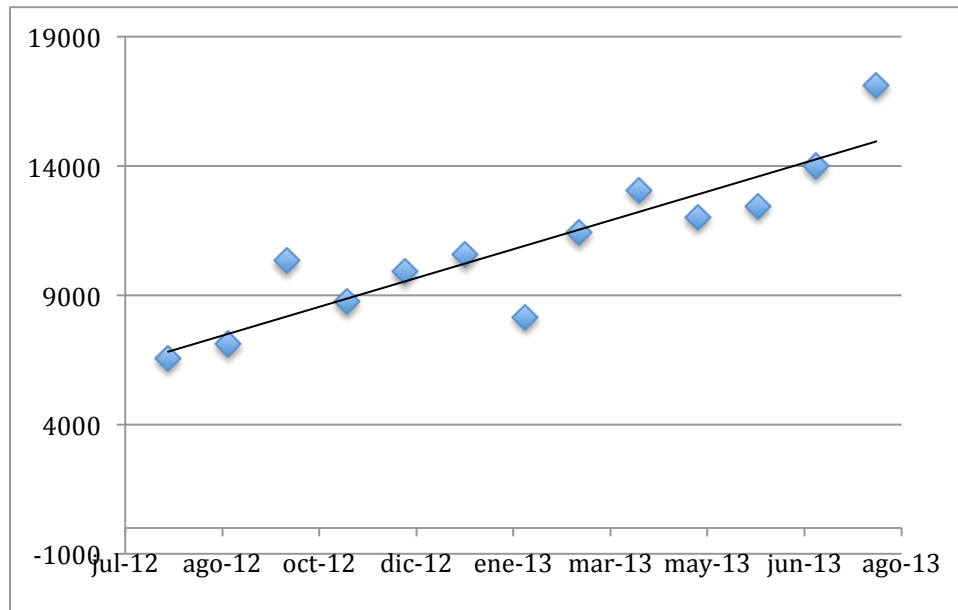


Figura 6: Representación del volumen de venta del Paquete Tipo I (Elaborado por Autor)

Se Puede apreciar en la gráfica que los datos presentan una clara tendencia ascendente, sin embargo, no muestran una estacionalidad. La grafica muestra una tendencia creciente continua.

Por otro lado, se determina que la demanda al mismo mes del siguiente periodo incrementa, aproximadamente, de 6000 unidades a 17000 unidades, esto quiere decir que la demanda se triplica en este periodo de tiempo.

Debido que los datos presentan un comportamiento creciente sin muestras de estacionalidad, se propone la utilización de métodos que consideren tendencia al realizar el pronóstico, como el método de Regresión Lineal y el Método Holt.

3.1.5. Demanda Agregada de Paquete tipo II

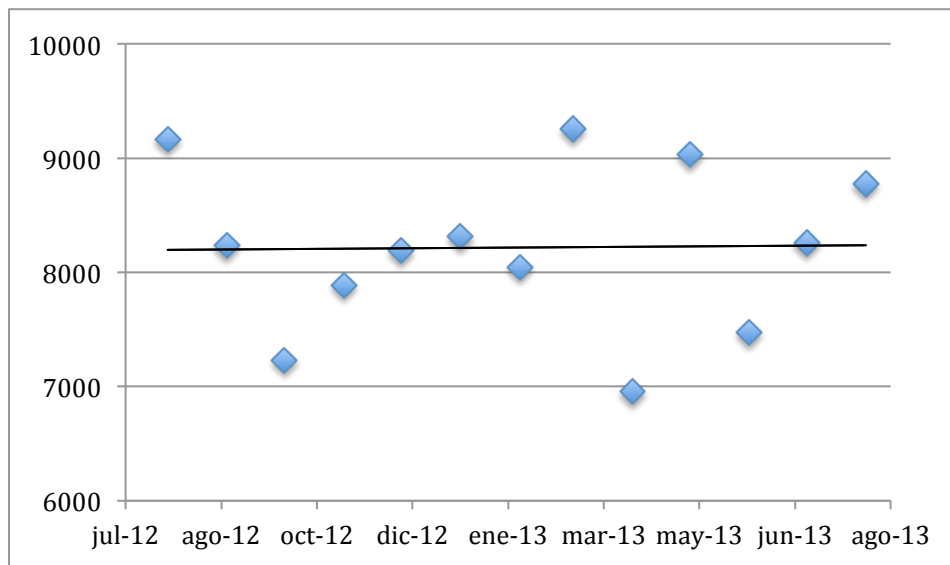


Figura 7: Representación del volumen de venta del Paquete Tipo II (Elaborado por Autor)

El gráfico muestra una demanda, aparentemente, estacionaria, sin embargo, hay que considerar que existen varios puntos atípicos dentro de la demanda. Si bien la demanda entre los mismos meses de diferentes periodos no parece tener una gran variación, hay que considerar que dentro de cada periodo las demandas varían de 7000 unidades a más de 9000 unidades, esto representa una variación de 2000 unidades entre meses.

Aunque la demanda parece ser estacionaria, se propone la utilización de métodos tanto estacionarios como el promedio móvil así como métodos con tendencia como la regresión lineal y el método Holt, con el fin de analizar los datos de manera analítica y llegar a un modelo que represente la demanda de manera más precisa.

3.1.6. Demanda Agregada de Paquete tipo III

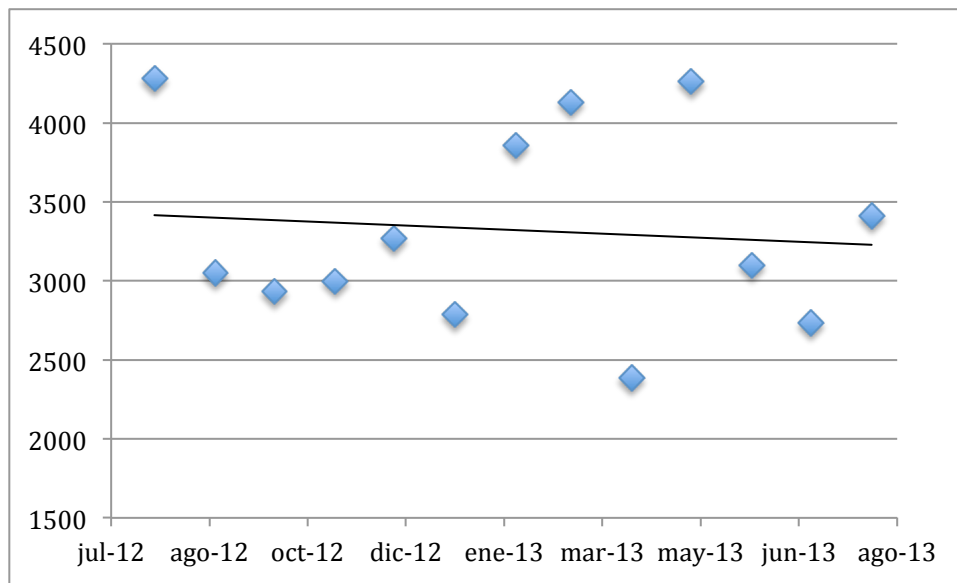


Figura 8: Representación del volumen de venta del Paquete Tipo III (Elaborado por Autor)

Se puede apreciar en el gráfico que la demanda tiene un comportamiento decreciente en el tiempo, la línea de tendencia muestra una inclinación descendente de la demanda por lo que se puede decir que la demanda tiene tendencia.

Si bien la tendencia de la demanda no es muy pronunciada, se propone la utilización de métodos de pronósticos que representen la caída de la demanda con el fin de obtener un pronóstico más preciso. Los métodos para realizar los pronósticos que se van a utilizar para modelar la demanda de este grupo son el método de regresión lineal y el método Holt, ambos toman en cuenta la tendencia de la demanda.

3.1.7. Demanda Agregada de líquidos

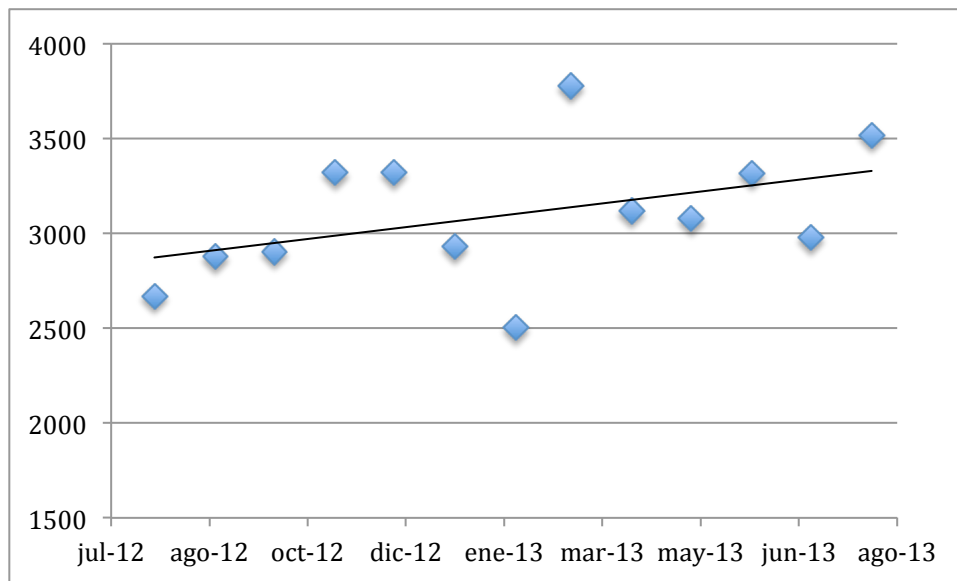


Figura 9: Representación del volumen de venta de los Líquidos (Elaborado por Autor)

El gráfico de la demanda de los líquidos, presenta una tendencia creciente durante el tiempo. Se puede apreciar, claramente, que la tendencia es constante y a crecer en el tiempo.

Se propone la utilización del método de regresión lineal y el método Holt, los mismos que consideran la tendencia de los datos con el fin de proporcionar un pronóstico preciso de los periodos futuros.

3.2. Análisis de la Demanda de Medicamentos

A continuación se presenta el análisis de la demanda de los 4 productos del grupo de medicamentos resultantes del Análisis de Pareto. En el ANEXO 6 se encuentran las tablas de datos empleadas para graficar la demanda de los productos.

3.2.1. SUPRANE 240 ML

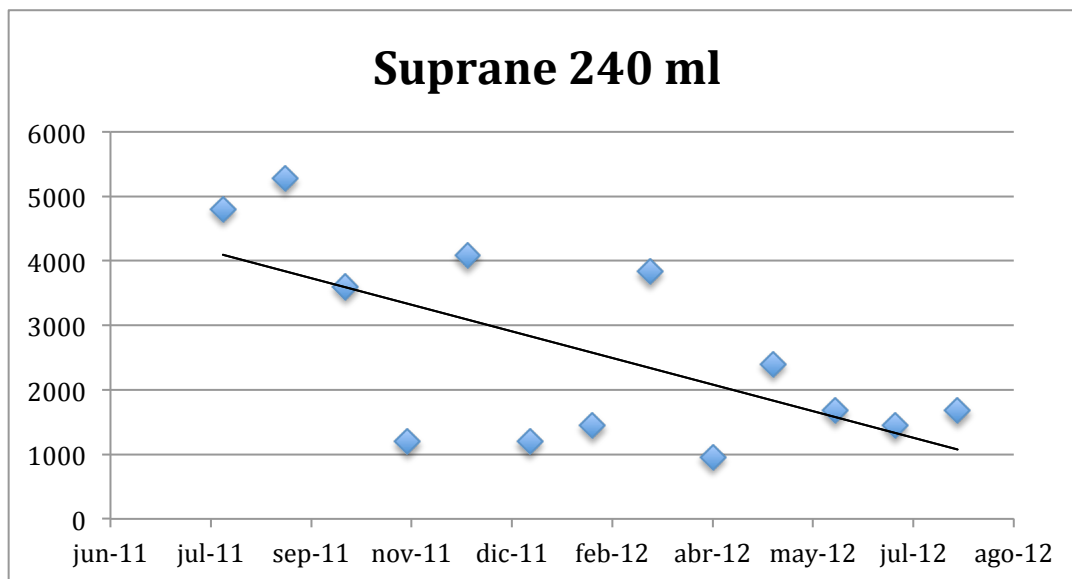


Figura 10: Representación del volumen de venta de Suprane de 240 ml. (Elaborado por Autor)

En el gráfico, se puede apreciar que el medicamento Suprane en la presentación de 240 ml, tiene una tendencia decreciente en su demanda. La línea de tendencia en el gráfico nos muestra una disminución marcada en el comportamiento de la demanda para este producto. Además se puede apreciar que ésta tiene cambios bruscos en las ventas entre los diferentes periodos.

Al comparar el mes 1, correspondiente al mes de agosto del año 2011 y el mes 13, correspondiente al mes de agosto del 2012, se puede observar que existe una disminución de cerca de 3000 unidades en la demanda. Esta baja corresponde a una disminución en la demanda, aproximadamente, de un año del 65% de las ventas. Este valor es, extremadamente, grande por lo que se sugiere tener una atención especial a este medicamento luego de realizar el pronóstico.

Al inicio, el comportamiento de la demanda puede parecer aleatorio, sin embargo, al profundizar en el análisis de los datos, se puede apreciar que los

datos presentan una tendencia y una estacionalidad con ciclos pequeños, por este motivo se propone la utilización de un modelo de pronóstico que represente la tendencia y la estacionalidad de los datos. Sin embargo se analizarán los pronósticos con modelos estacionarios, con tendencia y estacionales, con el fin de profundizar en el análisis de los datos y utilizar el modelo que presente el menor error.

3.2.2. SEVORANE 250 ML

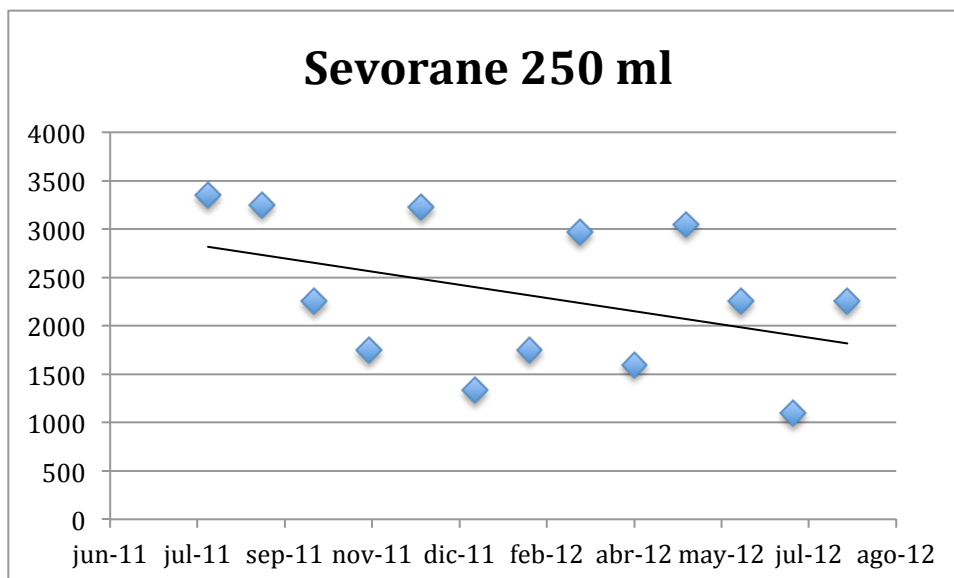


Figura 11: Representación del volumen de ventas de Sevorane Fco de 250 ml. (Elaborado por autor)

La gráfica del medicamento Sevorane, muestra una disminución en las ventas de este producto. La línea de tendencia del gráfico nos indican una tendencia decreciente en la demanda. Además se puede apreciar que existen cambios bruscos en la demanda entre los diferentes periodos.

Se observa que en el periodo de un año, existe una disminución en la demanda de aproximadamente 1000 unidades, equivalentes a una disminución de las ventas del 32%. Se puede observar que existen picos marcados en la

demanda, por lo que se propone un inventario mínimo de seguridad con el fin de no quedar desabastecidos.

Los datos presentan una estacionalidad con ciclos pequeños, lo que supone realizar los pronósticos con un modelo estacional. Sin embargo, con el fin de profundizar más en el análisis de los datos, se compararán los modelos estacionarios, con tendencia y estacionales para los datos de la demanda. Esto permitirá encontrar un modelo que minimice el error del pronóstico, es decir, un modelo que se ajuste de mejor manera a los datos.

3.2.3. GERMIDAL 1 LT

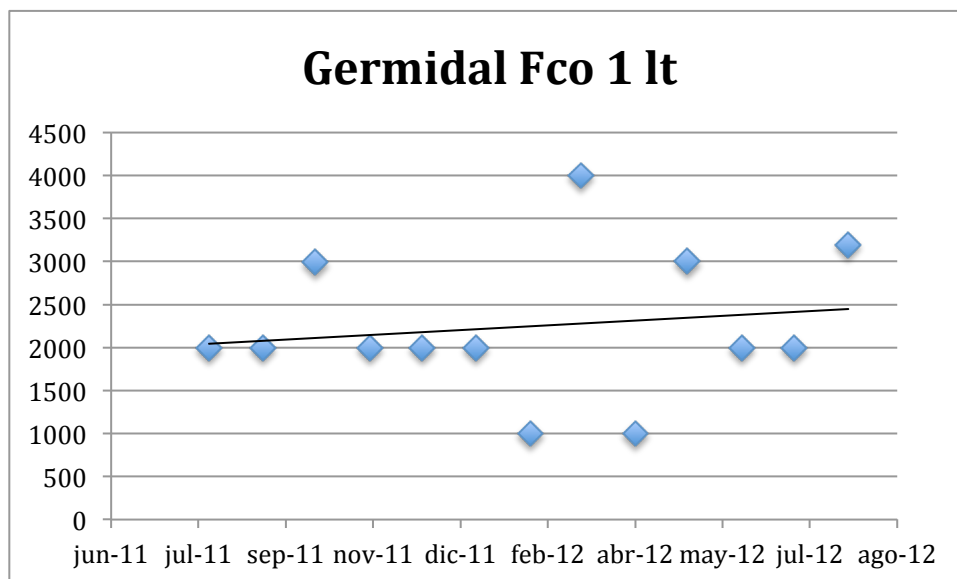


Figura 12: Representación del volumen de venta de Germidal Fco. de 1 litro (Elaborado por autor)

En el gráfico se puede apreciar una tendencia creciente de los datos, con picos y valles muy pronunciados, los mismos alcanzan variaciones de hasta 3000 unidades entre los meses siguientes, lo que supone una demanda, extremadamente, variable ya que de un mes a otro, la demanda puede cuadruplicar o disminuir en un cuarto de la demanda del mes pasado.

La línea de tendencia de la gráfica, muestra una predisposición creciente en la demanda del Germidal. Al comparar la demanda del periodo 1 con el periodo 13, correspondientes al mismo mes pero del año siguiente, se puede observar que la demanda crece en 1200 unidades; esta variación corresponde a un aumento en la demanda del 60%.

Al observar la existencia de picos grandes en la demanda, se indagó sobre la variación de los datos, sin embargo, no se encontró ningún factor que sugiera la existencia de una variación asignable dentro de los periodos.

Se puede apreciar que la demanda presenta estacionalidad entre los periodos, lo que supone la utilización de un modelo estacional. Sin embargo, con el fin de realizar un análisis más profundo de los datos, se analizarán modelos estacionarios, con tendencia y estaciones con el fin de encontrar el modelo que represente, de mejor manera, el comportamiento de la demanda.

3.2.4. ANALGAN 1 GR

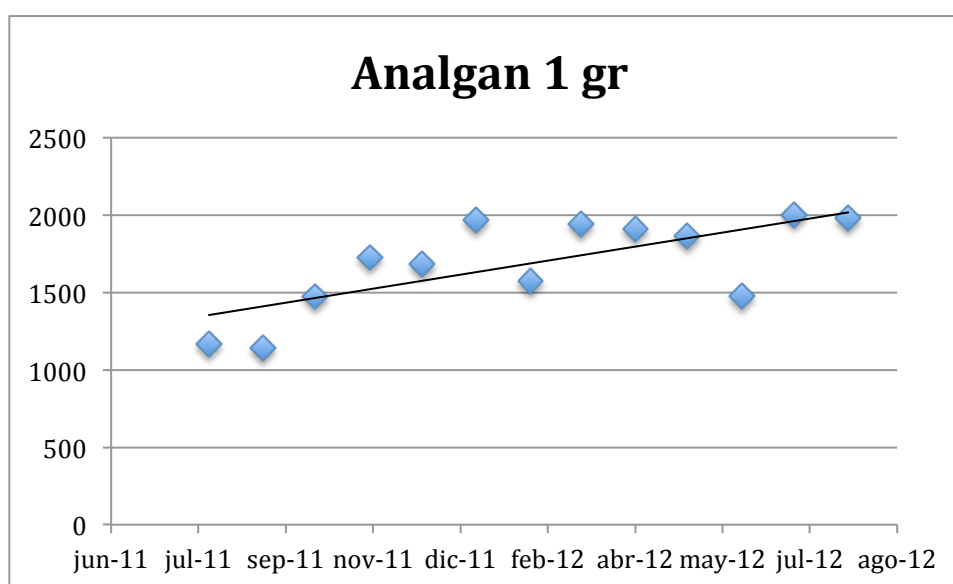


Figura 13: Representación del volumen de venta de Analgan de 1gr. (Elaborado por autor)

En el gráfico se muestra que la demanda del Analgan de 1 gr. Se comporta de una manera creciente. La línea de tendencia nos muestra una clara tendencia positiva en las ventas del medicamento.

Al comparar la demanda del periodo 1 y el periodo 13, correspondientes al mismo mes pero del año siguiente, se puede apreciar que la demanda de Analgan aumenta en aproximadamente 800 unidades, correspondiente a un 70% de incremento de las ventas. Hay que considerar que, a partir del periodo 4, se puede observar un corrimiento de la media por lo que se propone considerar este corrimiento al momento de la realización del pronóstico.

A continuación se presenta el gráfico luego de la eliminación de los datos debido al corrimiento de la demanda.

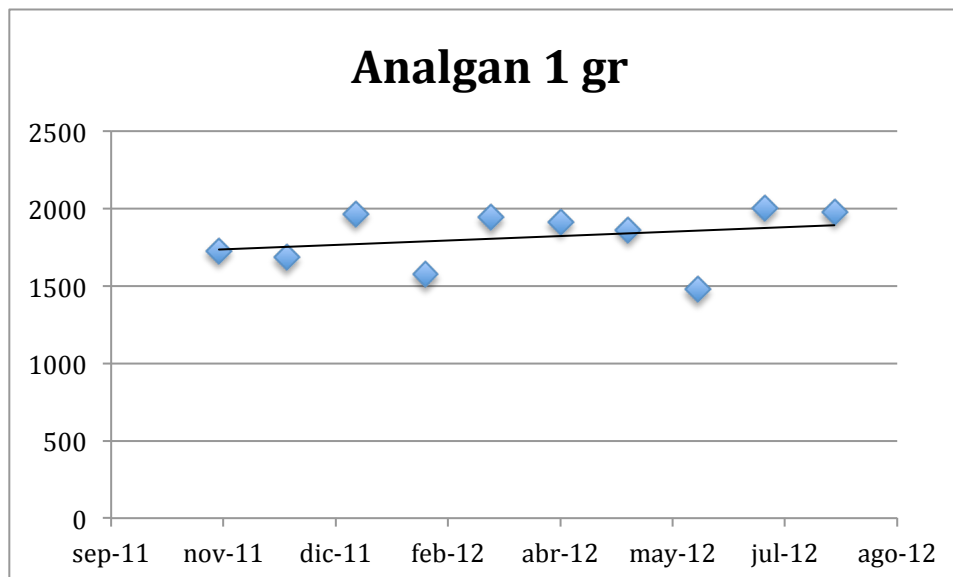


Figura 14: Representación del volumen de venta del Analgan 1 gr. Luego de considerar el corrimiento de la demanda (Elaborado por Autor)

Se puede observar que los datos continúan teniendo una tendencia creciente, sin embargo se puede apreciar que la pendiente de la línea de

tendencia es menor, además se puede distinguir que los datos se ajustan mejor a la nueva línea de tendencia.

Al no observar una estacionalidad en los datos, se propone la utilización de un método de pronósticos que considere la tendencia de los datos con el fin de tener un mejor ajuste del pronóstico.

3.2.5. Demanda Agregada de Ampollas

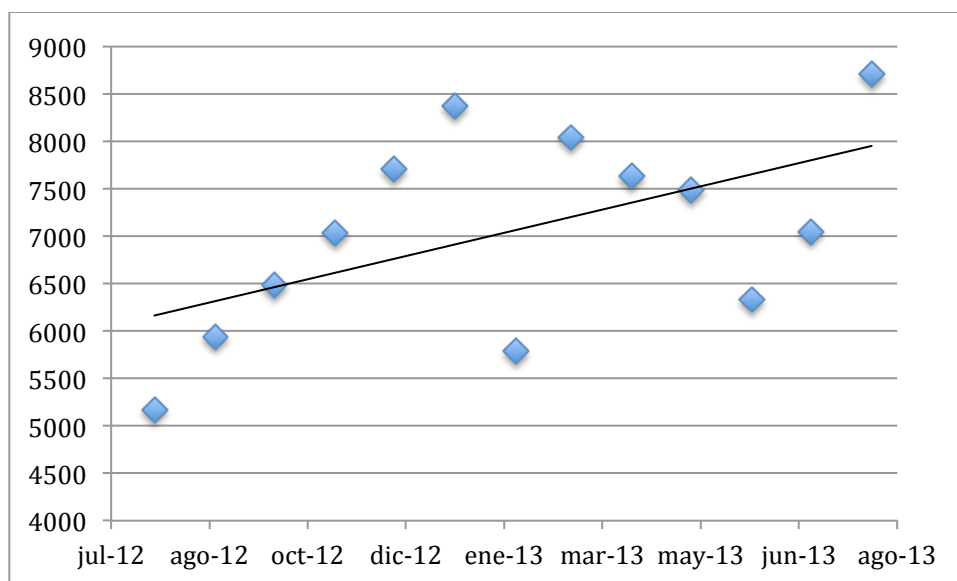


Figura 15: Representación del volumen de venta de las Ampollas (Elaborado por Autor)

Se puede apreciar que la demanda del grupo de ampollas tiene una tendencia creciente, la línea de tendencia muestra una pendiente de aproximadamente 30 grados, lo que significa una clara tendencia creciente en la demanda.

Con el fin de obtener un pronóstico confiable del comportamiento futuro de la demanda, se utilizarán métodos de pronósticos que modelen el comportamiento creciente de la demanda. Los métodos a utilizar son: el método de regresión lineal y el método Holt.

3.2.6. Demanda Agregada de Frascos

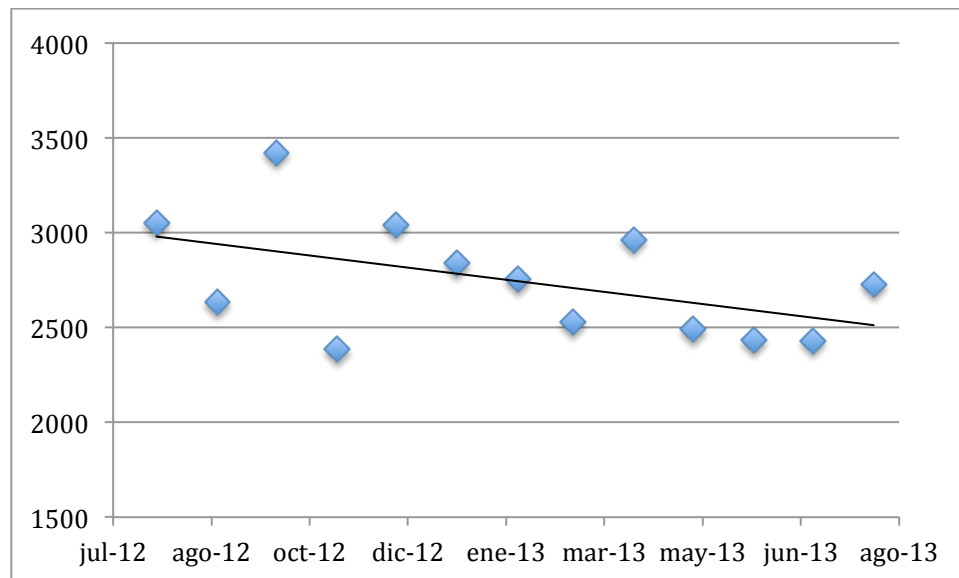


Figura 16: Representación del volumen de venta de los Frascos (Elaborado por Autor)

El gráfico muestra una clara tendencia decreciente de la demanda, la línea de tendencia muestra como la demanda va decreciendo en el tiempo. Tomando en cuenta el mismo mes dentro de cada periodo, se puede apreciar que la demanda disminuye de 3000 a 2700 unidades.

Con el fin de representar la demanda de la mejor manera, se propone utilizar métodos que consideren la tendencia para la realización de los pronósticos. Los métodos a utilizar son el método Holt y el método de regresión lineal.

3.2.7. Demanda Agregada de Mallas

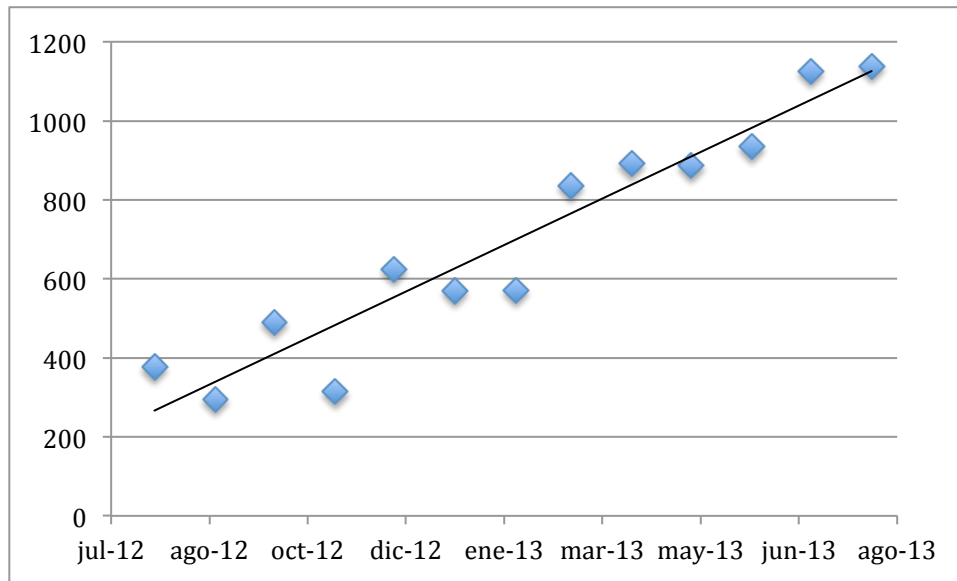


Figura 17: Representación del volumen de venta de las Mallas (Elaborado por Autor)

El gráfico de la demanda del grupo de las mallas, muestra una clara tendencia creciente. Se puede apreciar que el crecimiento de este grupo de productos es continuo con una clara tendencia a crecer.

Hay que resaltar que al comparar el mismo mes de periodos consecutivos, se puede apreciar que la demanda crece de 400 a 1100 unidades, esto quiere decir, que dentro de un año se logró un aumento de casi el 200% en las ventas de estos productos. Este crecimiento es muy considerable al momento de la planificación de los nuevos pedidos.

Debido al comportamiento de continuo crecimiento de la demanda, se propone la utilización de métodos con tendencia para pronosticar la demanda de los meses futuros. Se tiene que aclarar que la demanda no presenta estacionalidad por lo que no es recomendable utilizar métodos que consideren la estacionalidad de los datos. Los métodos a utilizar son el de regresión lineal y el método Holt.

3.2.8. Demanda Agregada de Pastillas

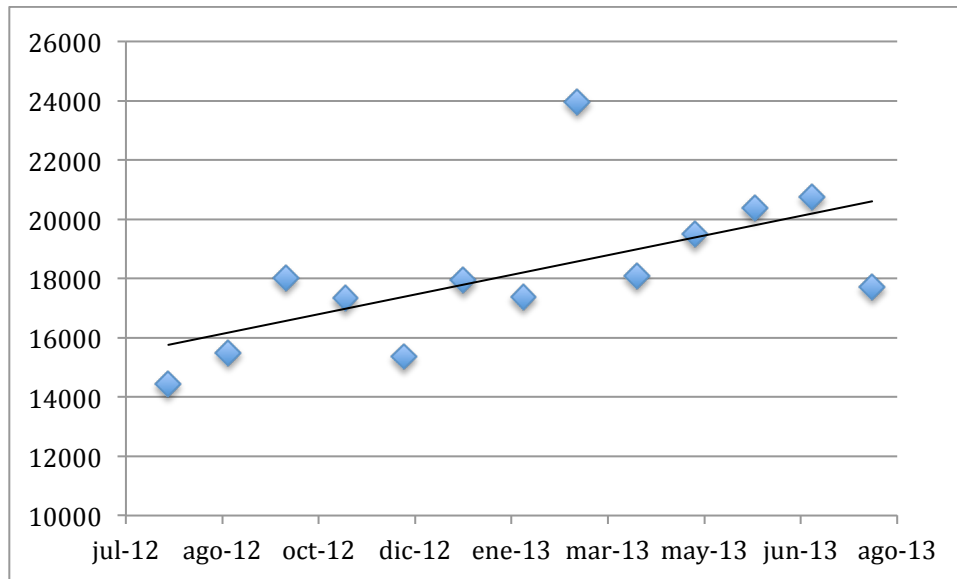


Figura 18: Representación del volumen de venta de las Pastillas (Elaborado por Autor)

Se puede apreciar en el gráfico de la demanda agregada de pastillas, que los datos presentan un crecimiento respecto al tiempo. La línea de tendencia muestra un claro crecimiento de los datos.

Debido a la tendencia creciente de los datos, se utilizará métodos de pronósticos que modelen este incremento. Dado que la demanda no presenta estacionalidad, los métodos a utilizar para modelar la demanda de los datos son el método de regresión lineal y el método Holt.

4. Evaluación de métodos propuestos

Como se analizó en las secciones 4.3.1. y 4.3.2. las demandas de los insumos médicos como de los medicamentos tienen una tendencia, y en algunos casos presentan estacionalidad. Cada caso es considerado de manera individual y por esta razón, se realizan los métodos de pronósticos que se requieran para cada caso.

A continuación se presentan las tablas con los resultados de los pronósticos para cada método y el análisis de su nivel de ajuste.

4.1. JERINGUILLA 5CC

Mes	JERINGUILLA 5CC	Regresión Simple
ago-11	3663	3659,17
sep-11	3790	3711,94
oct-11	3835	3764,71
nov-11	3416	3817,48
dic-11	3534	3870,25
ene-12	4327	3923,01
feb-12	3716	3975,78
mar-12	4951	4028,55
abr-12	4315	4081,32
may-12	3760	4134,09
jun-12	3851	4186,86
jul-12	3912	4239,63
ago-12	4615	4292,40

Tabla 1: Método de Regresión lineal para la Jeringuilla de 5cc (Elaborado por autor)

Mes	Jeringuilla 5cc	Holt
40756	3663	3663,00
40787	3790	3712,53
40817	3835	3771,72
40848	3416	3655,44
40878	3534	3598,52
40909	4327	3862,13
40940	3716	3850,21
40969	4951	4311,44
41000	4315	4443,82
41030	3760	4308,44
41061	3851	4199,80
41091	3912	4116,16
41122	4615	4313,40

Tabla 2: Método Holt para la Jeringuilla de 5cc (Elaborado por autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	145050,66	98949,24
MAD	313,08	247,32
MAPE	7,67	6,01

Tabla 3: Comparación de Errores para la Jeringuilla de 5cc (Elaborado por autor)

Se puede observar en la Tabla 3, que para todos los tipos de errores (MSE, MAD, MAPE), El Método Holt presenta un menor error. En conclusión, el Método Holt se ajusta mejor a la demanda de la Jeringuilla de 5cc, por tanto, este método es el indicado para el pronóstico de la demanda.

4.2. JERINGUILLA 10CC

Mes	JERINGUILLA 10CC	Regresión Simple
ago-11	2985	3017,71
sep-11	2982	3092,71
oct-11	3231	3167,72
nov-11	2946	3242,72
dic-11	3232	3317,73
ene-12	3743	3392,73
feb-12	3280	3467,74
mar-12	4071	3542,74
abr-12	3865	3617,75
may-12	3809	3692,75
jun-12	3468	3767,76
jul-12	3474	3842,76
ago-12	3995	3917,77

Tabla 4: Método de Regresión lineal para la Jeringuilla de 10cc (Elaborado por autor)

Mes	Jeringuilla 10cc	Holt
40756	2985	2985,00
40787	2982	2983,83
40817	3231	3079,96
40848	2946	3049,69
40878	3232	3130,71
40909	3743	3395,83
40940	3280	3432,09
40969	4071	3752,27
41000	3865	3924,75
41030	3809	4018,26
41061	3468	3931,90
41091	3474	3832,03
41122	3995	3933,09

Tabla 5: Método Holt para la Jeringuilla de 10cc (Elaborado por Autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	65858,95	52588,92
MAD	212,67	179,13
MAPE	6,01	5,03

Tabla 6: Comparación de Errores para la Jeringuilla de 10cc (Elaborado por autor)

En la Tabla 6, se aprecia que el Método Holt presenta un menor error en los pronósticos que la Regresión lineal lo que indica que el Método Holt se ajusta, de mejor manera, a la demanda de la Jeringuilla de 10cc. En conclusión, dado que el Método Holt representa, de mejor manera, la demanda de la Jeringuilla de 10cc, Se realizan los pronósticos con este método.

4.3. PAÑAL PROTECTOR DE CAMA

Mes	PAÑAL PROTECTOR DE CAMA	Regresión Simple
ago-11	2289	2279,27
sep-11	2369	2239,65
oct-11	2146	2200,02
nov-11	2145	2160,40
dic-11	2104	2120,77
ene-12	2189	2081,14
feb-12	1549	2041,52
mar-12	2154	2001,89
abr-12	2097	1962,27
may-12	1979	1922,64
jun-12	1952	1883,01
jul-12	1712	1843,39
ago-12	1855	1803,76

Tabla 7: Método de Regresión lineal para el Pañal Protector de Cama (Elaborado por Autor)

Mes	Pañal Protector de Cama	Holt
40756	2289	2289,00
40787	2369	2320,20
40817	2146	2259,46
40848	2145	2206,34
40878	2104	2147,65
40909	2189	2135,79
40940	1549	1882,67
40969	2154	1911,41
41000	2097	1931,13
41030	1979	1913,84
41061	1952	1897,08
41091	1712	1796,68
41122	1855	1774,55

Tabla 8: Método Holt para el Pañal Protector de Cama (Elaborado por Autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	26429,53	18643,02
MAD	109,27	103,68
MAPE	5,92	5,45

Tabla 9: Comparación de Errores para el Pañal Protector de Cama (Elaborado por autor)

En el caso del Pañal Protector de Cama, se puede observar en la Tabla 9, que la variación entre los errores entre el Método de Regresión Lineal y el Método Holt es pequeña; sin embargo, el Método Holt es el que se ajusta mejor a la

demanda en todos los casos. Tomando en cuenta la Tabla 9, para la realización de los pronósticos para el Pañal Protector de Cama se utilizará el Método Holt.

4.4. PAQUETE TIPO I

Mes	Paquete tipo I	Regresión Simple
ago-12	6579	6822,25
sep-12	7104	7498,80
oct-12	10333	8175,35
nov-12	8747	8851,90
dic-12	9908	9528,45
ene-13	10577	10205,00
feb-13	8149	10881,55
mar-13	11421	11558,10
abr-13	13062	12234,65
may-13	12025	12911,20
jun-13	12426	13587,75
jul-13	14005	14264,30
ago-13	17124	14940,85

Tabla 10: Método de Regresión lineal para el Paquete Tipo I (Elaborado por Autor)

Mes	Paquetet tipo I	Holt
ago-12	6579	6579,00
sep-12	7104	6783,75
oct-12	10333	8215,21
nov-12	8747	8789,29
dic-12	9908	9640,13
ene-13	10577	10520,74
feb-13	8149	10195,31
mar-13	11421	11059,42
abr-13	13062	12336,83
may-13	12025	12891,85
jun-13	12426	13358,74
jul-13	14005	14217,42
ago-13	17124	16015,80

Tabla 11: Método Holt Para el Paquete Tipo I (Elaborado por autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	1561728,09	954074,38
MAD	910,73	696,75
MAPE	8,54	6,56

Tabla 12: Comparación de Errores para el Paquete Tipo I (Elaborado por autor)

En la Tabla 12 se puede apreciar que el método Holt es más apropiado para el pronóstico de la demanda del paquete tipo I, esto se debe a que en los diferentes errores, el método Holt siempre presente un menor error que el método de regresión lineal.

4.5. PAQUETE TIPO II

Mes	Paquetet tipo II	PM3
ago-12	9164	
sep-12	8235	
oct-12	7232	
nov-12	7888	8210,33
dic-12	8192	7785,00
ene-13	8311	7770,67
feb-13	8046	8130,33
mar-13	9256	8183,00
abr-13	6956	8537,67
may-13	9032	8086,00
jun-13	7472	8414,67
jul-13	8260	7820,00
ago-13	8776	8254,67

Tabla 13: Método de Promedio Móvil con un periodo de 3 para el Paquete tipo II (Elaborado por autor)

Mes	Paquetet tipo II	PM6
ago-12	9164	
sep-12	8235	
oct-12	7232	
nov-12	7888	
dic-12	8192	
ene-13	8311	
feb-13	8046	8170,33
mar-13	9256	7984,00
abr-13	6956	8154,17
may-13	9032	8108,17
jun-13	7472	8298,83
jul-13	8260	8178,83
ago-13	8776	8170,33

Tabla 14: Método de Promedio Móvil con un periodo de 6 para el Pauquete tipo II (Elaborado por autor)

Mes	Paquetet tipo II	Regresión Simple
ago-12	9164	8195,14
sep-12	8235	8198,77
oct-12	7232	8202,41
nov-12	7888	8206,05
dic-12	8192	8209,69
ene-13	8311	8213,32
feb-13	8046	8216,96
mar-13	9256	8220,60
abr-13	6956	8224,24
may-13	9032	8227,87
jun-13	7472	8231,51
jul-13	8260	8235,15
ago-13	8776	8238,79

Tabla 15: Método de Regresión Lineal para el Pauquete tipo II (Elaborado por autor)

Mes	Paquetet tipo II	Holt
ago-12	9164	9164,00
sep-12	8235	8801,69
oct-12	7232	8105,90
nov-12	7888	7796,04
dic-12	8192	7705,97
ene-13	8311	7733,07
feb-13	8046	7700,71
mar-13	9256	8181,03
abr-13	6956	7717,01
may-13	9032	8133,34
jun-13	7472	7897,25
jul-13	8260	8001,03
ago-13	8776	8298,23

Tabla 16: Método de Holt para el Pauquete tipo II (Elaborado por autor)

	PM3	PM2	Regresión Lineal	Holt
MSE	647054,33	711369,67	478085,77	369322,17
MAD	685,87	718,86	539,17	526,03
MAPE	8,53	8,81	6,68	6,47

Tabla 17: Comparación de errores para el Pauquete tipo II (Elaborado por autor)

Se puede apreciar en la tabla 17 de comparación de errores, que el método Holt es el que presenta el menor error de los diferentes métodos, el método Holt proporciona un error de solo el 6,47% en su pronóstico. Por esta razón el método a utilizar para el modelamiento de la demanda agregada del paquete tipo II es el método Holt.

4.6. PAQUETE TIPO III

Mes	Paquetet tipo III	Regresión Simple
ago-12	4283	3414,14
sep-12	3048	3398,77
oct-12	2932	3383,41
nov-12	3997	3368,05
dic-12	3270	3352,69
ene-13	2785	3337,32
feb-13	3855	3321,96
mar-13	4132	3306,60
abr-13	2386	3291,23
may-13	4260	3275,87
jun-13	3097	3260,51
jul-13	2732	3245,14
ago-13	3409	3229,78

Tabla 18: Método de Regresión Lineal el Pauquete tipo III (Elaborado por autor)

Mes	Paquetet tipo III	Holt
ago-12	4283	4283,00
sep-12	3048	3801,35
oct-12	2932	3351,15
nov-12	3997	3413,64
dic-12	3270	3226,36
ene-13	2785	2910,03
feb-13	3855	3094,66
mar-13	4132	3400,35
abr-13	2386	2999,25
may-13	4260	3394,14
jun-13	3097	3294,93
jul-13	2732	3065,31
ago-13	3409	3138,61

Tabla 19: Método de Holt el Pauquete tipo III (Elaborado por autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	374212,93	274128,12
MAD	541,44	438,25
MAPE	16,11	13,03

Tabla 20: Comparación de errores para el Paquete tipo III (Elaborado por autor)

Luego de analizar los diferentes errores de los métodos de pronóstico, se concluye que el método Holt presenta un menor error. Si bien el error porcentual es del 13,03%, se considera aceptable al considerar la poca información recolectada. Para el paquete tipo III se procede a utilizar el método Holt para la realización de los pronóstico.

4.7. LÍQUIDOS

Mes	Líquidos	Regresión Simple
ago-12	2670	2873,03
sep-12	2880	2911,15
oct-12	2904	2949,28
nov-12	3321	2987,40
dic-12	3323	3025,53
ene-13	2931	3063,66
feb-13	2505	3101,78
mar-13	3779	3139,91
abr-13	3118	3178,03
may-13	3079	3216,16
jun-13	3319	3254,29
jul-13	2977	3292,41
ago-13	3517	3330,54

Tabla 21: Método de Regresión Lineal para los Líquidos (Elaborado por autor)

Mes	Líquidos	Holt
ago-12	2670	2670,00
sep-12	2880	2751,90
oct-12	2904	2830,12
nov-12	3321	3054,15
dic-12	3323	3235,77
ene-13	2931	3217,87
feb-13	2505	3013,39
mar-13	3779	3321,35
abr-13	3118	3320,33
may-13	3079	3286,19
jun-13	3319	3337,25
jul-13	2977	3237,96
ago-13	3517	3355,58

Tabla 22: Método Holt para los líquidos (Elaborado por autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	91312,11	63787,45
MAD	234,06	204,55
MAPE	7,59	6,69

Tabla 23: Comparación del error para los líquidos (Elaborado por autor)

Al analizar la tabla 23 de comparación del error para la demanda agregada de líquidos, se puede apreciar que el método Holt tiene un error porcentual del 6,69% mientras que el método de Regresión Lineal tiene un error porcentual del 7,59%. Se concluye que el método Holt es el más apropiado para la realización de los pronósticos de la demanda agregada de líquidos.

4.8. SUPRANE 240 ML

Mes	Suprane 240 ml	Promedio Móvil (3)
ago-11	4800	
sep-11	5280	
oct-11	3600	
nov-11	1200	4560
dic-11	4080	3360
ene-12	1200	2960
feb-12	1440	2160
mar-12	3840	2240
abr-12	960	2160
may-12	2400	2080
jun-12	1680	2400
jul-12	1440	1680
ago-12	1680	1840

Tabla 24: Método de Promedio Móvil para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por autor)

Mes	Suprane 240 ml	Regresión Simple
ago-11	4800	4087,95
sep-11	5280	3837,40
oct-11	3600	3586,85
nov-11	1200	3336,30
dic-11	4080	3085,75
ene-12	1200	2835,20
feb-12	1440	2584,65
mar-12	3840	2334,10
abr-12	960	2083,55
may-12	2400	1833,00
jun-12	1680	1582,45
jul-12	1440	1331,90
ago-12	1680	1081,35

Tabla 25: Método de Regresión lineal para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por Autor)

Mes	Suprane 240 ml	Holt
ago-11	4800	4800,00
sep-11	5280	4987,20
oct-11	3600	4489,39
nov-11	1200	3124,88
dic-11	4080	3119,68
ene-12	1200	2079,27
feb-12	1440	1365,45
mar-12	3840	1808,49
abr-12	960	1178,25
may-12	2400	1279,04
jun-12	1680	1169,68
jul-12	1440	1045,45
ago-12	1680	1087,61

Tabla 26: Método de Holt para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por Autor)

Mes	Suprane 240 ml	Pronóstico
ago-11	4800	5124,54
sep-11	5280	7839,26
oct-11	3600	4995,97
nov-11	1200	1549,00
dic-11	4080	4871,08
ene-12	1200	1316,34
feb-12	1440	1440,02
mar-12	3840	3467,81
abr-12	960	773,89
may-12	2400	1702,07
jun-12	1680	1028,59
jul-12	1440	742,06
ago-12	1680	1355,55

Tabla 27: Método Winters para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por autor)

	Promedio Móvil	Regresión lineal	Holt	Winters
MSE	2012800,00	1258143,70	960081,72	849384,31
MAD	1080,00	929,15	760,71	651,25
MAPE	74,34	53,04	39,08	24,38

Tabla 28: Comparación de Errores para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por el autor)

En la Tabla 28, se puede apreciar el cálculo de los errores para el Promedio Móvil, el Método de Regresión Lineal, el Método Holt y para el Método Winters. Se puede observar que el Método Winters presenta valores menores en todos los tipos de error. Esto confirma que los datos tienen una tendencia y una

estacionalidad. Tomando en cuenta los valores de la tabla 14, se plantea la realización del pronóstico del Suprane de 240 ml utilizando el Método Winters.

4.9. SEVORANE 250 ML

Mes	Sevorane 250 ml	Promedio Móvil (3)
ago-11	3350	
sep-11	3250	
oct-11	2250	
nov-11	1750	2950,00
dic-11	3223	2416,67
ene-12	1330	2407,67
feb-12	1750	2101,00
mar-12	2970	2101,00
abr-12	1600	2016,67
may-12	3050	2106,67
jun-12	2250	2540,00
jul-12	1098	2300,00
ago-12	2250	2132,67

Tabla 29: Promedio Móvil para el Sevorane de 250ml. (Elaborado por autor)

Mes	Sevorane 250 ml	Regresión Simple
ago-11	3350	2813,72
sep-11	3250	2730,94
oct-11	2250	2648,16
nov-11	1750	2565,38
dic-11	3223	2482,6
ene-12	1330	2399,82
feb-12	1750	2317,04
mar-12	2970	2234,26
abr-12	1600	2151,48
may-12	3050	2068,7
jun-12	2250	1985,92
jul-12	1098	1903,14
ago-12	2250	1820,36

Tabla 30: Método de Regresión lineal para el Sevorane de 250 ml. (Elaborado por Autor)

Mes	Sevorane 250 ml	Holt
ago-11	3350	3350,00
sep-11	3250	3311,00
oct-11	2250	2888,21
nov-11	1750	2339,82
dic-11	3223	2477,33
ene-12	1330	1902,43
feb-12	1750	1612,28
mar-12	2970	1897,37
abr-12	1600	1659,17
may-12	3050	2052,60
jun-12	2250	2105,77
jul-12	1098	1706,69
ago-12	2250	1821,83

Tabla 31: Método de Holt para el Sevorane de 250 ml. (Elaborado por autor)

Mes	Sevorane 250 ml	Winters
ago-11	3350	3400,27
sep-11	3250	3830,62
oct-11	2250	2571,58
nov-11	1750	1937,60
dic-11	3223	3453,35
ene-12	1330	1377,54
feb-12	1750	1750,03
mar-12	2970	2863,94
abr-12	1600	1485,70
may-12	3050	2723,15
jun-12	2250	1928,49
jul-12	1098	901,88
ago-12	2250	2199,83

Tabla 32: Método Winters para el Sevorane de 250 ml. (Elaborado por autor)

	Promedio Móvil	Regresión lineal	Holt	Winters
MSE	673606,09	469662,25	337311,83	62236,53
MAD	727,33	647,19	465,78	194,85
MAPE	40,85	32,90	22,41	8,52

Tabla 33: Comparación de Errores para el Sevorane de 250ml. (Elaborado por autor)

Luego de realizar los pronósticos y el cálculo de los errores para cada uno de los métodos seleccionados (Promedio Móvil, Regresión Lineal, Método Holt, Método Winters) y en base a la Tabla 33, donde se muestran los diferentes tipos de errores para cada uno de los métodos, se solventa la utilización del Método

Winters a que para todos los tipos de errores, este método muestra los valores más bajos.

4.10. GERMIDAL 1 LT

Mes	Germidal Fco 1 lt	Promedio Móvil (3)
ago-11	2000	
sep-11	2002	
oct-11	2998	
nov-11	2000	2333,33
dic-11	2001	2333,33
ene-12	2000	2333,00
feb-12	1000	2000,33
mar-12	4000	1667,00
abr-12	1000	2333,33
may-12	3000	2000,00
jun-12	2000	2666,67
jul-12	2000	2000,00
ago-12	3200	2333,33

Tabla 34: Promedio Móvil para el Germidal de 1 lt. (Elaborado por autor)

Mes	Germidal Fco 1 lt	Regresión Simple
ago-11	2000	2041,94
sep-11	2002	2075,99
oct-11	2998	2110,03
nov-11	2000	2144,08
dic-11	2001	2178,12
ene-12	2000	2212,16
feb-12	1000	2246,21
mar-12	4000	2280,25
abr-12	1000	2314,30
may-12	3000	2348,34
jun-12	2000	2382,38
jul-12	2000	2416,43
ago-12	3200	2450,47

Tabla 35: Método de Regresión Lineal para el Germidal de 1lt. (Elaborado por autor)

Mes	Germidal Fco 1 lt	Holt
ago-11	2000	2000,00
sep-11	2002	2000,78
oct-11	2998	2389,88
nov-11	2000	2327,75
dic-11	2001	2255,16
ene-12	2000	2181,08
feb-12	1000	1722,93
mar-12	4000	2507,16
abr-12	1000	2020,47
may-12	3000	2367,95
jun-12	2000	2278,07
jul-12	2000	2190,13
ago-12	3200	2579,46

Tabla 36: Método de Holt para el Germidal de 1 lt. (Elaborado por Autor)

Mes	Germidal Fco 1 lt	Pronóstico
ago-11	2000	2363,54
sep-11	2002	1850,27
oct-11	2998	2816,22
nov-11	2000	1909,04
dic-11	2001	1940,33
ene-12	2000	1969,67
feb-12	1000	999,99
mar-12	4000	4060,58
abr-12	1000	1030,30
may-12	3000	3136,37
jun-12	2000	2121,23
jul-12	2000	2151,54
ago-12	3200	2836,41

Tabla 37: Método de Winters para el Germidal de 1lt. (Elaborado por autor)

	Promedio Móvil	Regresión Lineal	Holt	Winters
MSE	1074933,47	648991,38	405017,56	30319,15
MAD	819,87	616,73	486,88	134,05
MAPE	43,54	34,32	25,69	5,77

Tabla 38: Comparación de Errores para el Germidal de 1lt. (Elaborado por autor)

En la Tabla 38, se muestra el valor de los diferentes errores para los pronósticos de demanda para el Promedio Móvil, el Método de Regresión Lineal, el Método Holt y el Método Winters. Se puede apreciar que el Método Winters es el que presenta los errores más pequeños en todos los casos, incluso la diferencia del error entre el método Winters y los otros métodos es bastante

grande. Se determina que el método Winters para la realización de los pronósticos.

4.11. ANALGAN 1 GR

Mes	Analgan 1 gr	Regresión Simple
ago-11	1168	1354,98
sep-11	1139	1410,16
oct-11	1476	1465,34
nov-11	1728	1520,52
dic-11	1685	1575,71
ene-12	1968	1630,89
feb-12	1575	1686,07
mar-12	1942	1741,25
abr-12	1911	1796,43
may-12	1863	1851,61
jun-12	1480	1906,79
jul-12	2005	1961,97
ago-12	1979	2017,15

Tabla 39: Método de Regresión lineal para el Analgan de 1gr. (Elaborado por autor)

Mes	Periodo	Analgan 1 gr	Holt
ago-11	1	1168	1168,00
sep-11	2	1139	1156,69
oct-11	3	1476	1278,61
nov-11	4	1728	1480,00
dic-11	5	1685	1626,52
ene-12	6	1968	1844,72
feb-12	7	1575	1855,29
mar-12	8	1942	1980,59
abr-12	9	1911	2052,73
may-12	10	1863	2071,76
jun-12	11	1480	1916,92
jul-12	12	2005	1973,96
ago-12	13	1979	2006,54

Tabla 40: Método Holt para el Analgan de 1 gr. (Elaborado por autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	40661,00	35056,48
MAD	159,11	139,21
MAPE	10,24	8,45

Tabla 41: Comparación de Errores para el Analgan de 1 gr. (Elaborado por autor)

En la Tabla 41, se pueden comparar los valores de los diferentes errores para cada uno de los métodos de pronósticos seleccionados. Se puede apreciar que los errores referentes al Método Holt, son, en todos los casos, menores a los errores del Método de Regresión Lineal. Si bien la diferencia en el MAPE de estos métodos es de aproximadamente 2%, solo el error del Método Holt entra la

calificación de Ghiani (2004), como una estimación puesto que el MAPE es menor al 10%. En base a los criterios expuestos anteriormente, se considera al Método Holt como el mejor para la realización de los pronósticos de la demanda de este producto.

4.12. AMPOLLAS

Mes	Ampollas	Regresión Simple
ago-12	5172	6166,67
sep-12	5940	6315,44
oct-12	6482	6464,21
nov-12	7034	6612,98
dic-12	7712	6761,75
ene-13	8376	6910,52
feb-13	5789	7059,29
mar-13	8044	7208,06
abr-13	7637	7356,83
may-13	7491	7505,6
jun-13	6334	7654,37
jul-13	7048	7803,14
ago-13	8712	7951,91

Tabla 42: Método de Regresión Lineal para la demanda agregada de ampollas. (Elaborado por autor)

Mes	Ampollas	Holt
ago-12	5172	5172,00
sep-12	5940	5471,52
oct-12	6482	5934,73
nov-12	7034	6523,51
dic-12	7712	7246,02
ene-13	8376	8052,67
feb-13	5789	7637,50
mar-13	8044	8059,97
abr-13	7637	8195,52
may-13	7491	8183,21
jun-13	6334	7661,06
jul-13	7048	7454,58
ago-13	8712	7922,41

Tabla 43: Método Holt para la demanda agregada de ampollas. (Elaborado por autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	741615,04	604570,54
MAD	727,79	611,84
MAPE	10,62	9,07

Tabla 44: Comparación de Errores para la demanda agregada de Ampollas. (Elaborado por autor)

4.13. FRASCOS

Mes	Frascos	Regresión Simple
ago-12	3052	2979,37
sep-12	2632	2940,53
oct-12	3424	2901,70
nov-12	2386	2862,86
dic-12	3041	2824,03
ene-13	2839	2785,19
feb-13	2753	2746,36
mar-13	2527	2707,52
abr-13	2965	2668,69
may-13	2492	2629,85
jun-13	2435	2591,02
jul-13	2430	2552,18
ago-13	2726	2513,35

Tabla 45: Método de Regresión Lineal para la demanda agregada de Frascos. (Elaborado por autor)

Mes	Frascos	Holt
ago-12	3052	3052,00
sep-12	2632	2888,20
oct-12	3424	3059,36
nov-12	2386	2807,17
dic-12	3041	2848,18
ene-13	2839	2815,47
feb-13	2753	2761,14
mar-13	2527	2634,24
abr-13	2965	2706,58
may-13	2492	2596,00
jun-13	2435	2487,01

jul-13	2430	2404,08
ago-13	2726	2463,81

Tabla 46: Método Holt para la demanda agregada de Frascos (Elaborado por autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	67274,30	44231,02
MAD	212,56	159,71
MAPE	7,73	5,80

Tabla 47: Comparación de Errores para la demanda agregada de Frascos. (Elaborado por autor)

4.14. MALLAS

Mes	Mallas	Regresión Simple
ago-12	337	267,40
sep-12	295	338,92
oct-12	490	410,45
nov-12	315	481,97
dic-12	625	553,49
ene-13	569	625,01
feb-13	671	696,53
mar-13	835	768,06
abr-13	892	839,58
may-13	887	911,10
jun-13	935	982,62
jul-13	1126	1054,14
ago-13	1138	1125,67

Tabla 48: Método de Regresión Lineal para la demanda agregada de mallas. (Elaborado por autor)

Mes	Mallas	Holt
ago-12	337	337,00
sep-12	295	320,62
oct-12	490	382,90
nov-12	315	367,88
dic-12	625	473,51
ene-13	569	539,25

feb-13	671	627,72
mar-13	835	757,50
abr-13	892	877,56
may-13	887	960,95
jun-13	935	1031,38
jul-13	1126	1146,50
ago-13	1138	1229,92

Tabla 49: Método Holt para la demanda agregada de mallas. (Elaborado por autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	5021,31	5421,03
MAD	60,64	60,37
MAPE	12,23	9,44

Tabla 50: Comparación de Errores para la demanda agregada de mallas. (Elaborado por autor)

4.15. PASTILLAS

Mes	Pastillas	Regresión Simple
ago-12	14430	15761,93
sep-12	15501	16165,86
oct-12	18023	16569,79
nov-12	17335	16973,72
dic-12	15363	17377,65
ene-13	17936	17781,58
feb-13	17387	18185,51
mar-13	23976	18589,44
abr-13	18093	18993,37
may-13	19508	19397,3
jun-13	20385	19801,23
jul-13	20752	20205,16
ago-13	17729	20609,09

Tabla 51: Método de Regresión Lineal para la demanda agregada de pastillas. (Elaborado por autor)

Mes	Pastillas	Holt
ago-12	14430	14430,00

sep-12	15501	14847,69
oct-12	18023	16182,45
nov-12	17335	17014,11
dic-12	15363	16856,08
ene-13	17936	17614,54
feb-13	17387	17960,29
mar-13	23976	20720,43
abr-13	18093	20651,16
may-13	19508	20924,28
jun-13	20385	21330,03
jul-13	20752	21672,14
ago-13	17729	20649,83

Tabla 52: Método Holt para la demanda agregada de pastillas. (Elaborado por autor)

	Regresión Lineal	Holt
MSE	3688568,18	2769109,26
MAD	1322,09	1324,51
MAPE	7,08	7,05

Tabla 53: Comparación de Errores para la demanda agregada de pastillas. (Elaborado por autor)

4.16. Resumen de Métodos a utilizar

A continuación se presentan los métodos de pronósticos a utilizar y el error medio absoluto porcentual asociado a cada uno de estos métodos para cada uno de los productos:

Producto	Método de Pronóstico	MAPE
Jeringuilla 5cc	Método Holt	6%
Jeringuilla 10cc	Método Holt	5%
Pañal protector de cama	Método Holt	5%
Paquete Tipo I	Método Holt	6%
Paquete Tipo II	Método Holt	6%
Paquete Tipo III	Método Holt	13%

Líquidos	Método Holt	6%
Suprane 240 ml	Método Winters	24%
Sevorane 250 ml	Método Winters	9%
Germidal Fco 1 lt	Método Winters	6%
Analgan 1 gr	Método Holt	8%
Ampollas	Método Holt	9%
Frascos	Método Holt	5%
Mallas	Método Holt	9%
Pastillas	Método Holt	7%

Tabla 54: Resumen de métodos de pronósticos a utilizar por producto (Elaborado por autor)

5. Resultados de Pronósticos

En esta sección se presentan los pronósticos tanto para insumos médicos como para medicamentos. Los pronósticos se realizaron para los próximos 12 meses. Si bien, al pronosticar para un período muy grande, el error aumenta. Lo que se busca es tener un estimado de la demanda del próximo año con el fin de poder reducir el inventario máximo al aplicar una política de revisión continua, específicamente, la política del tamaño económico de pedido (EOQ). El estimado de la demanda permite conocer si ésta aumenta o disminuye en el tiempo y de esta manera poder establecer cual es el inventario máximo adecuado de los productos analizados. Este proceso permite reducir el riesgo de subestimar o sobrestimar el inventario máximo en bodega.

A continuación se presentan las tablas y los gráficos para cada uno de los productos analizados.

5.1. JERINGUILLA 5CC

Mes	Jeringuilla 5cc	Pronóstico
ago-11	3663	3663
sep-11	3790	3713
oct-11	3835	3772

nov-11	3416	3655
dic-11	3534	3599
ene-12	4327	3862
feb-12	3716	3850
mar-12	4951	4311
abr-12	4315	4444
may-12	3760	4308
jun-12	3851	4200
jul-12	3912	4116
ago-12	4615	4313
sep-12		4313
oct-12		4361
nov-12		4409
dic-12		4456
ene-13		4504
feb-13		4551
mar-13		4599
abr-13		4647
may-13		4694
jun-13		4742
jul-13		4789
ago-13		4837

Tabla 55: Pronósticos para la Jeringuilla de 5cc (Elaborado por Autor)

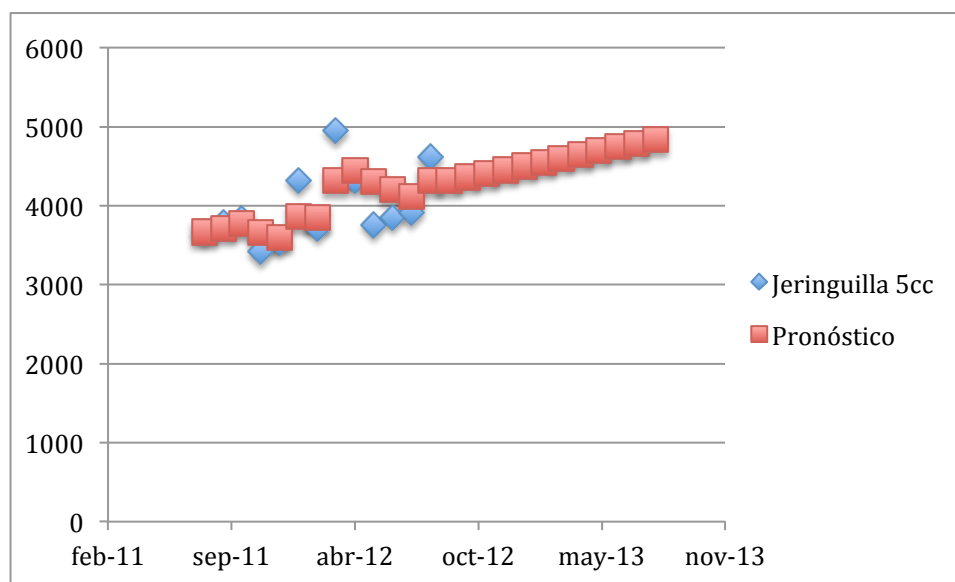


Figura 19: Demanda y pronósticos para la Jeringuilla de 5cc (Elaborado por autor)

En la Figura 11, se representan los datos pronosticados para la Jeringuilla de 5cc de la Tabla 29 utilizando el Método Holt, se puede apreciar que los

pronósticos siguen una tendencia creciente como se observó anteriormente con la demanda de este insumo.

5.2. JERINGUILLA 10CC

Mes	Jeringuilla 10 cc	Pronóstico
ago-11	2985	2985
sep-11	2982	2984
oct-11	3231	3080
nov-11	2946	3050
dic-11	3232	3131
ene-12	3743	3396
feb-12	3280	3432
mar-12	4071	3752
abr-12	3865	3925
may-12	3809	4018
jun-12	3468	3932
jul-12	3474	3832
ago-12	3995	3933
sep-12		3933
oct-12		3985
nov-12		4037
dic-12		4090
ene-13		4142
feb-13		4194
mar-13		4246
abr-13		4298
may-13		4350
jun-13		4403
jul-13		4455
ago-13		4507

Tabla 56: Pronósticos para la Jeringuilla de 10cc (Elaborado por autor)

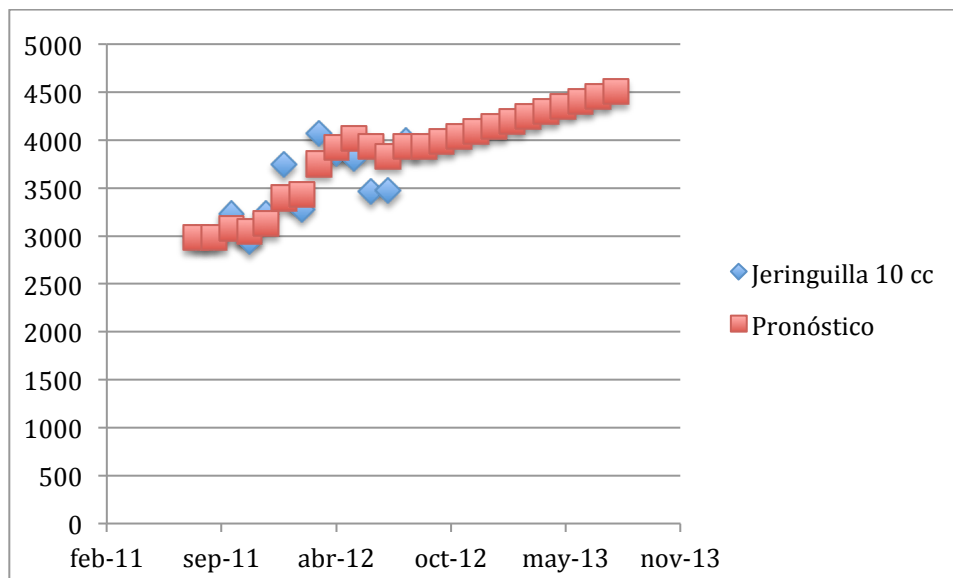


Figura 20: Demanda y pronósticos para la Jeringuilla de 10cc (Elaborado por autor)

La Tabla 30 muestra los pronósticos realizados con el Método Holt para la demanda de Jeringuilla de 10cc. En la Figura 12, se pueden observar los pronósticos conjuntamente con la demanda del insumo. Se puede apreciar que los pronósticos siguen la demanda creciente de las ventas mensuales.

5.3. PAÑAL PROTECTOR DE CAMA

Mes	Pañal Protector de Cama	Pronóstico
ago-11	2289	2289
sep-11	2369	2320
oct-11	2146	2259
nov-11	2145	2206
dic-11	2104	2148
ene-12	2189	2136
feb-12	1549	1883
mar-12	2154	1911
abr-12	2097	1931
may-12	1979	1914
jun-12	1952	1897
jul-12	1712	1797
ago-12	1855	1775

sep-12		1775
oct-12		1735
nov-12		1695
dic-12		1656
ene-13		1616
feb-13		1576
mar-13		1537
abr-13		1497
may-13		1458
jun-13		1418
jul-13		1378
ago-13		1339

Tabla 57: Pronósticos para el Pañal Protector de Cama (Elaborado por autor)

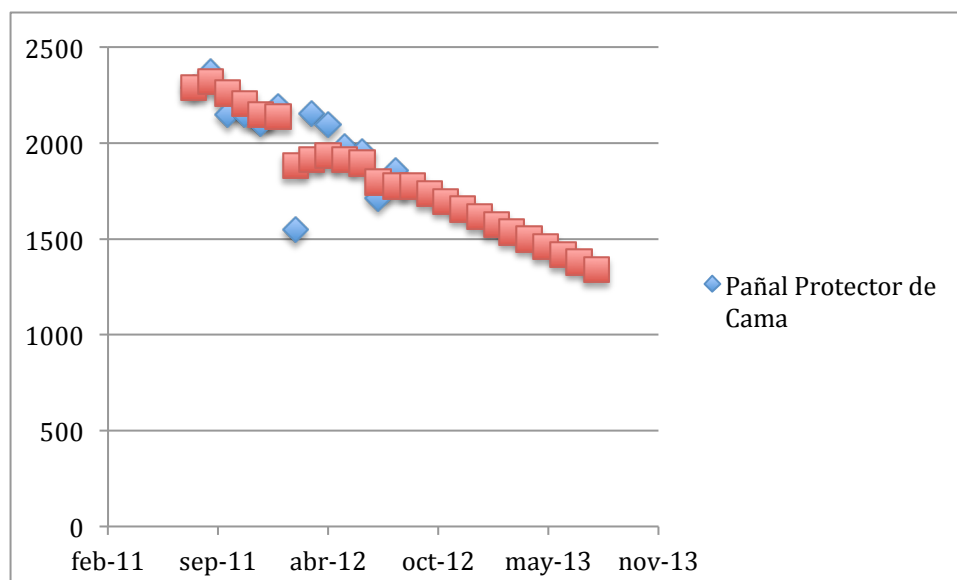


Figura 21: Demanda y pronósticos para el Pañal de Cama (Elaborado por autor)

La Tabla 31 muestra los pronósticos realizados con el Método Holt para el Pañal Protector de Cama; estos pronósticos son representados en la Figura 13 conjuntamente con los datos de la demanda de este producto. Se puede observar que los pronósticos siguen la demanda decreciente de la demanda del Pañal Protector de Cama.

5.4. PAQUETE TIPO I

Mes	Paquete	Pronóstico
-----	---------	------------

	tipo I	
ago-12	6579	6579
sep-12	7104	6784
oct-12	10333	8215
nov-12	8747	8789
dic-12	9908	9640
ene-13	10577	10521
feb-13	8149	10195
mar-13	11421	11059
abr-13	13062	12337
may-13	12025	12892
jun-13	12426	13359
jul-13	14005	14217
ago-13	17124	16016
sep-13		16016
oct-13		16942
nov-13		17869
dic-13		18795
ene-14		19721
feb-14		20648
mar-14		21574
abr-14		22501
may-14		23427
jun-14		24353
jul-14		25280
ago-14		26206

Tabla 58: Pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo I. (Elaborado por autor)

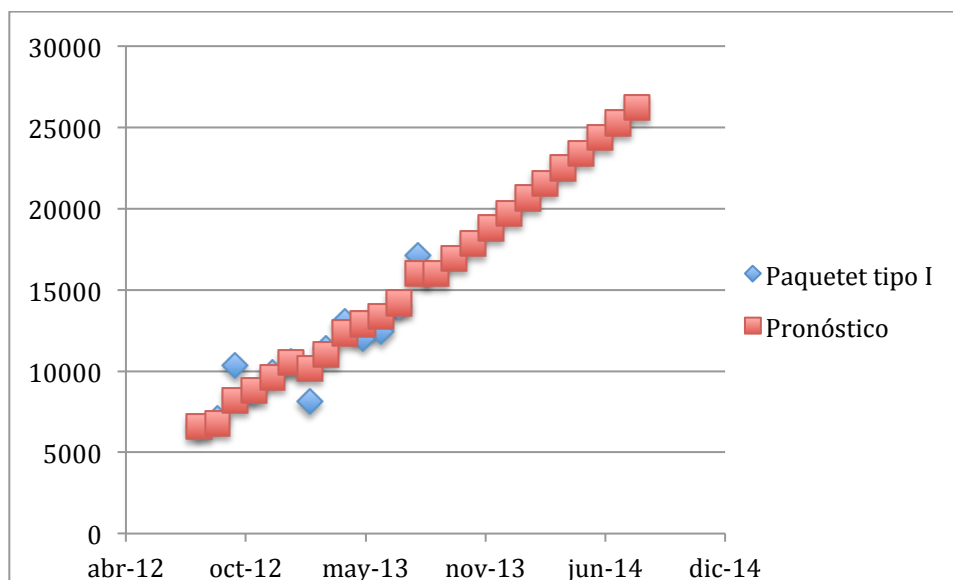


Figura 22 : Demanda y pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo I. (Elaborado por autor)

5.5. PAQUETE TIPO II

Mes	Paquete tipo II	Pronóstico
ago-12	9164	9164
sep-12	8235	8802
oct-12	7232	8106
nov-12	7888	7796
dic-12	8192	7706
ene-13	8311	7733
feb-13	8046	7701
mar-13	9256	8181
abr-13	6956	7717
may-13	9032	8133
jun-13	7472	7897
jul-13	8260	8001
ago-13	8776	8298
sep-13		8298
oct-13		8363
nov-13		8428
dic-13		8492
ene-14		8557
feb-14		8622
mar-14		8686
abr-14		8751

may-14		8816
jun-14		8881
jul-14		8945
ago-14		9010

Tabla 59: Pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo II. (Elaborado por autor)

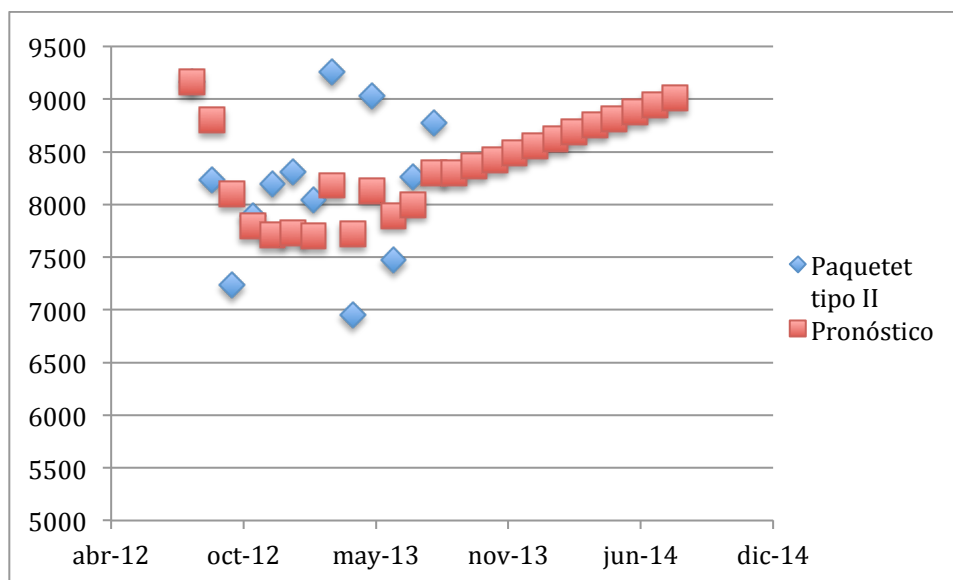


Figura 23: Demanda y pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo II. (Elaborado por autor)

5.6. PAQUETE TIPO III

Mes	Paquete tipo III	Pronóstico
ago-12	4283	4283
sep-12	3048	3801
oct-12	2932	3351
nov-12	3997	3414
dic-12	3270	3226
ene-13	2785	2910
feb-13	3855	3095
mar-13	4132	3400
abr-13	2386	2999
may-13	4260	3394
jun-13	3097	3295
jul-13	2732	3065
ago-13	3409	3139
sep-13		3139

oct-13		3109
nov-13		3079
dic-13		3049
ene-14		3019
feb-14		2990
mar-14		2960
abr-14		2930
may-14		2900
jun-14		2870
jul-14		2841
ago-14		2811

Tabla 60: Pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo III. (Elaborado por autor)

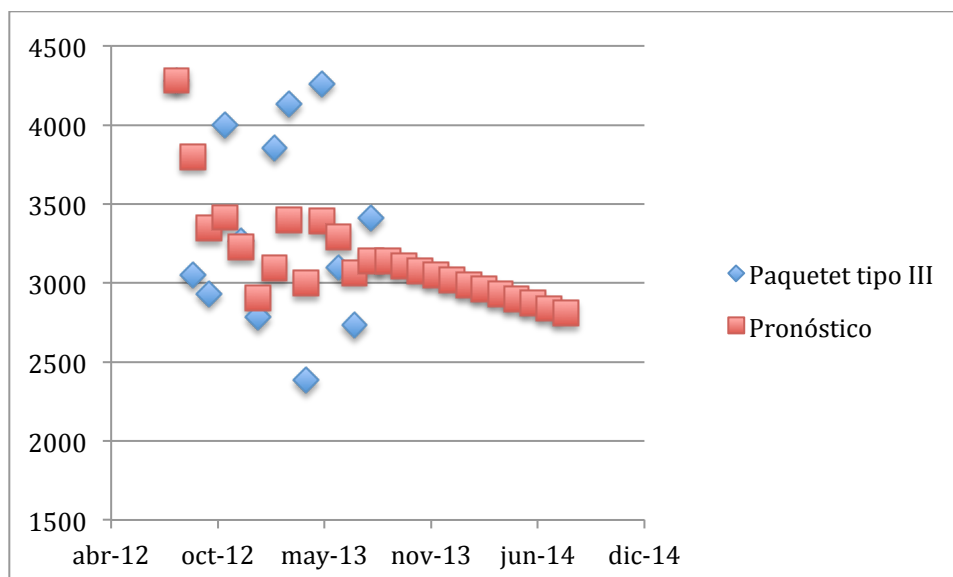


Figura 24: Demanda y pronósticos para la demanda agregada del paquete tipo III. (Elaborado por autor)

5.7. LÍQUIDOS

Mes	Líquidos	Pronóstico
ago-12	2670	2670
sep-12	2880	2752
oct-12	2904	2830
nov-12	3321	3054
dic-12	3323	3236
ene-13	2931	3218
feb-13	2505	3013
mar-13	3779	3321

abr-13	3118	3320
may-13	3079	3286
jun-13	3319	3337
jul-13	2977	3238
ago-13	3517	3356
sep-13		3356
oct-13		3389
nov-13		3423
dic-13		3457
ene-14		3491
feb-14		3525
mar-14		3559
abr-14		3593
may-14		3627
jun-14		3661
jul-14		3695
ago-14		3729

Tabla 61: Pronósticos para la demanda agregada de líquidos. (Elaborado por autor)

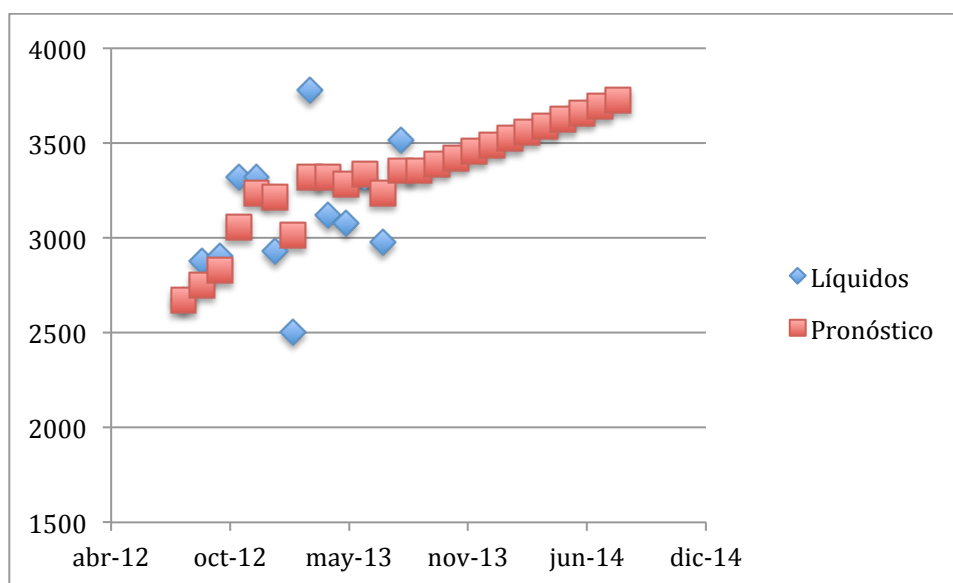


Figura 25: Demanda y pronósticos para la demanda agregada de líquidos. (Elaborado por autor)

5.8. SUPRANE 240 ML

Mes	Suprane 240 ml	Pronóstico
-----	----------------	------------

ago-11	4800	5125
sep-11	5280	7839
oct-11	3600	4996
nov-11	1200	1549
dic-11	4080	4871
ene-12	1200	1316
feb-12	1440	1440
mar-12	3840	3468
abr-12	960	774
may-12	2400	1702
jun-12	1680	1029
jul-12	1440	742
ago-12	1680	1356
sep-12		4001
oct-12		2491
nov-12		751
dic-12		2287
ene-13		594
feb-13		618
mar-13		1394
abr-13		285
may-13		556
jun-13		279
jul-13		144
ago-13		111

Tabla 62: Pronósticos para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por autor)

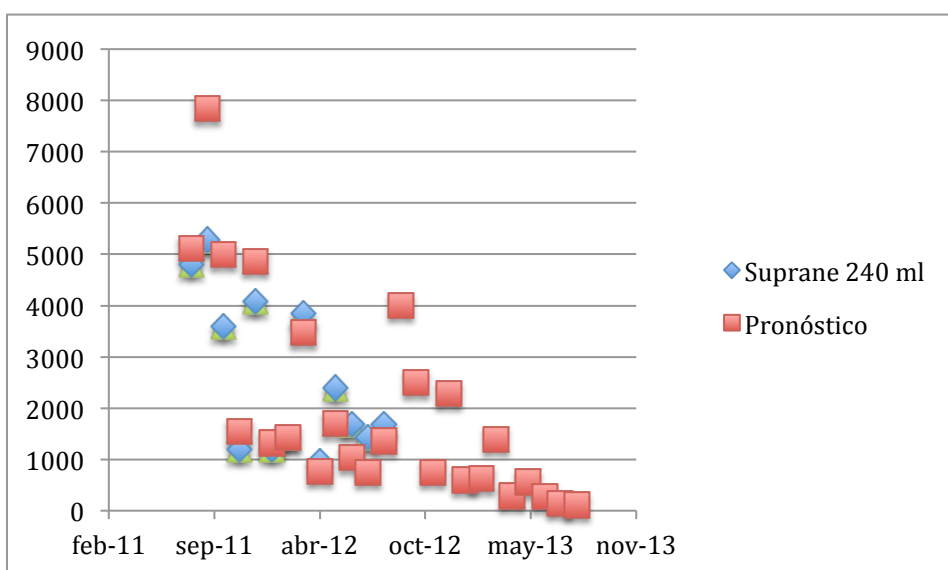


Figura 26: Demanda y pronósticos para el Suprane de 240 ml. (Elaborado por autor)

La tabla 32, representa los pronósticos del medicamento Suprane, los mismos que fueron realizados a través del Método Winters. La Figura 14, representa los pronósticos y la demanda de este medicamento, se puede distinguir que los pronósticos continúan con la tendencia decreciente de la demanda y con la estacionalidad de cada periodo.

Se debe tomar en cuenta que la demanda de este medicamento presenta altas variaciones de un periodo a otro, además, el error correspondiente a este pronóstico es alto por lo que se aconseja mantener un inventario de seguridad con el fin de no quedar desabastecidos de este medicamento.

5.9. SEVORANE 250 ML

Mes	Sevorane 250 ml	Pronóstico
ago-11	3350	3400
sep-11	3250	3831
oct-11	2250	2572
nov-11	1750	1938
dic-11	3223	3453
ene-12	1330	1378
feb-12	1750	1750
mar-12	2970	2864
abr-12	1600	1486
may-12	3050	2723
jun-12	2250	1928
jul-12	1098	902
ago-12	2250	2200
sep-12		2437
oct-12		1607
nov-12		1187
dic-12		2072
ene-13		807
feb-13		1000
mar-13		1591
abr-13		800

may-13		1416
jun-13		964
jul-13		431
ago-13		999

Tabla 63: Pronósticos para el Sevorane de 250 ml. (Elaborado por autor)

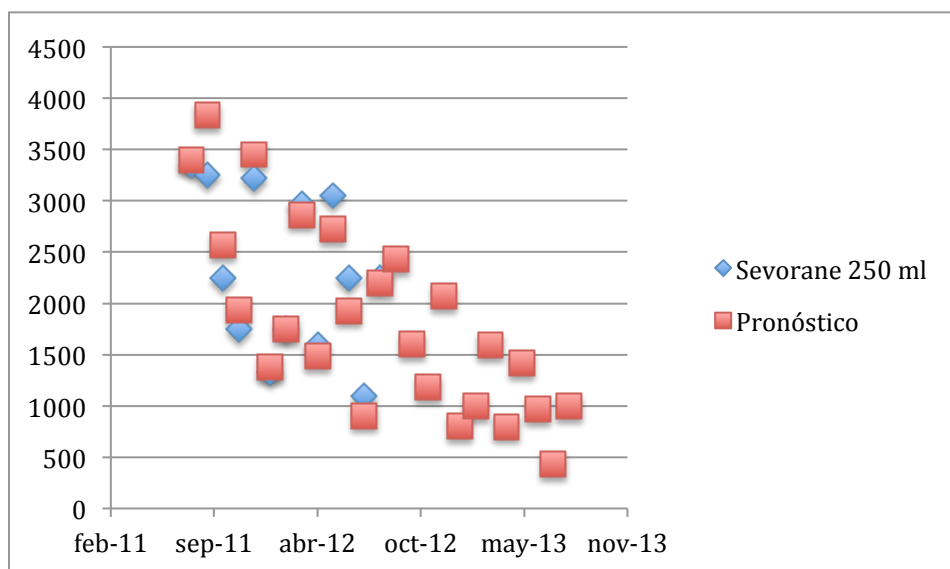


Figura 27: Demanda y pronósticos para el Sevorane de 250 ml (Elaborado por autor)

La tabla 33 presenta los pronósticos del Sevorane de 250 ml. Los pronósticos se calcularon en base al Método Winters. La Figura 15 muestra los pronósticos de la demanda conjuntamente con las ventas realizadas en los períodos anteriores. Se puede observar que los pronósticos incluyen el decrecimiento de la demanda en el tiempo y el factor estacional para cada periodo.

Se debe considerar que la demanda de este medicamento presenta cambios bruscos en la tendencia de la misma de un periodo a otro, por este motivo, se recomienda manejar un inventario de seguridad con el fin de no incurrir en faltantes de la demanda.

5.10. GERMIDAL 1 LT

Mes	Germidal Fco 1 lt	Pronóstico
ago-11	2000	2364
sep-11	2002	1850
oct-11	2998	2816
nov-11	2000	1909
dic-11	2001	1940
ene-12	2000	1970
feb-12	1000	1000
mar-12	4000	4061
abr-12	1000	1030
may-12	3000	3136
jun-12	2000	2121
jul-12	2000	2152
ago-12	3200	2836
sep-12		2214
oct-12		3361
nov-12		2273
dic-12		2304
ene-13		2333
feb-13		1182
mar-13		4788
abr-13		1212
may-13		3682
jun-13		2485
jul-13		2515
ago-13		3309

Tabla 64: Pronósticos para el Germidal de 1lt. (Elaborado por autor)

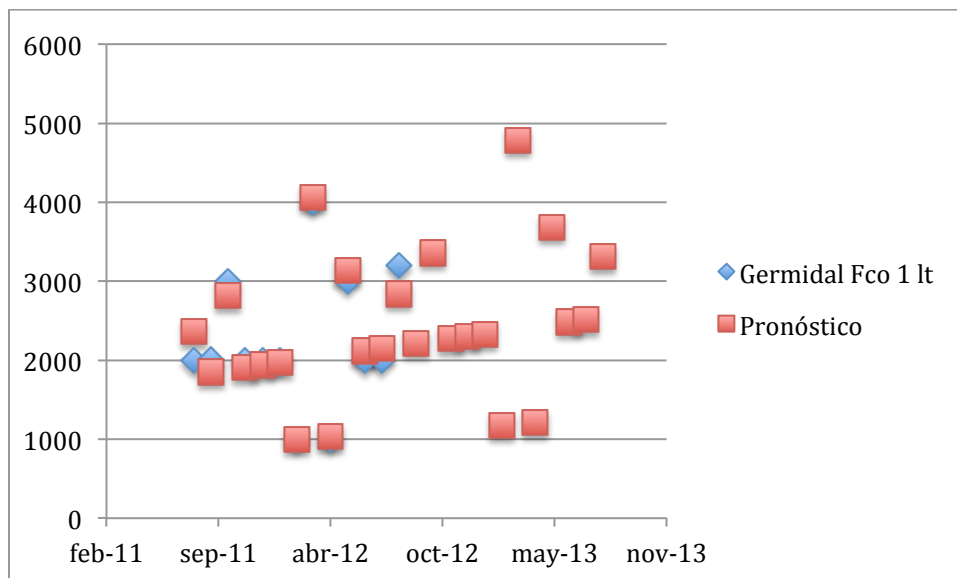


Figura 28: Demanda y pronósticos para el Germidal de 1lt. (Elaborado por autor)

La Tabla 34 muestra el cálculo de los pronósticos para el Germidal de 1 lt., los pronósticos fueron realizados con el método Winters con el fin de considerar la tendencia y la estacionalidad de los datos. La figura 16 muestra los pronósticos realizados para el Germidal y se puede observar que el pronóstico sigue la misma tendencia de la demanda.

Se debe considerar que la demanda presenta cambios bruscos en su demanda, sin embargo el Método Winters presenta unos pronósticos aceptables considerando la variabilidad de los datos. Se recomienda prestar especial atención en el comportamiento de la demanda de este producto en el futuro con el fin de identificar parámetros que ayuden a reducir el error en el futuro.

5.11. ANALGAN 1 GR

Mes	Analgan 1 gr	Pronóstico
ago-11	1168	1168
sep-11	1139	1157
oct-11	1476	1279

nov-11	1728	1480
dic-11	1685	1627
ene-12	1968	1845
feb-12	1575	1855
mar-12	1942	1981
abr-12	1911	2053
may-12	1863	2072
jun-12	1480	1917
jul-12	2005	1974
ago-12	1979	2007
sep-12		2007
oct-12		2038
nov-12		2069
dic-12		2100
ene-13		2131
feb-13		2162
mar-13		2193
abr-13		2224
may-13		2255
jun-13		2286
jul-13		2317
ago-13		2348

Tabla 65: Pronósticos para el Analgan de 1gr. (Elaborado por autor)

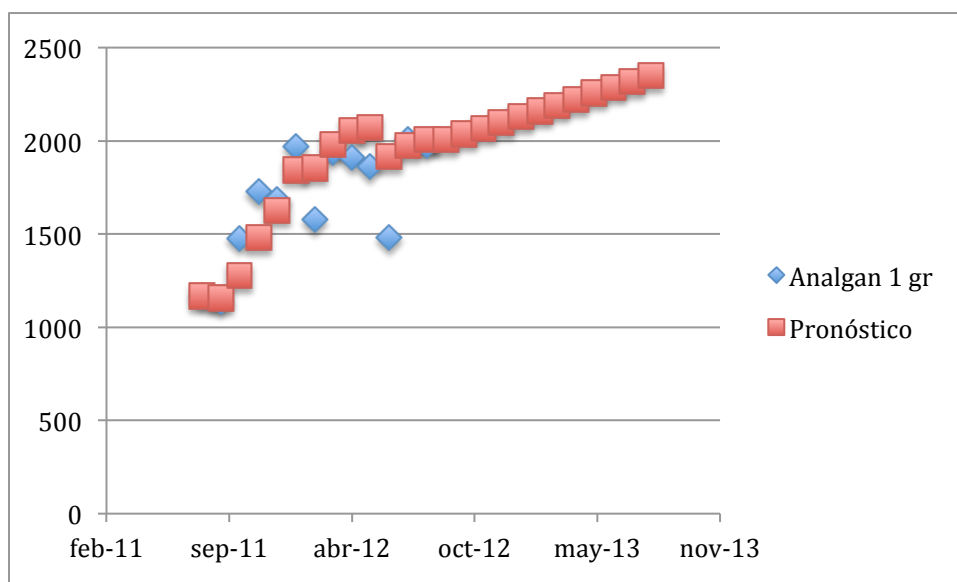


Figura 29: Demanda y pronósticos para el Analgan de 1gr (Elaborado por autor)

En la Tabla 35 se representan los pronósticos de la demanda del Analgan de 1 gr, utilizando el Método Holt. Se puede apreciar en la Figura 17, que los

pronósticos continúan con la tendencia creciente de la demanda. Debido a que la demanda presenta en los últimos meses un comportamiento bastante uniforme, se puede concluir que los pronósticos se ajustan bien a la demanda.

5.12. AMPOLLAS

Mes	Ampollas	Pronóstico
ago-12	5172	5172
sep-12	5940	5472
oct-12	6482	5935
nov-12	7034	6524
dic-12	7712	7246
ene-13	8376	8053
feb-13	5789	7638
mar-13	8044	8060
abr-13	7637	8196
may-13	7491	8183
jun-13	6334	7661
jul-13	7048	7455
ago-13	8712	7922
sep-13		7922
oct-13		8013
nov-13		8104
dic-13		8194
ene-14		8285
feb-14		8375
mar-14		8466
abr-14		8557
may-14		8647
jun-14		8738
jul-14		8828
ago-14		8919

Tabla 66: Pronósticos para la demanda agregada de Ampollas. (Elaborado por autor)

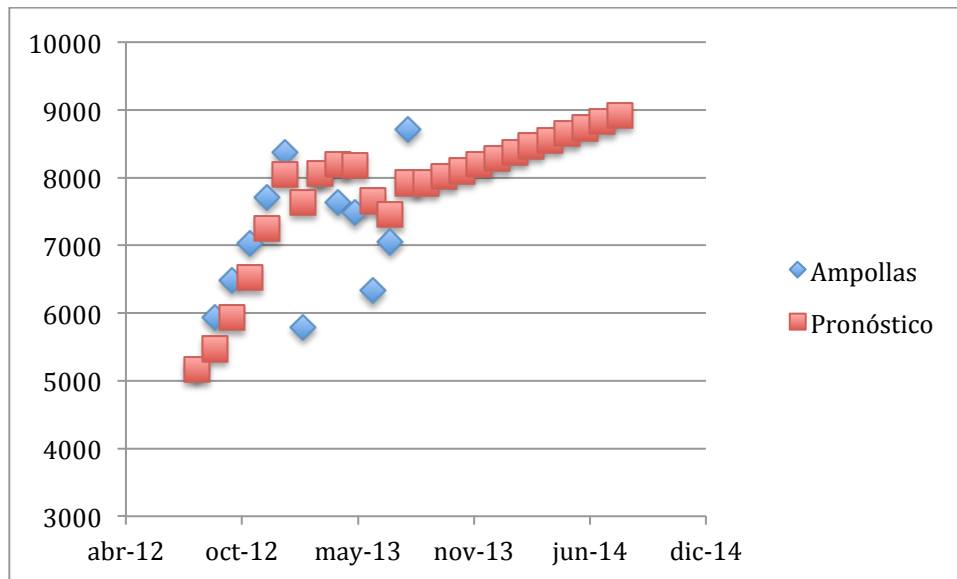


Figura 30: Demanda y pronósticos para la demanda agregada de Ampollas. (Elaborado por autor)

5.13. FRASCOS

Mes	Frascos	Pronóstico
ago-12	3052	3052
sep-12	2632	2888
oct-12	3424	3059
nov-12	2386	2807
dic-12	3041	2848
ene-13	2839	2815
feb-13	2753	2761
mar-13	2527	2634
abr-13	2965	2707
may-13	2492	2596
jun-13	2435	2487
jul-13	2430	2404
ago-13	2726	2464
sep-13		2464
oct-13		2427
nov-13		2390
dic-13		2353
ene-14		2316
feb-14		2280
mar-14		2243
abr-14		2206
may-14		2169

jun-14		2132
jul-14		2095
ago-14		2058

Tabla 67: Pronósticos para la demanda agregada de Frascos (Elaborado por autor)

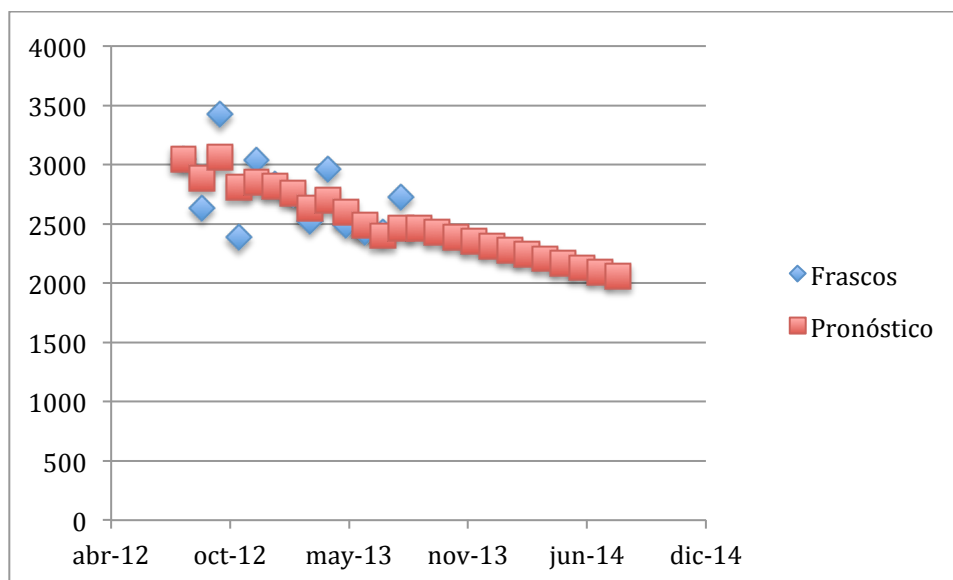


Figura 31: Demanda y pronósticos para la demanda agregada de Frascos. (Elaborado por autor)

5.14. MALLAS

Mes	Mallas	Pronóstico
ago-12	337	337
sep-12	295	321
oct-12	490	383
nov-12	315	368
dic-12	625	474
ene-13	569	539
feb-13	671	628
mar-13	835	758
abr-13	892	878
may-13	887	961
jun-13	935	1031
jul-13	1126	1147
ago-13	1138	1230
sep-13		1230
oct-13		1316
nov-13		1402

dic-13		1488
ene-14		1574
feb-14		1660
mar-14		1746
abr-14		1832
may-14		1918
jun-14		2004
jul-14		2090
ago-14		2176

Tabla 68: Pronósticos para la demanda agregada de Mallas (Elaborado por autor)

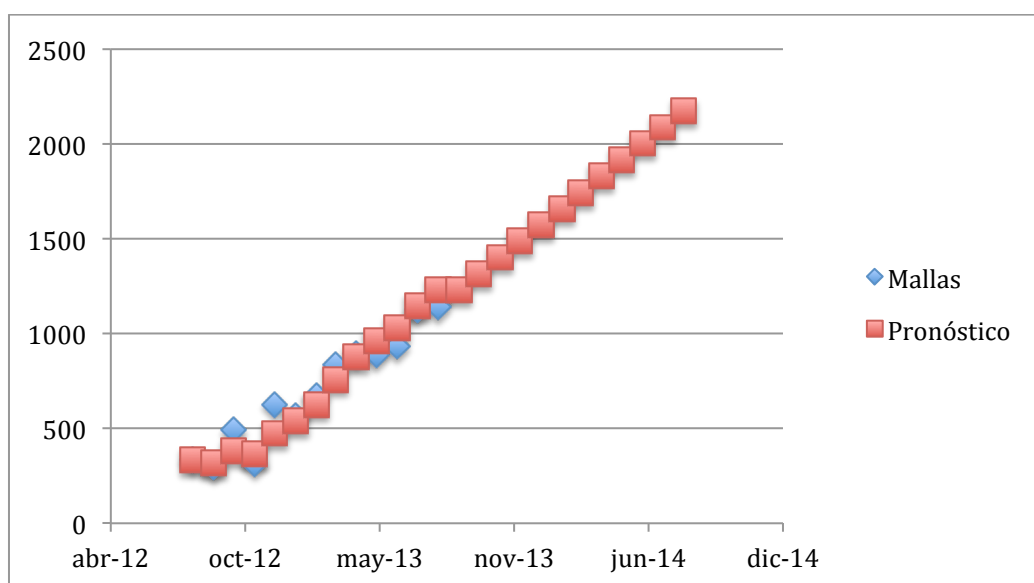


Figura 32: Demanda y pronósticos para la demanda agregada de Mallas. (Elaborado por autor)

5.15. PASTILLAS

Mes	Periodo	Pastillas	Pronóstico
ago-12	1	14430	14430
sep-12	2	15501	14848
oct-12	3	18023	16182
nov-12	4	17335	17014
dic-12	5	15363	16856
ene-13	6	17936	17615
feb-13	7	17387	17960
mar-13	8	23976	20720
abr-13	9	18093	20651
may-13	10	19508	20924

jun-13	11	20385	21330
jul-13	12	20752	21672
ago-13	13	17729	20650
sep-13	14		20650
oct-13	15		20810
nov-13	16		20971
dic-13	17		21132
ene-14	18		21292
feb-14	19		21453
mar-14	20		21614
abr-14	21		21774
may-14	22		21935
jun-14	23		22096
jul-14	24		22256
ago-14	25		22417

Tabla 69: Pronósticos para la demanda agregada de Pastillas (Elaborado por autor)

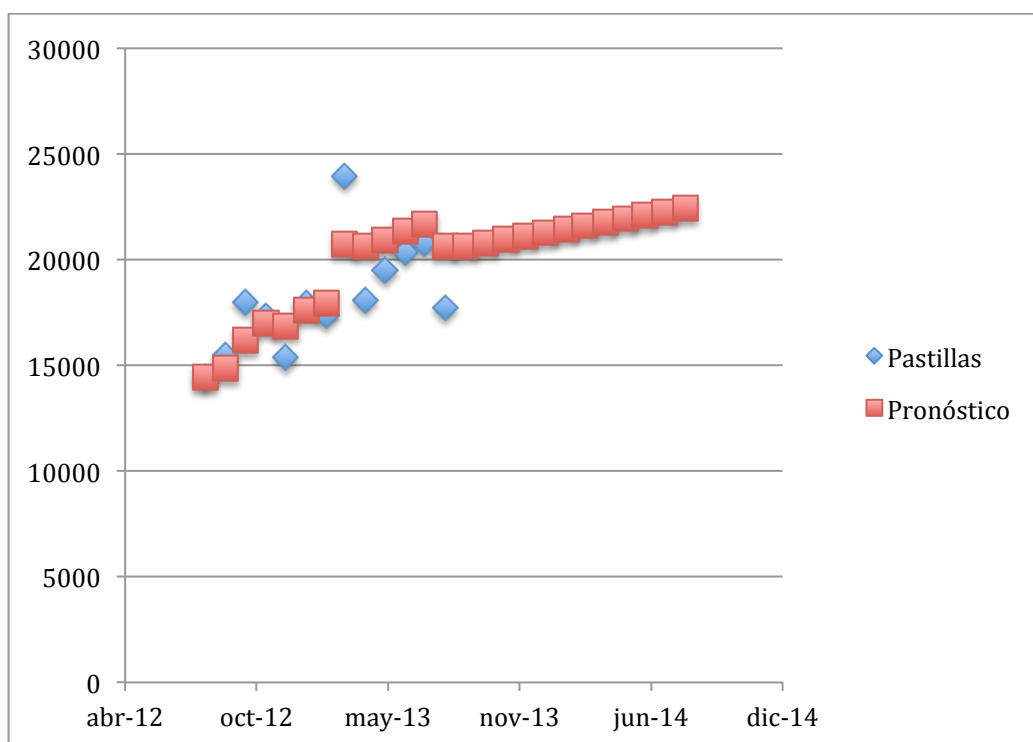


Figura 33: Demanda y pronósticos para la demanda agregada de Pastillas. (Elaborado por autor)

VI. TAMAÑO DE PEDIDO

1. Manejo de Inventario

En la presente sección, se presentarán las características principales de manejo del inventario en Novaclinica S.A.

1.1. Sistema de Conteo

Actualmente, la empresa maneja un sistema de conteo de inventario perpetuo. Esto se debe a que cuenta con un sistema informático interno, el mismo que registra todos los movimientos del inventario. Al momento de la recepción de los pedidos, el material receptado es ingresado al sistema, el mismo que esta sincronizado con el módulo de facturación; de esta manera, el sistema lleva un registro completo de los movimientos del inventario.

Hay que considerar que Novaclinica también realiza un conteo periódico de su inventario, con el fin de comprobar que el del sistema concuerde con el inventario físico. El conteo periódico se realiza con el fin de identificar posibles errores, hurtos, deterioro y otros factores que pueden disminuir la efectividad del sistema de inventario.

Hay que tener en cuenta que al no poseer espacio suficiente dentro de la bodega, el área de farmacia se maneja con inventarios mínimos y registra varios pedidos a la semana, lo que incrementa el riesgo de desabastecimiento y el costo de manejo del mismo ya que se requiere personal para su manejo.

1.2. Tiempo de Entrega

Debido a que la empresa cuenta con poco espacio físico para almacenar material, es un requisito hacia sus proveedores que los tiempos de entrega del material sean mínimos.

El departamento de compras para la farmacia, cuenta con proveedores que le abastecen de manera continua, estos proveedores manejan un tiempo de entrega menor a veinticuatro horas y en algunos casos el tiempo de entrega es menor a doce horas.

Sin embargo, también existen proveedores que mantienen un tiempo de entrega hasta una semana. El problema radica en que al no tener espacio suficiente en la bodega, el riesgo de quedar desabastecidos es grande.

1.3. Costos de Inventario

- **Costos de ordenar:** Para calcular el costo de realizar un pedido, se toman en cuenta las personas involucradas en este proceso. Los pedidos de abastecimiento de la bodega de la farmacia son realizados por el jefe de bodega, él es la única persona involucrada en el proceso de monitoreo y realización de pedidos. El sueldo del jefe de bodega es de \$1000; para este estudio se consideran **21 días laborables al año** y 8 horas laborables por día lo que da un total de 168 horas de trabajo al mes; luego de consultar con el jefe de bodega, él estima que dedica alrededor del 30% de su tiempo para tareas de control y manejo de inventarios. Por otro lado, el jefe de bodega estima que se realizan alrededor de 14 pedidos al mes.

- **Costos de compra:** El costo de compra varía para cada producto. Hay que considerar que estos costos son fijos sustentados en contratos.
- **Costos de transporte:** Dado que los proveedores son los encargados de entregar los suministros al área de compras de la empresa, se asume que los costos de transporte están incluidos en el costo de compra.
- **Costos de manejo de Inventarios:** El costo de manejo de inventarios se basa en el costo de los sueldos de los trabajadores involucrados en este proceso. La bodega maneja 2 bodegueros que se encargan del manejo interno del material y 2 cargadores responsables de la recepción y despacho del material. Tanto los bodegueros como los cargadores tienen un sueldo de \$475 cada uno.
- **El costo asociado al retorno del capital:** En base a las tasas nominales anuales acreditadas de forma mensual de montos mayores a \$100000 es del 1%, tomando en cuenta las tasas del 2013 del Banco Proamérica para cuentas de ahorro preferencial de empresas.
- **El costo de servicios básicos:** Debido a que no se tiene un valor exacto de estos costos para el departamento de farmacia, estos costos son estimados conjuntamente con el jefe de la bodega. Se estima que la bodega gasta alrededor de \$50 en servicios básicos.
- **Costo de faltantes:** El costo de faltantes se estima a través del número de pedidos que no pueden ser completados y el costo que

éstos representan, anualmente, a la farmacia. En el caso de la farmacia de Novaclinica, se estima que el nivel de cumplimiento es del 99,4% de los pedidos, en otras palabras, apenas 6 de cada 1000 pedidos entran en la categoría de faltantes.

- **Costo de pedidos pendientes:** En el caso de la farmacia no existan costos de pedidos pendientes, se debe a que los productos que manejan son de carácter urgente, en otras palabras, los productos deben ser adquiridos de manera inmediata tanto por los pacientes como por la clínica. En el caso de que no exista algún producto los clientes se ven obligados a adquirirlos en otra farmacia. No existen pendientes.
- **Costo de obsolescencia:** Es cuando los productos almacenados pierden valor en el tiempo, sin embargo, los medicamentos tienen un valor estable dentro del mercado; además si consideramos la caducidad de los productos, los proveedores están en la obligación de reponer los médicos sin ningún costo, los productos que se vayan a caducar deben ser cambiados de acuerdo al tiempo que estipula la ley en cuanto a la caducidad de medicamentos.

1.4. Sistema de Clasificación

El área de farmacia utiliza varios sistemas de clasificación de sus productos, los mismos que dependen del tipo de producto. Principalmente se manejan 4 tipos de clasificaciones que son: alfabético, por volumen, por precio, por regulación de la legislación.

Las medicinas son almacenadas alfabéticamente, esto se debe a que los nombres que se manejan son complejos.

Los insumos, en general, son almacenados por volumen de ventas, los productos de mayores ventas son almacenados más cerca del área de despacho.

Los insumos que tienen valores unitarios muy altos son almacenados en un lugar específico, por lo general se maneja un volumen muy bajo de inventarios, entre uno y tres artículos por producto.

Los psicotrópicos, son almacenados en una vitrina bajo llave ya que así lo dispone la ley del Ecuador.

2. Estimación de Costos

2.1. Costo de Pedido

El costo fijo de realizar un pedido se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Costo de Realizar un Pedido} = \frac{\frac{\$5,95}{\text{Hora}} * 0,3 * \frac{168 \text{ horas}}{\text{mes}}}{\frac{14 \text{ pedidos}}{\text{mes}}} = \frac{\$21,42}{\text{pedidos}}$$

Hay que considerar que el jefe de farmacia enfoca la mitad de su tiempo al grupo de insumos médicos y la otra mitad al grupo de los medicamentos. Por esta razón, el costo real de realizar un pedido de insumos médicos como de medicamentos sería \$10,71.

2.2. Costo de Manejo de Inventario

A continuación se calculan los costos asociados al manejo del inventario:

$$\text{Costos de Bodega} = \frac{40m^2}{\text{bodega}} * \frac{\$15}{m^2 * \text{mes}} = \frac{\$600}{\text{Bodega} * \text{mes}}$$

$$\text{Costo de Personal} = 4 \text{ trabajadores} * \frac{\$475}{\text{mes}} = \frac{\$1900}{\text{mes}}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo Total Anual por Manejo de Inventario} &= \left(\frac{\$600}{\text{mes}} + \frac{\$1900}{\text{mes}} \right) * \frac{12 \text{ mese}}{1 \text{ año}} \\ &= \frac{\$30000}{\text{año}} \end{aligned}$$

A continuación se calcula el costo de mantener inventario de un ítem:

$$\text{Costo de Mantener Inventario} = \frac{\$30000}{1175749 \text{ posiciones}} = 0,025 \text{ dólares/posición}$$

3. Tamaño de Pedido Económico

Para el cálculo del tamaño de pedido económico, se asume que los costos de mantener el inventario que se muestran en la sección 6.2. se mantienen para cada producto en el siguiente periodo. Se considera el pronóstico de cada uno de los productos para el siguiente periodo como la demanda para el cálculo del tamaño de pedido.

A continuación se presenta el tamaño de pedido económico así como el número de ordenes estimadas para el siguiente periodo de cada uno de los productos analizados.

JERINGUILLA DE 5CC

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * 54902 * 0,93}{0,0261}} = 1978.01 \approx 1979 \text{ unidades}$$

$$\text{Ordenes al año} = \frac{54902}{1979} = 27.74 \approx 28 \text{ ordenes}$$

El modelo del EOQ indica que para la Jeringuilla de 5cc se deben realizar aproximadamente 28 pedidos, cada uno de 1979 unidades. Dado que es un modelo de revisión continua, el pedido debe realizarse cuando el inventario llegue a un valor mínimo, es decir al punto de reorden. A continuación se calcula el punto de reorden para la Jeringuilla de 5cc:

$$\text{Punto de reorden} = \frac{54902}{365} = 150,41 \approx 151 \text{ unidades}$$

Debido a que el proveedor entrega los pedidos en menos de 24 horas, cuando el inventario llegue a 151 unidades se debe realizar el pedido con el fin de reabastecer a la bodega.

JERINGUILLA DE 10CC

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * 50640 * 0,82}{0,0261}} = 1783,8 \approx 1784 \text{ unidades}$$

$$\text{Ordenes al año} = \frac{50640}{1784} = 28,38 \approx 29 \text{ ordenes}$$

En el caso de la Jeringuilla de 10 cc, el modelo muestra que se deben realizar aproximadamente 29 pedidos al año cada uno de 1784 unidades. A continuación se calcula el punto de reorden para este insumo médico:

$$\text{Punto de reorden} = \frac{50640}{365} = 138,74 \approx 139 \text{ unidades}$$

Al igual que para la jeringuilla de 5cc, los proveedores están obligados a entregar el material en menos de 24 horas luego de realizado el pedido. En este caso, se debe realizar una nueva orden cuando el inventario llegue a 139 unidades.

PAÑAL PROTECTOR DE CAMA

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * 18680 * 0,47}{0,0261}} = 820,24 \approx 821 \text{ unidades}$$

$$\text{Ordenes al año} = \frac{18680}{821} = 22,75 \approx 23 \text{ ordenes}$$

La cantidad de pedido económico para el pañal protector de cama es de 821 unidades y se deben realizar, aproximadamente, 23 pedidos al año. Siguiendo las políticas de la farmacia donde se define un tiempo menor a 24 horas para entregar el pedido, a continuación se procede a calcular el inventario mínimo el mismo que indica que se debe realizar un pedido.

$$\text{Punto de reorden} = \frac{18680}{365} = 51,17 \approx 52 \text{ unidades}$$

Cuando el inventario de la bodega llega a 52 unidades, se debe realizar un pedido con el fin de reabastecer a la bodega de producto.

SUPRANE 240 ML

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * 13510 * 0,53}{0,0248}} = 759,87 \approx 760 \text{ unidades}$$

$$\text{Ordenes al año} = \frac{13510}{760} = 17,77 \approx 18 \text{ ordenes}$$

Se deben realizar, aproximadamente, 18 pedidos de Suprane al año y cada pedido debe ser de 760 unidades. A continuación se calcula el punto de reorden para el Suprane.

$$\text{Punto de reorden} = \frac{13510}{365} = 37,01 \approx 38 \text{ unidades}$$

El punto de reorden nos indica que cuando el inventario llegue a la cantidad de 38 unidades, se debe realizar un pedido que reabastezca a la bodega y no existan faltantes.

SEVORANE 250 ML

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * 15310 * 0,51}{0,0248}} = 793,52 \approx 794 \text{ unidades}$$

$$\text{Ordenes al año} = \frac{15310}{794} = 19,28 \approx 20 \text{ ordenes}$$

En el caso del Sevorane, se deben realizar, aproximadamente, 20 órdenes, cada una de 794 unidades. A continuación se calcula el punto de reorden para este producto.

$$\text{Punto de reorden} = \frac{15310}{365} = 41,94 \approx 42 \text{ unidades}$$

Cuando el inventario llegue a 42 unidades, se debe realizar un nuevo pedido que incremente el inventario hasta su nivel máximo.

GERMIDAL 1 LT

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * 31660 * 0,48}{0,0249}} = 1104,81 \approx 1105 \text{ unidades}$$

$$\text{Ordenes al año} = \frac{31660}{1105} = 28,65 \approx 29 \text{ ordenes}$$

El tamaño de pedido económico para el Germidal es de 1105 unidades y se deben realizar aproximadamente 29 pedidos al año. Tomando en cuenta que los proveedores entregan sus pedidos en menos de un día, se procede a calcular el punto de reorden.

$$\text{Punto de reorden} = \frac{31660}{365} = 86,73 \approx 87 \text{ unidades}$$

El inventario mínimo para el Germidal es de 87 unidades, cuando el inventario llegue a este nivel mínimo, se debe realizar una orden que reabastezca este nivel a su valor máximo.

ANALGAN 1 GR

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * 26129 * 0,39}{0,0249}} = 904,70 \approx 905 \text{ unidades}$$

$$\text{Ordenes al año} = \frac{26129}{905} = 28,87 \approx 29 \text{ ordenes}$$

En el caso del Analgan, se deben realizar, aproximadamente, 29 pedidos al año, cada uno de 905 unidades. Considerando de los proveedores están

obligados a entregar los pedidos en menos de 24 horas, a continuación se calcula el punto de reorden para este producto.

$$\text{Punto de reorden} = \frac{26129}{365} = 71,58 \approx 72 \text{ unidades}$$

Cuando el inventario llegue a 72 unidades, se debe realizar un pedido con el fin de reabastecer a la bodega y de esta manera minimizar el riesgo de presentar faltantes.

Se puede apreciar que el tamaño de pedido, así como la frecuencia de los pedidos y los niveles máximos y mínimos de cada uno de los productos analizados son diferentes y corresponden a cada una de las características de los productos. A continuación se presenta una tabla que resume lo expuesto anteriormente.

	Tamaño de pedido	Ordenes al año	Punto de reorden
Jeringuilla 5cc	1979	28	151
Jeringuilla 10cc	1784	29	139
Pañal protector de cama	821	23	52
Suprane	760	18	38
Sevorane	794	20	42
Germidal	1105	29	87
Analgan	905	29	72

Tabla 70: Resumen de EOQ por producto

4. Sensibilidad del EOQ

	OPTIMO	MENOS 25%	MAS 25%
TAMAÑO DE PEDIDO	1980,55	1500,00	2500
PUNTO DE REORDEN	795,89	795,89	795,89
ORDENES AL AÑO	25,25	33,34	20,01

TIEMPO ENTRE PEDIDOS	14,45	10,95	18,25
INVENTARIO MAXIMO	1980,55	1500,00	2500,00
INVENTARIO MINIMO	0,00	0,00	0,00
INVENTARIO PROMEDIO	990,28	750,00	1250,00
COSTO TOTAL DE ORDENAR	25,25	33,34	20,01
COSTO TOTAL DE MANTENER	25,25	19,13	31,88
COSTO TOTAL STOCK SEGURIDAD	6,65	6,65	6,65
COSTO TOTAL	557,29	559,25	558,66

Tabla 71: Sensibilidad del EOQ

Se puede apreciar en la tabla de sensibilidad del EOQ, que el costo total varía muy poco conforme se dan distintos valores al tamaño de pedido. En la tabla se varía el tamaño de pedido en un 25% tanto hacia arriba como hacia abajo del punto óptimo y se puede observar que el costo total apenas varía en uno o dos dólares. Esto quiere decir que se pueden permitir ciertas libertades al momento de realizar los pedidos ya que el tamaño de pedido no influye en el costo.

Si bien el análisis de sensibilidad refleja que el tamaño de pedido no influye en el costo total, hay que tener en cuenta que al realizar un pedido muy grande afecta la disponibilidad de otros productos debido a las limitaciones en el área de almacenamiento, de la misma manera, los pedidos muy pequeños pueden resultar en un agotamiento del personal al realizar tareas monótonas al mismo tiempo que aumenta la probabilidad de desabasto de productos..

VII. DISEÑO DE BODEGA

1. Flujo de Ítems

Los productos son entregados por los proveedores en cajones. Dado que existen proveedores que suministran a la farmacia varios productos, se necesita de una zona de recepción donde se pueden desagregar los pedidos para luego ser ubicados dentro de la bodega.

Luego los productos pasan a ser ubicados dentro de la bodega en ubicaciones fijas. La política de ubicaciones fijas o almacenamiento dedicado, permite que los productos sean ubicados rápidamente al despachar un pedido de emergencia donde el tiempo de respuesta debe ser mínimo. Por otro lado hay que considerar que la política de almacenamiento dedicado requiere de un mayor espacio de almacenamiento, el mismo que es un limitante en este caso.

La zona de despacho no requiere de mucho espacio dado que las ventas son personalizadas para cada cliente, lo que resulta en despachos pequeños y la consolidación del pedido puede realizarse por el personal encargado de la recolección dentro de la zona de almacenamiento.

2. Políticas de Almacenamiento y Recuperación

Dentro de las políticas establecidas, conjuntamente, con el jefe de farmacia, se establece que se pueden realizar un sistema de ciclo doble, donde se realicen operaciones de almacenamiento y recuperación en cada viaje. Esto se puede lograr ya que los despachos son personalizados y la recepción de los

productos se basa en órdenes pequeñas. El sistema de ciclo doble permite reducir el número de viajes de los operadores así como el tiempo de operación.

De la misma manera, se procede a utilizar una recolección por lotes, lo que permite recuperar el material de varios pedidos al mismo tiempo. Este tipo de política permite reducir los tiempos de recolección y permite optimizar el tiempo de los trabajadores.

La política de almacenamiento hace una diferencia entre los medicamentos e insumos. Los medicamentos son almacenados alfabéticamente, y cada producto tiene un lugar establecido dentro de la bodega, esto se debe a la complejidad de los productos. Por otro lado, los insumos médicos son almacenados de forma aleatoria en base a la demanda, lo que permite optimizar el espacio de la bodega.

3. Estructura Interna

Dentro de la estructura interna de la bodega, Ghiani (2004) explica que se deben establecer el medio de almacenamiento, el número de productos que se maneja, el volumen de cada producto, las características de almacenamiento

Dentro de la bodega, los productos son almacenados en pilas. En este caso, los ítems son almacenados en la presentación de cada producto, por lo general cajas, y se utiliza pasillos de 1.2 metros. La elección de almacenar los productos en cartones radica en la facilidad para obtener los cartones de almacenamiento y en el costo inicial, ya que al utilizar cartones el costo de los mismos es mínimo.

El número de productos, como se explica en la sección 4.2., es de 1341 productos. Estos representan a los medicamentos y a los insumos médicos comunes; los insumos médicos especiales que son almacenados por su gran costo no son considerados en este estudio, así como tampoco se considera a los psicotrópicos que deben ser almacenados bajo llave, por ley. Para el cálculo del espacio de los productos que no son considerados en el estudio, se toma en cuenta la estimación de espacio proporcionada por el jefe de farmacia.

Para el diseño de la bodega, los medicamentos son divididos en 6 grupos en función al tipo de medicamento, los grupos en los que se dividen los medicamentos son: blísteres, frascos, ampollas, cremas, parches y sobres. Dentro de cada grupo, los medicamentos están divididos de forma alfabética, donde se realiza una agregación de la demanda por cada letra y por cada grupo, esto permite estimar el espacio que se va a necesitar por cada grupo de productos.

Para el diseño del espacio de los insumos, se divide a los insumos en 10 grupos diferentes, 4 grupos para los insumos de fácil manejo y 6 grupos para los insumos líquidos, que por sus envases necesitan un cuidado diferente. Los insumos de fácil manejo se dividen en: paquetes tipo I, paquetes tipo II, paquetes tipo III y paquetes tipo IV; por otro lado, los insumos líquidos se dividen en: 60 ml, 120 ml, 250 ml, 500 ml, un litro y un galón.

4. Demanda Agregada de Medicamentos

4.1 Blíster

Después de analizar los diferentes medicamentos que vienen en presentación de blíster, se llegó a una conclusión conjunta con el jefe de la farmacia que una buena estimación del espacio que ocupan estos productos es considerar que cada blíster contiene 10 tabletas y que cada caja de producto contiene 3 blísteres, lo que significaría que cada caja contiene 30 tabletas. Hay que tener en cuenta que una caja estándar de medicamento tiene las siguientes dimensiones: 5 cm de largo, 12 cm de ancho y 2,5 cm de alto. Además en cada piso se pueden apilar un máximo de 8 cajas **con un total**, lo que significa que se pueden apilar hasta 80 cajas en el eje Z. Dado que el ancho de la estantería es de 50 cm, se pueden ubicar 4 posiciones en esta dirección.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para cada uno de los subgrupos de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
A	8
B	1
C	11
D	4
E	4
F	1
G	1
H	1

I	1
J	1
K	1
L	3
M	2
N	2
O	3
P	5
R	1
S	3
T	2
U	4
V	2
X	1
Z	3
total	65

Tabla 72: Demanda para los subgrupos de productos de blísteres. (Elaborado por autor)

4.2 Frascos

De la misma manera que el literal anterior, se llegó a una conclusión conjunta con el jefe de bodega donde se estimó que el tamaño de las cajas para los frascos tienen las siguientes dimensiones: 5 cm de largo, 5 cm de ancho y 8 cm de alto. Esto significa que solo existen 22 posibles posiciones en el eje Z. Dado que el ancho de la estantería es de 50 cm, se pueden ubicar 10 posiciones en esta dirección.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para cada uno de los subgrupos de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
A	7
B	1
C	1
D	17
E	1
F	2
G	55
H	3
I	1
K	4
L	12
M	1
N	1
O	2
P	1
R	1
S	151
T	1
U	5
V	1
Z	1
total	269

Tabla 73: Demanda para los subgrupos de productos de frascos. (Elaborado por autor)

4.3 Ampollas

En el caso de las ampollas, se llegó a la conclusión de que las cajas de almacenamiento tienen las siguientes medidas: 3 cm de ancho, 3 cm de largo y 6 cm de alto. Esto significa que solo existen 35 posibles posiciones en el eje Z. Dado que el ancho de la estantería es de 50 cm, se pueden ubicar 16 posiciones en esta dirección.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para cada uno de los subgrupos de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
A	5
B	8
C	25
D	12
E	2
F	22
G	5
H	3
K	2
L	4
M	28
N	5

O	12
P	9
R	2
S	5
T	8
U	6
V	1
Z	14
total	178

Tabla 74: Demanda para los subgrupos de productos de ampollas. (Elaborado por autor)

4.4 Cremas

Luego de llegar a un acuerdo con el jefe de bodega, se estima que las dimensiones de las cajas de las cremas son: 4 cm de largo, 10 cm de ancho y 2 cm de alto. En caso que puede llegar a apilar las cremas en grupos de 10 por cada estantería. Esto resulta en 100 posiciones en el eje Z. Dado que el ancho de la estantería es de 50 cm, se pueden ubicar 5 posiciones en esta dirección.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para cada uno de los subgrupos de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
A	1
B	1
C	1
G	1
L	1

M	1
O	1
P	1
S	1
T	14
V	5
Z	1
total	29

Tabla 75: Demanda para los subgrupos de productos de cremas. (Elaborado por autor)

4.5 Parche

Se estimó, conjuntamente con el jefe de farmacia, que las medidas de los parches son: 5 cm de largo, 5 cm de ancho y 1 cm de alto. Debido al tamaño de estos productos, se pueden apilar hasta 20 parches por piso, lo que da un total de 200 posiciones para apilar. Dado que el ancho de la estantería es de 50 cm, se pueden ubicar 10 posiciones en esta dirección.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para cada uno de los subgrupos de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
D	1
N	2
T	10
total	13

Tabla 76: Demanda para los subgrupos de productos de parches. (Elaborado por autor)

4.6 Sobres

En el caso de los sobres, se llegó a la conclusión, con el jefe de farmacia, que estos productos tienen las siguientes dimensiones: 3 cm de largo, 5 cm de ancho y 1 cm de alto. Al igual que en los parches, estos productos se pueden apilar en grupos de hasta 10 sobres, lo que significa 200 posiciones en el eje Z. Dado que el ancho de la estantería es de 50 cm, se pueden ubicar 10 posiciones en esta dirección.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para cada uno de los subgrupos de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
B	1
D	1
F	1
N	1
P	3
T	1
V	1
total	9

Tabla 77: Demanda para los subgrupos de productos de sobres. (Elaborado por autor)

5. Demanda Agregada de Insumos Médicos

5.1 Paquete tipo I

Después de realizar un análisis con el jefe de bodega, se decidió estandarizar los productos en 4 grupos de acuerdo al tamaño de los insumos. El paquete tipo I representa a los productos más pequeños de esta categoría. Las dimensiones de este tipo de paquetes son: 3 cm de largo, 6 cm de ancho y 0,5 cm de alto. Se puede llegar a apilar hasta 20 cajas en cada piso lo que da un total de 400 ubicaciones en el eje Z. Tomando en cuenta que el ancho de la estantería es de 50 cm, se pueden ubicar 8 posiciones en la dirección Y.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para el subgrupo de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
PAQUETE TIPO 1	669

Tabla 78: Demanda de productos del paquete tipo 1. (Elaborado por autor)

5.2 Paquete tipo II

En el caso de los paquetes tipos II, los cuales representan al segundo grupo de insumos, los cuales son considerados de tamaño mediano. Las dimensiones de estos productos son: 6 cm de largo, 12 cm de ancho y 1 cm de alto. Para este tipo de productos se puede llegar a apilar hasta 10 productos en cada nivel, lo que significa que se pueden almacenar hasta 200 productos en esta dirección. Hay que considerar que en el eje Y se pueden almacenar hasta 5 productos de esta categoría.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para el subgrupo de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
PAQUETE TIPO 2	569

Tabla 79: Demanda de productos del paquete tipo 2. (Elaborado por autor)

5.3 Paquete tipo III

Los paquetes tipo III representan a los productos considerados grandes. Las dimensiones de estos productos se enumeran a continuación: 10 cm de largo, 15 cm de ancho y 2 cm de alto. Dadas la características de este grupo, se pueden apilar hasta 10 cajas por nivel, lo que permite la colocación de 100 cajas en el eje Z. Debido al tamaño de estos productos, es posible ubicar 4 producto en el eje Y.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para el subgrupo de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
PAQUETE TIPO 3	421

Tabla 80: Demanda de productos del paquete tipo 3. (Elaborado por autor)

5.4 Paquete tipo IV

Los paquetes tipo IV son considerados como muy grandes, por este motivo los productos son almacenados en cajas directamente y ya no en las estanterías.

Las dimensiones que se estimaron, conjuntamente con el jefe de farmacia, para estos productos son: 15cm de largo, 15 cm de ancho y 10 de alto. Estos productos son almacenados en cantidades de 4 en el eje Y y hasta 20 cajas en el eje Z.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para el subgrupo de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
PAQUETE TIPO 4	12

Tabla 81: Demanda de productos del paquete tipo 4. (Elaborado por autor)

5.5 Envase de 60 ml

En el caso de los envases, estos sólo pueden ser almacenados en cantidades de uno en el eje Z, esto se debe a la fragilidad y a la forma de estos productos, solo se puede apilar hasta dos productos dentro de cada piso. Las dimensiones estimadas de estos productos son: 3 cm de largo, 3 cm de ancho y 8 cm de alto. Dentro de las estanterías se pueden almacenar hasta 16 productos en el eje Y. Hay que tener en cuenta que las estanterías tienen 11 pisos de almacenamiento.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para el subgrupo de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
60 ML	4

Tabla 82: Demanda de productos del subgrupo de 60ml. (Elaborado por autor)

5.6 Envase de 120 ml

Al igual que en los envases de 60 ml, estos productos solo pueden ser apilados en grupos de 2. Las dimensiones estimadas de estos productos se muestran a continuación: 5 cm de largo, 5 cm de ancho y 10 cm de alto. Se puede llegar a almacenar hasta 10 productos de esta categoría en el eje Y.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para el subgrupo de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
120 ML	17

Tabla 83: Demanda de productos del subgrupo de 120ml. (Elaborado por autor)

5.7 Envase de 250 ml

Los envases de 250 ml son almacenados en pacas, por lo que son almacenados uno encima de otro sobre el suelo y no en la estantería. Las dimensiones de estos productos son: 6 cm de largo, 6 cm de ancho y 17 cm de alto; por esta razón, se puede llegar a almacenar hasta 8 de estos productos en el eje Y.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para el subgrupo de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
-----------------	--------------------

250 ML	19
--------	----

Tabla 84: Demanda de productos del subgrupo de 250ml. (Elaborado por autor)

5.8 Envase de 500 ml

En el caso de los envases de 500 ml, se estimò que las dimensiones de estos productos son: 6.5 cm de largo, 6,5 cm de ancho y 22 cm de alto. Debido a las dimensiones de estos productos se puede llegar a almacenar 7 productos (uno atrás de otro). Ya que estos productos son almacenados uno encima de otro en el suelo, se puede llegar a apilar hasta 11 productos.

y un producto por cada piso, lo que quiere decir que se pueden almacenar hasta 5 productos en el eje Z.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para el subgrupo de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
500 ML	16

Tabla 85: Demanda de productos del subgrupo de 500ml. (Elaborado por autor)

5.9 Envase de 1 litro

Las dimensiones especificadas en conjunto con el jefe de farmacia para los envases de 1 litro se muestran a continuación: 10 cm de largo, 10 cm de ancho y 10 cm de alto. Por el tamaño de estos productos solo se pueden almacenar 5

envases de este tipo en el eje Y. Por otro lado, los productos son almacenados uno encima de otro en el suelo y se puede llegar a apilar hasta 22 productos.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para el subgrupo de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
LITRO	89

Tabla 86: Demanda de productos del subgrupo de 1l. (Elaborado por autor)

5.10 Envase de 3 LITROS

Este tipo de envases son los más grandes que se almacenan en la bodega para líquidos. Las dimensiones que se determinaron, conjuntamente con el jefe de bodega, son: 10 cm de largo, 10 cm de ancho y 30 cm de alto. Debido a las dimensiones de estos productos, se puede almacenar hasta 5 productos en el eje Y. Además se puede apilar hasta 8 productos en el eje Z.

En la siguiente tabla se muestra la demanda para el subgrupo de productos.

SUBGRUPO	m(unidades)
GALON	16

Tabla 87: Demanda de productos del subgrupo de 3l. (Elaborado por autor)

6. Requerimientos de Espacio

Para el cálculo de los requerimientos de espacio, el jefe de farmacia necesita que al menos la nueva bodega almacene suficiente material para que los pedidos se realicen una vez a la semana y no una vez cada 3 días; esto ayudaría a disminuir el tiempo que el personal dedica a la realización de pedidos y conteo del material existente. Por este motivo se toma en cuenta la demanda real anual y se divide la misma para 52 semanas, esto permite obtener un estimado de la demanda promedio de una semana y se puede realizar los cálculos para la estimación del espacio de la nueva bodega.

Para calcular las dimensiones de la nueva bodega, primero se estima el número de posiciones en cada uno de los diferentes ejes y luego se realizan los cálculos para encontrar las dimensiones de la bodega. A continuación se muestran las ecuaciones necesarias para el cálculos de posiciones y dimensiones:

$$n'_y = \sqrt{\frac{2m(\alpha_x + \frac{1}{2}\omega_x)}{\alpha_y n_z}} \quad (2.7.5.2-12)$$

$$n'_x = \sqrt{\frac{m\alpha_y}{2n_z(\alpha_x + \frac{1}{2}\omega_x)}} \quad (2.7.5.2-13)$$

$$L_y = \alpha_y n_y + \omega_y \quad (2.7.5.2-4)$$

$$L_x = \left(\alpha_x + \frac{1}{2}\omega_x\right) n_x \quad (2.7.5.2-3)$$

Para el almacenamiento, se considera una estantería cuyas especificaciones de detallan a continuación: 11 pisos, 50 cm de ancho, 200 cm de

alto y la longitud de las estanterías varia de acuerdo a las necesidades de la bodega.

6.1. Estimación de Posiciones

Para el calculo del número de posiciones, se utiliza la demanda agregada tanto de los grupos como de los subgrupos de productos, esto permite utilizar el espacio sobrante de cada estantería sin mezclar los productos, es decir, manteniendo la política de almacenamiento dedicado.

A continuación se muestra el número de ubicaciones tanto para los medicamentos como para los insumos médicos, en base a las ecuaciones (2.7.5.2-12) y (2.7.5.2-13).

MEDICAMENTOS			
Posiciones en X	2	Posiciones en Y	43

Tabla 88: Número de Ubicaciones para medicamentos. (Elaborado por autor)

INSUMOS MEDICOS			
Posiciones en X	4	Posiciones en Y	58

Tabla 89: Número de Ubicaciones para insumos médicos. (Elaborado por autor)

6.2. Cálculo de Dimensiones.

El calculo de las dimensiones de la zona de almacenamiento de la bodega se calcula en base a las ecuaciones (2.7.5.2-3) y (2.7.5.2-4). Estas ecuaciones indican la longitud necesaria de la bodega para la zona de almacenamiento en el

eje X y en el eje Y respectivamente. A continuación se presentan las estimaciones de cada uno de los lados de la zona de almacenamiento.

MEDICAMENTOS			
Lx	1,6	Ly	3,02

Tabla 90: Longitud necesaria de la bodega para la zona de almacenamiento de medicamentos. (Elaborado por autor)

INSUMOS MEDICOS			
Lx	3,2	Ly	7,20

Tabla 91: Longitud necesaria de la bodega para la zona de almacenamiento de insumos médicos. (Elaborado por autor)

Longitud Final		
	Lx	Ly
	3,2	7,20
	1,6	3,02
Total	4,8	10,22

Tabla 92: Longitud necesaria total de la bodega para la zona de almacenamiento. (Elaborado por autor)

En la zona de almacenamiento se necesitan 4,8 metros de largo por 10,22 metros de ancho. Adicionalmente a esto, se necesita estimar la zona de recepción y la zona de recepción de la bodega.

7. Determinación del Número de Puertas

Para la determinación del número de puertas que se necesitan en la bodega, se considera la demanda diaria de todas las ordenes, en tiempo de carga

y descarga de los camiones, la capacidad del camión y el tiempo disponible para la recepción y despacho de productos.

A continuación se presentan los cálculos del número de puertas necesarias para la nueva bodega:

$$n_D = \frac{3222 \text{ unidades} * 15 \text{ minutos}}{1000 \text{ unidades} * 120 \text{ minutos}} = 0,40 \approx 1 \text{ puerta}$$

Se puede apreciar que solo se necesita una puerta para la nueva bodega.

8. Dimensiones de la Zona de Recepción y Despacho

Tomando como base la zona de almacenamiento, las zonas de recepción y despacho se diseñan como una extensión de la zona de almacenamiento. Después de llegar a un acuerdo con el jefe de farmacia, se llega a la conclusión que la zona de recepción y despacho se encuentran al frente de la zona de almacenamiento y se extienden 2.5 metros de largo. Además se acordó que estas zonas deben tener la misma área.

En base a los acuerdos mencionados anteriormente, se encuentra que tanto la zona de recepción como de despacho miden 2.5 metros de largo por 5.11 metros de ancho. Hay que tomar en cuenta que en la zona de despacho se encuentra un mostrador que ocupa 1 metro de largo y 5.11 metros de ancho lo que deja a los clientes una zona de 1.5 metros de largo por 5.11 metros de ancho lo que es suficiente para la demanda registrada.

9. Resumen de Requerimientos de Espacio

Después de analizar las áreas de almacenamiento, recepción y despacho de material, se puede apreciar que la nueva bodega tiene un área aproximada de 75 m^2 ; los mismos que están distribuidos de la siguiente manera:

	Largo	Ancho	Total
Zona Almacenamiento	4,8 m	10,22 m	49,06 m ²
Zona Recepción	2,5 m	5,11 m	12,78 m ²
Zona Despacho	2,5 m	5,11 m	12,78 m ²
Total	7,3 m	10,22 m	74,61 m ²

Tabla 93: Distribución del área para las zonas de la bodega. (Elaborado por autor)

Además hay que tomar en cuenta que solo se necesita una puerta para la bodega; sin embargo, en el diseño se proponen 2 puertas para la bodega con el fin de diferenciar la puerta de recepción de pedidos con la puerta de despacho, esta diferenciación se hace en función de mejorar la imagen de la farmacia brindando una mejor atención al cliente.

10. Diseño Propuesto de Bodega

A continuación se muestra el diseño de la nueva bodega con todas sus áreas, la misma que se basa en las dimensiones calculadas anteriormente.

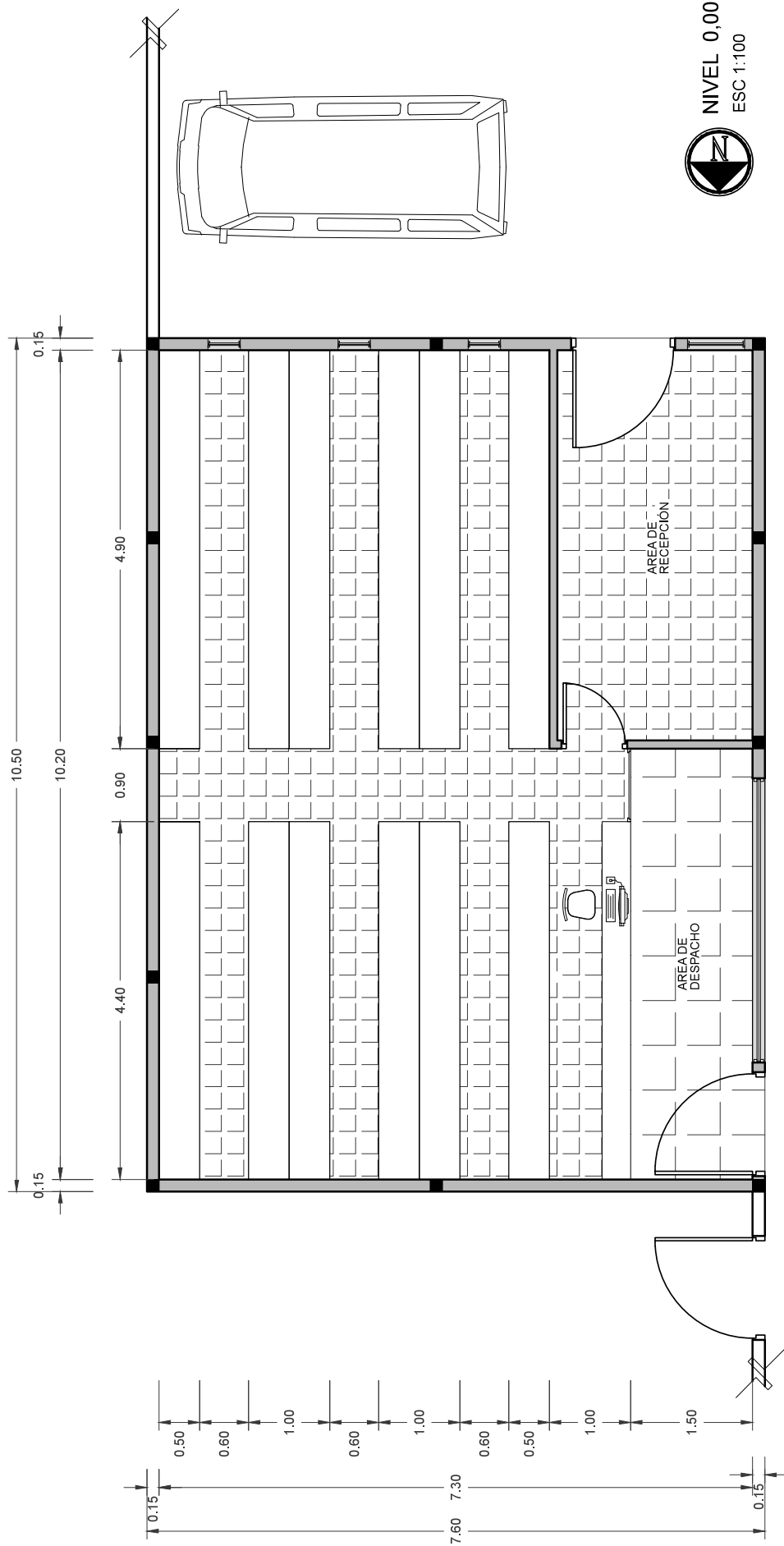


Figura 34: Diseño propuesto de la nueva bodega. (Alvarez, Enríquez. Abril, 2013)

Se puede apreciar que existe una clara distinción entre las diferentes zonas, mejorando la imagen de la farmacia y de la clínica. Además se puede apreciar que las puertas están ubicadas en diferentes lados de la bodega lo que mejora la presentación de la farmacia.

11. Análisis Financiero

En el análisis financiero, se van a analizar los costos de implementación de la nueva bodega y los beneficios que la propuesta va ofrecer a la clínica; este análisis tiene como objetivo determinar los pros y los contras de la implementación de la propuesta desde el punto de vista financiero.

Para el cálculo de costos de implementación, se empieza por calcular los costos de construcción. Para estos costos se toma como base los 74 m² que va a ocupar la construcción. El costo del terreno se estima en base a lo que la empresa va a dejar de percibir por la ocupación de este terreno; en este caso, el terreno donde se propone ubicar la nueva bodega, actualmente es ocupado como parqueadero, se estima que se reciben cerca de \$100 por cada metro cuadrado de parqueadero al mes; no se considera el precio de venta de este terreno ya que, por línea de fábrica, la empresa no puede vender un terreno tan pequeño. Para el costo de construcción, se consulto al arquitecto Iván Álvarez, Gerente General de la constructora ALBRA, quien nos indicó que el costo, aproximado, de construcción en la zona de Novaclinica fluctúa entre \$500 y \$600 dólares, de los cuales el 20% corresponde a mano de obra y el 80% a materiales; en este caso, se va a considerar un costo de \$500 dólares ya que la bodega no necesita de muchos acabados.

Además de los costos de construcción, se debe considerar los costos de equipamiento de la bodega. En base a los valores de mercadolibre.com, se considera que las estanterías estándar de 1,20 metros de largo, tienen un costo de \$120 dólares. Puesto que se necesitan 55,8 metros lineales de estanterías, se deduce que se necesitan 47 estanterías en total para equipar la bodega. Los costos de inversión para la implementación de la bodega se detallan en el siguiente cuadro.

INVERSIÓN: COSTO DE IMPLEMENTACIÓN		
CONSTRUCCION		COSTOS
	MANO DE OBRA	\$7.400,00
	MATERIAL	\$29.600,00
	TERRENO	\$7.400,00
MUEBLES		
	ESTANTERIAS	\$5.640,00
	COMPUTADORA	\$500,00
	MOSTRADOR	\$800,00
INVERSIÓN TOTAL		\$51.340,00

Tabla 94: Costo de implementación de la bodega propuesta. (Elaborado por autor)

De la misma manera que los costos de inversión, se calculan los costos anuales de la farmacia, estos costos son estimados con el fin de tener una base de comparación para los costos futuros luego de la implementación de la nueva farmacia. Actualmente, la empresa mantiene 4 personas de soporte para la bodega, las mismas que tienen un sueldo de \$475, a esto hay que sumarle el sueldo del jefe de farmacia, el mismo que se encuentra en \$1000. Conjuntamente

a los costos de personal, se suma el costo de hacer un pedido, el mismo que se encuentra en \$21,42; a este costo se le tiene que multiplicar por el número de pedidos al año, hay que tener en cuenta que se realiza un pedido cada tres días. Además, hay que sumarle el costo de faltantes, el mismo que se calcula al multiplicar las ventas totales anuales por el porcentaje de faltantes. El jefe de bodega estima que apenas el 0,6% de los pedidos no se llegan a cumplir, en otras palabras, se tiene seis pedidos faltantes de cada mil ordenes. A todo esto hay que sumarle los costos de servicios básicos de la farmacia, estos costos no se tienen definidos para cada departamento, sin embargo se estima que entre teléfono, luz y agua, la farmacia gaste alrededor de \$600 dólares. En la siguiente tabla se detallan los costos fijos de la farmacia.

COSTOS ANUALES ACTUAL		
PERSONAL DE BODEGA		
	4 OPERARIOS	\$22.800,00
	JEFE DE BODEGA	\$12.000,00
COSTOS DE OPERACIÓN		
	HACER UN PEDIDO	\$2.606,10
SERVICIOS BÁSICOS		\$600,00
COSTO DE FALTANTES		\$24.384,26
COSTO TOTAL		\$62.390,36

Tabla 95: Costos anuales actuales de la bodega. (Elaborado por autor)

A continuación se procede a estimar los costos fijos de la farmacia después de trasladarse a la bodega propuesta. Para empezar, al tener una zona de recepción de pedidos más grande, va a permitir a los bodegueros almacenar las ordenes en está zona en lugar de ubicar los pedidos al momento de la recepción por falta de una zona donde ubicar el material; al optimizar este proceso, va a aumentar el tiempo útil del bodeguero y van a disminuir los tiempos muertos, permitiendo que la farmacia maneje un solo bodeguero en lugar de dos. Por otro lado, se va a reducir el número de pedidos ya que al tener mayor capacidad de almacenaje, se estima que se realicen pedidos cada 7 días en lugar de realizar pedidos cada 3 días. También hay que considerar que se espera disminuir los pedidos faltantes de 6 a 2 pedidos faltantes de cada 1000 ordenes. Sin embargo, hay que considerar que se estima que la nueva bodega va a registrar un aumento en los servicios del 30%. En la siguiente tabla se muestran los costos fijos estimados para la nueva bodega.

COSTOS ANUALES PROPUESTO		
PERSONAL DE BODEGA		
	3 OPERARIOS	\$17.100,00
	JEFE DE BODEGA	\$12.000,00
COSTOS DE OPERACIÓN		
	HACER UN PEDIDO	\$1.116,90
SERVICIOS BÁSICOS		780,00
COSTO DE FALTANTES		\$8.128,09

COSTO TOTAL	\$39.124,99
-------------	-------------

Tabla 96: Costos anuales la bodega propuesta. (Elaborado por autor)

Luego de comparar los costos fijos actuales de la farmacia con los costos fijos estimados de la nueva bodega, se llega a la conclusión que la nueva bodega va representar un ahorro en los costos fijos de \$23265, 37 dólares al año. A continuación se muestra la rentabilidad del sistema propuesto.

RENTABILIDAD DEL SISTEMA PROPUESTO			
	1er AÑO	2do AÑO	3er AÑO
INVERSIÓN INICIAL	\$51.340,00	0	0
AHORRO PROPUESTO	\$23.265,37	\$23.265,37	\$23.265,37
AHORRO ANUAL	\$-28.074,63	\$-4.809,26	\$18.456,12

Tabla 97: Rentabilidad del Sistema propuesto. (Elaborado por autor)

Se puede apreciar en la tabla anterior, que al tercer año se recupera todo el capital invertido en el primer año, además de obtener una utilidad de \$18456,12 dólares; por lo que se recomienda la implementación de la nueva bodega.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas con base al presente estudio:

- Posteriormente al análisis de las demandas de los productos, se encontró que dentro del grupo de los medicamentos los productos con mayor demanda son el Suprane, el Sevorane, el Germidal y el Analgan. De la misma manera los productos de mayor rotación dentro del grupo de los insumos médicos son la jeringuilla de 5cc, la jeringuilla de 10cc y el pañal protector de cama.
- Luego de analizar la demanda de los insumos médicos, tanto para la Jeringuilla de 5 cc, como la Jeringuilla de 10 cc y el Pañal Protector de Cama, se encontró que las demandas presentan una tendencia pero no una estacionalidad. Posteriormente se analizaron los diferentes métodos de pronóstico para cada uno de los productos y se encontró que, en todos los casos, el método Holt presentó un menor error.
- En el caso de los medicamentos, el Suprane de 240 ml, el Sevorane de 250 ml y el Germidal de 1 lt, se encontró que la demanda presenta una tendencia y una estacionalidad, en cuyos casos el método Winters es el más apropiado para realizar los pronósticos. Por otro lado, la demanda del Analgan de 1 g. manifiesta una tendencia pero una estacionalidad, para este medicamento el método Holt presenta un menor error.
- La demanda pronosticada para el siguiente periodo para los inusmos médicos es de 54902 unidades de Jeringuillas de 5cc, 50640 unidades de

Jejinguillas de 10cc y 18680 unidades de Pañales protectores de cama. En el caso de los medicamentos, la demanda pronosticada para el siguiente año es de 13510 unidades de Suprane, 15310 unidades de Sevorane, 31660 unidades de Germidal y 26129 unidades de analgan.

- El tamaño de pedido económico para los insumos médicos: Jeringuilla de 5 cc, Jeringuilla de 10 cc y Pañal Protector de Cama es de 1979, 1783 y 821 unidades respectivamente. En caso de los medicamentos Suprane de 240 ml, Sevorane de 250 ml, Germidal de 1 litro y Analgan de 1 g. el tamaño económico de pedido es de 760, 794, 1105 y 905 unidades respectivamente. Tanto para los medicamentos como para los insumos médicos descritos anteriormente, las cantidades de pedido económico están calculadas en base a 27 pedidos anuales.
- En el caso de la Jeringuilla de 5cc, la Jeringuilla de 10cc y el Pañal protector de cama los puntos de orden son 151, 139 y 52 unidades respectivamente. De la misma manera se concluye que los puntos de reorden para el Suprane, el Sevorane, el Germidal y el Analgan son de 38, 42, 87 y 72 unidades respectivamente.
- Se concluye que la política de almacenamiento de todos los productos corresponde una política de revisión continua del inventario. Esto se debe a que no se permiten faltantes puesto que pueden significar la vida o afectar la integridad de los pacientes que se atienden en la clínica.
- Luego de analizar la demanda y las características físicas de los productos que se manejan dentro de la farmacia de Novaclinica, se concluye que el espacio actual de almacenamiento no es suficiente para satisfacer sus

necesidades de manera eficiente, es por esta razón que se realizan pedidos cada 3 días, aumentando los costos de manejo de inventario.

- La política de almacenamiento se debe establecer para cada grupo de productos. En el caso de los medicamentos la política de almacenamiento debe ser dedicada, esto se debe a la complejidad de los nombres de estos productos y a que la presentación de estos productos es muy similar, por lo que un almacenamiento dedicado permite ubicar estos productos de manera fácil, disminuyendo el tiempo de recolección. Por otro lado, la política de almacenamiento para los insumos médicos debe ser aleatoria ya que si bien los tamaños de los subgrupos de insumos médicos son similares, la presentación de estos productos permite ubicarlos de manera sencilla; este tipo de política permite optimizar el espacio que se requiere en bodega.
- Para que la bodega pueda almacenar material para una semana, se necesita que sus dimensiones sean de 7.30 metros de largo y 10.20 metros de ancho tomando en cuenta que la altura normal de un piso es de 3 metros, incluyendo las zonas de recepción y de despacho.
- En el modelo propuesto de bodega, se utiliza los 7.30 metros de largo y 10.20 de ancho y 3 metros de alto de la zona de almacenamiento. En función de las necesidades de la zona de almacenamiento, se estima que la zona de recepción y despacho necesitan al menos de 2.50 metros de largo y 5.10 metros de ancho. Hay que tener en cuenta que si bien la bodega propuesta tiene una altura de 3 metros, solo se almacena material hasta los 2.10 metros de altura ya que la recolección y reposición del material se realiza de forma manual.

- La implementación de la bodega propuesta tiene un costo inicial de \$51340 dólares, sin embargo, hay que considerar que la bodega propuesta representa un ahorro de \$23265,37 dólares anuales. Tomando en cuenta el análisis financiero de la implementación de la nueva bodega, se concluye que el capital invertido se recuperaría en 3 años, obteniendo un beneficio al final del tercer año de \$18456, 12 dólares.

2. Recomendaciones

En función de los resultados del presente documento, a continuación se presentan las recomendaciones que se sugieren a la farmacia de Novaclinica.

- Realizar los pronósticos al final de cada año para los principales productos, tomando en cuenta el comportamiento de la demanda. Estos pronósticos deben realizarse con el fin de minimizar el error del pronóstico y de esta manera poder reaccionar de manera rápida al momento de un producto registre un cambio drástico en su demanda.
- Para los productos que no son considerados en el análisis de pronósticos, se recomienda utilizar la política de máximos y mínimos, donde se realicen los pedidos cuando el inventario de cada producto llegue al nivel de seguridad. Además el tamaño del pedido no debe exceder el inventario máximo establecido previamente para cada producto.
- Con el fin de llevar un control permanente de la demanda de los productos, se recomienda revisar el método de pronóstico para los productos principales al menos una vez al año, esta revisión permite

identificar si existen cambios en el comportamiento de la demanda y si el método utilizado es el apropiado considerando la demanda más reciente.

- Tener en consideración el número de pedidos y el tamaño de los pedidos al momento de planificar los pedidos anuales que se van a realizar. Si bien el modelo de tamaño de pedido económico requiere de supuestos que no se cumplen para los productos manejados en la farmacia de Novaclinica, los datos resultantes de este modelo son una buena referencia para la planificación de pedidos y cantidades de pedido.
- Mantener las políticas de almacenamiento **dedicado** y almacenamiento aleatorio para los medicamentos e insumos médicos respectivamente. Estas políticas permiten que los medicamentos sean ubicados rápidamente al mismo tiempo que optimizan el espacio necesario para el almacenamiento de insumos médicos. Cada tipo de producto debe tener una política clara y específica de acuerdo a las necesidades de cada grupo de productos.
- Coordinar con los diferentes proveedores los horarios de recepción de pedidos para cada uno de ellos, esto evita que se generen colas en el caso de que lleguen varios proveedores al mismo tiempo. La coordinación es importante ya que los proveedores no pierden tiempo al esperar que otros proveedores entreguen los pedidos al mismo tiempo que no se acumulan los vehículos de los proveedores en el estacionamiento; hay que considerar que el espacio en el estacionamiento es muy limitado.

Si bien en el presente documento se presenta el diseño de una bodega con ciertas dimensiones, hay que considerar que las dimensiones de la misma se

realizaron en base a la demanda de los productos. Además del análisis realizado, se debe analizar si existen contratos o convenios a futuro que se vayan a implementar o prescindir, ya que estos pueden influir en la demanda futura de los productos ofrecidos en la farmacia. Al no considerar los contratos y convenios futuros, se puede incurrir en un error grande al estimar los requerimientos de espacio necesario.

IX.BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, Iván (Marzo, 2013). Gerente General de ALBRA Constructores S.A. Precios de construcción y arriendo de locales. (A. Enríquez, Entrevistador).
- Alvarez, Katherine. Licenciada en Administración de Empresas. Costos de Construcción y diseño de bodega. (A. Enríquez, Entrevistador).
- Arango; Zapata; Pemberthy. (2010). Restructuración del layout de una zona de picking de una bodega industrial. Revista de ingeniería. Pág.: 54 – 61. Universidad de los Andes.
- Bassan, Roll, Rosenblatt (1980). Internal layout design of a warehouse, Vol 12, No. 4, pag:371-322.
- Bobadilla, Aguirre, Amaya, Velasco. (2008). Planeación de Gestión de Inventarios a través del análisis de procesos en la Farmacia Quirúrgica de una clínica. Universidad de los Andes.
- Cano, Valencia, Galindo. “Análisis y diseño de la distribución física de una empresa textil”. ESPOL.
- Chopra, Meindl (2008). Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, Planeación y Operación. Tercera Edición. México. Prentice Hall.
- Cook, A. (2006). Forecasting for Pharmaceutical Industry. Great Britain. Gower.
- Cruz, Aguirre, Amaya y Velasco. (2008). Estudio Analítico Para el Control de Inventarios de la Farmacia de Urgencias de una Clínica de la Ciudad. Universidad de los Andes.
- De La Torre, Fausto (Mayo, 2012) . Gerente General de Novaclinica S.A. Políticas Generales de Novaclinica S.A. (A. Enríquez, Entrevistador).
- Díaz, Sosa (2012). Determinants of International Competitiveness in the Pharmaceutical Industry. Esic Market Economic and Business Journal. Vol. 43, Issue 2, May-August 2012, 371-385
- Elsayed, Boucher. Analysis and Control of Production Systems.
- Ghiani, Laporte, Musmanno. (2004). Introduction to Logistic Systems Planning and

- Control. Tercera Edición. England. Wiley.
- Hernández, Amaya, Velasco. (2007). Modelo de Coordinación de Inventarios en la cadena de abastecimiento de medicamentos en un hospital público. Universidad de los Andes.
- Ministerio de Salud Pública (2012). Proyecto de Reglamento de Buenas Prácticas de Almacenamiento y distribución. http://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/proyecto_de_reglamento_bpa__en_tala_30-03-2012_final_para_web.pdf
- Montgomery, Runger, Hubele. (2007). Engineering Statistics. Fifth edition. Wiley. United States of America
- Nahmias, Steven (2007). Análisis de la Producción y las Operaciones. 5ta edición. McGraw-Hill higher education. México.
- Pluglia, J. (Mayo, 2012). Jefe de Farmacia e Insumos en Novaclinica S.A. Procesos y estrategias de la Farmacia de Novaclinica S.A. (A. Enríquez, Entrevistador)
- Stevenson, William. (2009). Operations Management. Tenth edition. McGraw-Hill higher education.
- Tompkins, White, Bozer, Tanchoco (2006). Planeación de Instalaciones. México. Thomsom.
- Universidad Nacional de Colombia. (2013). Modelos. Recuperado de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4060030/lecciones/Capitulo%201/modelos.html>
- Investigación de Operaciones. (2013). EOQ - Cantidad Económica de Pedido. Recuperado de <http://www.investigaciondeoperaciones.net/eq.html>

X. ANEXOS

1. Datos Demanda Insumos Médicos

ITEM	CONSUMO
JERINGUILLA 5CC	50013
JERINGUILLA 10CC	44087
PRUDENTIAL PAÑAL PROTECTOR DE CAMA X 1	24986
SACHED EN ALCOHOL CAJA DE 100 UND,	22842
CLORURO DE SODIO 0,9% 1000 ML	22398
ACCU CHEK ACTIVE GLUCOSA X 50 TIRAS - DOS	20121
ZAPATOS DESCARTABLES	19922
AGUJAS DESCARTABLE # 18 X 1 1/2	19908
LANCETAS ACCU CHEK X 200	19379
MASCARILLA DESCARTABLE CON ELASTICO	16335
JERINGUILLA 3CC	15368
MASCARILLA DESCARTABLE SIMPLE	15355
GORROS DE ENFERMERA X 100	14055
COPAS DE MEDICACION X 100	11400
ELECTRODOS ADULTO	11307
GUANTES # 7	11189
GUANTES # 7 1/2	9089
GORROS DE CIRUJANO X 100	9071
GUANTES # 6 1/2	8167
CLORURO DE SODIO 0,9% 100 ML	8077
JERINGUILLAS 20CC	7254
JERINGUILLA DE INSULINA	7229
COMPRESAS RAYOPACAS PQTX 5 LAP SPONGES	5647
CLORURO DE SODIO 0,9% 250 ML	5113
CONECTOR CLAVE	4641
FRASCO PARA MUESTRA ORINA ENVASE	4358
GUANTES DE EXAMINACION	4256.24
TOALLA MANOS EN "Z"	3857
CLORURO DE SODIO 0,9% 500 ML	3526
SABANA RESORTADAS 2,10 X 1,20	3526
VICRYL 1 CT-1 CIRUGIA GENERAL-GINECOLOGICO	2982
PAPEL HIGIENICO FLOR BLANCO X 12	2930
GUANTES # 8	2910
TERMOMETRO ORAL	2891
LLAVE DE 3 VIAS CON ALARGADERA	2797
CURITAS HANSAPLAST X 100 UND	2725
SONDA DE SUCCION # 16 HERENCO	2652
MANGUERA DE SUCCION CONECTOR GRANDE	2640
VENOSET CON LLAVE DE 3 VIAS	2550

HOSPIRA	
---------	--

2. Datos Demanda Medicamentos

ITEM	CONSUMO
SUPRANE 240 ML -BAXTER	29761
SEVORANE FCO X 250 ML -BAXTER - ABBOTT-SEVORANE	28523
GERMIDAL FCO, 1 LT, SAVLON	27201
ANALGAN 1 GR COM X 20	21840
COMBUR 10 TEST X 100 DET X UNIDADES	16926
UMBRAL 500 MG CAP - ACETAMINOFEN	13405
CEFADIN 500 MG CAP X 120	12945
ZOLIDINA	11179
SOLETROL-K	10856
ESQZ TAB 40MG	10454
FUROSEMIDA 20 MG AMP SANDERSON	10226
CLEXANE 40MG - ENOXAPARINA SODICA	8617
COUMADIN 5 MG X 30 TAB	8507
METAMIZOL -GRUNENTHAL - DOLRAD 1GR AMP	8504
METAMIZOL 2,5MG - NOVALGINA AMP	6810
CLEXANE 60 MG - ENOXAPARINA SODICA	6183
DOLGENAL 30 MG AMP 2 ML	5943
DUSPATALIN RETARD CAP X30	5943
ZALDIAR COM X 20	5831
OMEZZOL 40 MG CAP X 10	5610
OMEZZOL 40MG AMP, IV	5605
LACTATO DE RINGER X 1000 ML	5178
ZINNAT 500 MG TAB X 10	5159
TEGADERM 6CM X 7CM	4878
SOLETROL-NA	4708
UNASYN 1,5 GR AMP X 1	4667
PROFENID LIOFILIZADO IV 100 MG AMP	4564
DEXTROSA NA 5% X 1000 ML	4238
PRADAXA 110MG TAB	4091
DIGESPAR TAB X 20	4043
FLUIMUCIL-3ML 300 MG AMP - ACETILCISTEINA	3935
BUPREX FLASH 400 MG X 10	3812
CELEBREX 200 MG CAP X 10	3720
LASIX 40 MG TAB X 24 - FUROSEMIDA - SANOFI	3688
DOLGENAL 20 MG COM X 10	3673
ADORLAN TAB	3654
ZETIX 7,5 MG COM X 20	3500
OMEZZOL 20 MG CAP X 10	3424
FENTANYL AMP 50 MCGR/M	3398

3. Pareto Insumos Médicos

ITEM	CONSUMO	% DE REPRESENTACIÓN	% ACUMULADO
JERINGUILLA 5CC	50013	8.716568926	8.716568926
JERINGUILLA 10CC	44087	7.68374971	16.40031864
PRUDENTIAL PAÑAL PROTECTOR DE CAMA X 1	24986	4.354711599	20.75503024
SACHED EN ALCOHOL CAJA DE 100 UND,	22842	3.981042277	24.73607251
CLORURO DE SODIO 0,9% 1000 ML	22398	3.903659265	28.63973178
ACCU CHEK ACTIVE GLUCOSA X 50 TIRAS - DOS	20121	3.506809897	32.14654167
ZAPATOS DESCARTABLES	19922	3.47212697	35.61866864
AGUJAS DESCARTABLE # 18 X 1 1/2	19908	3.469686965	39.08835561
LANCETAS ACCU CHEK X 200	19379	3.377489637	42.46584525
MASCARILLA DESCARTABLE CON ELASTICO	16335	2.846962858	45.31280811
JERINGUILLA 3CC	15368	2.678428234	47.99123634
MASCARILLA DESCARTABLE SIMPLE	15355	2.676162515	50.66739885
GORROS DE ENFERMERA X 100	14055	2.449590632	53.11698949
COPAS DE MEDICACION X 100	11400	1.986861131	55.10385062
ELECTRODOS ADULTO	11307	1.970652527	57.07450314
GUANTES # 7	11189	1.950086772	59.02458992
GUANTES # 7 1/2	9089	1.584086037	60.60867595
GORROS DE CIRUJANO X 100	9071	1.580948888	62.18962484
GUANTES # 6 1/2	8167	1.423394286	63.61301913
CLORURO DE SODIO 0,9% 100 ML	8077	1.40770854	65.02072767
JERINGUILLAS 20CC	7254	1.264271109	66.28499878
JERINGUILLA DE INSULINA	7229	1.259913958	67.54491273
COMPRESAS RAYOPACAS PQTX 5 LAP SPONGES	5647	0.984193404	68.52910614
CLORURO DE SODIO 0,9% 250 ML	5113	0.891124646	69.42023078
CONECTOR CLAVE	4641	0.808861624	70.22909241
FRASCO PARA MUESTRA ORINA ENVASE	4358	0.759538668	70.98863108
GUANTES DE EXAMINACION	4256.24	0.741803318	71.73043439
TOALLA MANOS EN "Z"	3857	0.672221349	72.40265574
CLORURO DE SODIO 0,9% 500 ML	3526	0.614532662	73.01718841
SABANA RESORTADAS 2,10 X 1,20	3526	0.614532662	73.63172107
VICRYL 1 CT-1 CIRUGIA GENERAL-GINECOLOGICO	2982	0.519721043	74.15144211
PAPEL HIGIENICO FLOR BLANCO X 12	2930	0.510658168	74.66210028
GUANTES # 8	2910	0.507172447	75.16927273
TERMOMETRO ORAL	2891	0.503861011	75.67313374
LLAVE DE 3 VIAS CON ALARGADERA	2797	0.487478121	76.16061186
CURITAS HANSAPLAST X 100 UND	2725	0.474929525	76.63554138
SONDA DE SUCCION # 16 HERENCO	2652	0.462206642	77.09774803
MANGUERA DE SUCCION CONECTOR GRANDE	2640	0.460115209	77.55786323

VENOSET CON LLAVE DE 3 VIAS HOSPIRA	2550	0.444429464	78.0022927
--	------	-------------	------------

4. Pareto Medicamentos

ITEM	CONSUMO	% DE REPRESENTACIÓN	% ACUMULADO
SUPRANE 240 ML -BAXTER	29761	4.943851955	4.943851955
SEVORANE FCO X 250 ML -BAXTER - ABBOTT-SEVORANE	28523	4.738197282	9.682049238
GERMIDAL FCO, 1 LT, SAVLON	27201	4.518588657	14.20063789
ANALGAN 1 GR COM X 20	21840	3.628027509	17.8286654
COMBUR 10 TEST X 100 DET X UNIDADES	16926	2.81172132	20.64038672
UMBRAL 500 MG CAP - ACETAMINOFEN	13405	2.226818167	22.86720489
CEFADIN 500 MG CAP X 120	12945	2.150403668	25.01760856
ZOLIDINA	11179	1.85703844	26.874647
SOLETROL-K	10856	1.803382172	28.67802917
ESUZ TAB 40MG	10454	1.736602545	30.41463172
FUROSEMIDA 20 MG AMP SANDERSON	10226	1.698727532	32.11335925
CLEXANE 40MG - ENOXAPARINA SODICA	8617	1.431442905	33.54480215
COUMADIN 5 MG X 30 TAB	8507	1.413169873	34.95797203
METAMIZOL -GRUNENTHAL - DOLRAD 1GR AMP	8504	1.412671517	36.37064354
METAMIZOL 2,5MG - NOVALGINA AMP	6810	1.131266819	37.50191036
CLEXANE 60 MG - ENOXAPARINA SODICA	6183	1.027110535	38.5290209
DOLGENAL 30 MG AMP 2 ML	5943	0.987242101	39.516263
DUSPATALIN RETARD CAP X30	5943	0.987242101	40.5035051
ZALDIAR COM X 20	5831	0.968636832	41.47214193
OMEZZOL 40 MG CAP X 10	5610	0.931924649	42.40406658
OMEZZOL 40MG AMP, IV	5605	0.931094056	43.33516064
LACTATO DE RINGER X 1000 ML	5178	0.860161467	44.1953221
ZINNAT 500 MG TAB X 10	5159	0.857005216	45.05232732
TEGADERM 6CM X 7CM	4878	0.810325924	45.86265324
SOLETROL-NA	4708	0.782085784	46.64473903
UNASYN 1,5 GR AMP X 1	4667	0.775274926	47.42001395
PROFENID LIOFILIZADO IV 100 MG AMP	4564	0.758164723	48.17817868
DEXTROSA NA 5% X 1000 ML	4238	0.7040101	48.88218878
PRADAXA 110MG TAB	4091	0.679590684	49.56177946
DIGESPAR TAB X 20	4043	0.671616997	50.23339646
FLUIMUCIL-3ML 300 MG AMP - ACETILCISTEINA	3935	0.653676202	50.88707266
BUPREX FLASH 400 MG X 10	3812	0.633243629	51.52031629
CELEBEX 200 MG CAP X 10	3720	0.61796073	52.13827702
LASIX 40 MG TAB X 24 - FUROSEMIDA - SANOFI	3688	0.612644938	52.75092196
DOLGENAL 20 MG COM X 10	3673	0.610153161	53.36107512
ADORLAN TAB	3654	0.60699691	53.96807203
ZETIX 7,5 MG COM X 20	3500	0.581414665	54.54948669
OMEZZOL 20 MG CAP X 10	3424	0.568789661	55.11827635

FENTANYL AMP 50 MCGR/M	3398	0.56447058	55.68274694
------------------------	------	------------	-------------

5. Demanda Anual de Insumos Médicos

Mes	ITEM		
	JERINGUILLA 5CC	JERINGUILLA 10CC	PAÑAL PROTECTOR DE CAMA
ago-11	3663	2985	2289
sep-11	3790	2982	2369
oct-11	3835	3231	2146
nov-11	3416	2946	2145
dic-11	3534	3232	2104
ene-12	4327	3743	2189
feb-12	3716	3280	1549
mar-12	4951	4071	2154
abr-12	4315	3865	2097
may-12	3760	3809	1979
jun-12	3851	3468	1952
jul-12	3912	3474	1712
ago-12	4615	3995	1855

6. Demanda Anual de Medicamentos

Mes	ITEM			
	SUPRANE 240 ML	SEVORANE FCO X 250 ML	GERMIDAL FCO, 1 LT	ANALGAN 1 GR
ago-11	4800	3350	2000	1168
sep-11	5280	3250	2002	1139
oct-11	3600	2250	2998	1476
nov-11	1200	1750	2000	1728
dic-11	4080	3223	2001	1685
ene-12	1200	1330	2000	1968
feb-12	1440	1750	1000	1575
mar-12	3840	2970	4000	1942
abr-12	960	1600	1000	1911
may-12	2400	3050	3000	1863
jun-12	1680	2250	2000	1480
jul-12	1440	1098	2000	2005
ago-12	1680	2250	3200	1979

7. Número de Posiciones de Insumos Médicos

Posiciones en Ny

SUBGRUPO	m(unidades)	ax(cm)	wx(cm)	ay(cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Ny
PAQUETE TIPO 1	668.615385	50	60	6	400	6.676403146
PAQUETE TIPO 2	568.038462	50	60	10	200	6.741148042
PAQUETE TIPO 3	420.620192	50	60	12	100	7.488837848
PAQUETE TIPO 4	11.9358974	50	60	10	22	2.946294738
60 ML	3.89543269	50	60	3	22	3.073023461
120 ML	16.4980769	50	60	5	22	4.898693989
250 ML	19	50	60	6	11	6.786796451
500 ML	15.1043956	50	60	6.5	11	5.813780707
LITRO	86.6115385	50	60	8	22	8.873430128
GALON	15.3192308	50	60	13	7	5.189885475
						58.48829398

Posiciones en Nx

SUBGRUPO	m(unidades)	ay(cm)	wx(cm)	ax(cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Nx
PAQUETE TIPO 1	668.615385	6	60	50	400	0.250365118
PAQUETE TIPO 2	568.038462	10	60	50	200	0.421321753
PAQUETE TIPO 3	420.620192	12	60	50	100	0.561662839
PAQUETE TIPO 4	11.9358974	10	60	50	22	0.184143421
60 ML	3.89543269	3	60	50	22	0.05761919
120 ML	16.4980769	5	60	50	22	0.153084187
250 ML	19	6	60	50	11	0.254504867
500 ML	15.1043956	6.5	60	50	9	0.261112166
LITRO	86.6115385	8	60	50	7	0.786545514
GALON	15.3192308	13	60	50	7	0.421678195

8. Número de Posiciones de Medicamentos

Posiciones en Ny (Blisters)

Subgrupos	m(unidades)	αx (cm)	wx(cm)	αy (cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Ny
A	8	12	60	12	88	1
B	1	50	60	12	88	1
C	11	50	60	12	88	1
D	4	50	60	12	88	1
E	4	50	60	12	88	1
F	1	50	60	12	88	1
G	1	50	60	12	88	1
H	1	50	60	12	88	1
I	1	50	60	12	88	1
J	1	50	60	12	88	1
K	1	50	60	12	88	1
L	3	50	60	12	88	1
M	2	50	60	12	88	1
N	2	50	60	12	88	1
O	3	50	60	12	88	1
P	5	50	60	12	88	1
R	1	50	60	12	88	1
S	3	50	60	12	88	1
T	2	50	60	12	88	1
U	4	50	60	12	88	1
V	2	50	60	12	88	1
X	1	50	60	12	88	1
Z	3	50	60	12	88	1
total	65	50	60	12	88	3.138229572

Posiciones en Nx (Blísteres)

	m(unidades)	αy (cm)	wx(cm)	αx (cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Nx
A	8	12	60	50	88	1
B	1	12	60	50	88	1
C	11	12	60	50	88	1
D	4	12	60	50	88	1
E	4	12	60	50	88	1
F	1	12	60	50	88	1
G	1	12	60	50	88	1
H	1	12	60	50	88	1

I	1	12	60	50	88	1
J	1	12	60	50	88	1
K	1	12	60	50	88	1
L	3	12	60	50	88	1
M	2	12	60	50	88	1
N	2	12	60	50	88	1
O	3	12	60	50	88	1
P	5	12	60	50	88	1
R	1	12	60	50	88	1
S	3	12	60	50	88	1
T	2	12	60	50	88	1
U	4	12	60	50	88	1
V	2	12	60	50	88	1
X	1	12	60	50	88	1
Z	3	12	60	50	88	1
total	65	12	60	50	88	0.235367218

Posiciones en Ny (Frascos)

Subgrupos	m(unidades)	$\alpha_x(\text{cm})$	$w_x(\text{cm})$	$\alpha_y(\text{cm})$	nz(posiciones)	Posiciones en Ny
A	7	50	60	5	26	2
B	1	50	60	5	26	1
C	1	50	60	5	26	1
D	17	50	60	5	26	4
E	1	50	60	5	26	1
F	2	50	60	5	26	1
G	55	50	60	5	26	8
H	3	50	60	5	26	1
I	1	50	60	5	26	1
J	0	50	60		26	
K	4	50	60	5	26	2
L	12	50	60	5	26	3
M	1	50	60	5	26	1
N	1	50	60	5	26	1
O	2	50	60	5	26	1
P	1	50	60	5	26	1
R	1	50	60	5	26	1
S	151	50	60	5	26	13
T	1	50	60	5	26	1
U	5	50	60	5	26	2
V	1	50	60	5	26	1
X	0	50	60		26	
Z	1	50	60	5	26	1
total	269	50	60	5	26	18.19551931

Posiciones en Nx (Frascos)

	m(unidades)	ay(cm)	wx(cm)	ax(cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Nx
A	7	5	60	50	26	1
B	1	5	60	50	26	1
C	1	5	60	50	26	1
D	17	5	60	50	26	1
E	1	5	60	50	26	1
F	2	5	60	50	26	1
G	55	5	60	50	26	1
H	3	5	60	50	26	1
I	1	5	60	50	26	1
J						
K	4	5	60	50	26	1
L	12	5	60	50	26	1
M	1	5	60	50	26	1
N	1	5	60	50	26	1
O	2	5	60	50	26	1
P	1	5	60	50	26	1
R	1	5	60	50	26	1
S	151	5	60	50	26	1
T	1	5	60	50	26	1
U	5	5	60	50	26	1
V	1	5	60	50	26	1
X				50		
Z	1	5	60	50	26	1
total	269	5	60	50	26	0.568609979

Posiciones en Ny (Ampollas)

Subgrupos	m(unidades)	ax(cm)	wx(cm)	ay(cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Ny
A	5	50	60	3	35	2
B	8	50	60	3	35	3
C	25	50	60	3	35	6
D	12	50	60	3	35	4
E	2	50	60	3	35	1
F	22	50	60	3	35	5
G	5	50	60	3	35	2
H	3	50	60	3	35	2
I	0	50	60		35	
J	0	50	60		35	
K	2	50	60	3	35	1
L	4	50	60	3	35	2
M	28	50	60	3	35	6
N	5	50	60	3	35	2
O	12	50	60	3	35	4

P	9	50	60	3	35	3
R	2	50	60	3	35	1
S	5	50	60	3	35	2
T	8	50	60	3	35	3
U	6	50	60	3	35	3
V	1	50	60	3	35	1
X	0	50	60		35	
Z	14	50	60	3	35	4
total	178	50	60	3	35	16.46930767

Posiciones en Nx (Ampollas)

	m(unidades)	αy (cm)	wx(cm)	αx (cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Nx
A	5	3	60	50	35	1
B	8	3	60	50	35	1
C	25	3	60	50	35	1
D	12	3	60	50	35	1
E	2	3	60	50	35	1
F	22	3	60	50	35	1
G	5	3	60	50	35	1
H	3	3	60	50	35	1
I						
J						
K	2	3	60	50	35	1
L	4	3	60	50	35	1
M	28	3	60	50	35	1
N	5	3	60	50	35	1
O	12	3	60	50	35	1
P	9	3	60	50	35	1
R	2	3	60	50	35	1
S	5	3	60	50	35	1
T	8	3	60	50	35	1
U	6	3	60	50	35	1
V	1	3	60	50	35	1
X				50		
Z	14	3	60	50	35	1
total	178	3	60	50	35	0.308799519

Posiciones en Ny (Cremas)

Subgrupos	m(unidades)	αx (cm)	wx(cm)	αy (cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Ny
A	1	50	60	10	100	1
B	1	50	60	10	100	1

C	1	50	60	10	100	1
D	0	50	60	10	100	
E	0	50	60	10	100	
F	0	50	60	10	100	
G	1	50	60	10	100	1
H	0	50	60	10	100	
I	0	50	60	10	100	
J	0	50	60	10	100	
K	0	50	60	10	100	
L	1	50	60	10	100	1
M	1	50	60	10	100	1
N	0	50	60	10	100	
O	1	50	60	10	100	1
P	1	50	60	10	100	1
R	0	50	60	10	100	
S	1	50	60	10	100	1
T	14	50	60	10	100	1
U	0	50	60	10	100	
V	5	50	60	10	100	1
X	0	50	60	10	100	
Z	1	50	60	10	100	1
total	29	50	60	10	100	2.154065923

Posiciones en Nx (Cremas)

	m(unidades)	ay(cm)	wx(cm)	ax(cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Nx
A	1	10	60	50	100	1
B	1	10	60	50	100	1
C	1	10	60	50	100	1
D						
E						
F						
G	1	10	60	50	100	1
H						
I						
J						
K						
L	1	10	60	50	100	1
M	1	10	60	50	100	1
N						
O	1	10	60	50	100	1
P	1	10	60	50	100	1
R						
S	1	10	60	50	100	1
T	14	10	60	50	100	1
U						
V	5	10	60	50	100	1

X						
Z	1	10	60	50	100	1
total	29	12	60	50	100	0.147478812

Posiciones en Ny (Parches)

Subgrupos	m(unidades)	$\alpha_x(\text{cm})$	$w_x(\text{cm})$	$\alpha_y(\text{cm})$	nz(posiciones)	Posiciones en Ny
A	0	50	60	5	200	
B	0	50	60	5	200	
C	0	50	60	5	200	
D	1	50	60	5	200	1
E	0	50	60	5	200	
F	0	50	60	5	200	
G	0	50	60	5	200	
H	0	50	60	5	200	
I	0	50	60	5	200	
J	0	50	60	5	200	
K	0	50	60	5	200	
L	0	50	60	5	200	
M	0	50	60	5	200	
N	2	50	60	5	200	1
O	0	50	60	5	200	
P	0	50	60	5	200	
R	0	50	60	5	200	
S	0	50	60	5	200	
T	10	50	60	5	200	1
U	0	50	60	5	200	
V	0	50	60	5	200	
X	0	50	60	5	200	
Z	0	50	60	5	200	
total	13	50	60	5	200	1.44222051

Posiciones en Nx (Parches)

	m(unidades)	$\alpha_y(\text{cm})$	$w_x(\text{cm})$	$\alpha_x(\text{cm})$	nz(posiciones)	Posiciones en Nx
A						
B						
C						
D	1	5	60	50	200	1
E						
F						
G						
H						

I						
J						
K						
L						
M						
N	2	5	60	50	200	1
O						
P						
R						
S						
T	10	5	60	50	200	1
U				50		
V				50		
X				50		
Z				50		
total	13	10	60	50	200	0.063737744

Posiciones en Ny (Sobres)

Subgrupos	m(unidades)	ax(cm)	wx(cm)	ay(cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Ny
A	0	50	60	5	200	
B	1	50	60	5	200	1
C	0	50	60	5	200	
D	1	50	60	5	200	1
E	0	50	60	5	200	
F	1	50	60	5	200	1
G	0	50	60	5	200	
H	0	50	60	5	200	
I	0	50	60	5	200	
J	0	50	60	5	200	
K	0	50	60	5	200	
L	0	50	60	5	200	
M	0	50	60	5	200	
N	1	50	60	5	200	1
O	0	50	60	5	200	
P	3	50	60	5	200	1
R	0	50	60	5	200	
S	0	50	60	5	200	
T	1	50	60	5	200	1
U	0	50	60	5	200	
V	1	50	60	5	200	1
X	0	50	60	5	200	
Z	0	50	60	5	200	
total	9	50	60	5	200	1.2

Posiciones en Nx (Sobres)

	m(unidades)	ay(cm)	wx(cm)	ax(cm)	nz(posiciones)	Posiciones en Nx
A						
B	1	5	60	50	200	1
C						
D	1	5	60	50	200	1
E						
F	1	5	60	50	200	1
G						
H						
I						
J						
K						
L						
M						
N	1	5	60	50	200	1
O						
P	3	5	60	50	200	1
R						
S						
T	1	5	60	50	200	1
U						
V	1	5	60	50	200	1
X				50		
Z				50		
total	9	9	60	50	200	0.050311529

9. Análisis Financiero

INVERSIÓN: COSTO DE IMPLEMENTACIÓN		
CONSTRUCCION		COSTOS
	MANO DE OBRA	\$ 7,400.00
	MATERIAL	\$ 29,600.00
	TERRENO	\$ 7,400.00
MUEBLES		
	ESTANTERIAS	\$ 5,640.00
	COMPUTADORA	\$ 500.00
	MOSTRADOR	\$ 800.00
INVERSIÓN TOTAL		\$ 51,340.00

COSTOS ANUALES ACTUAL		
PERSONAL DE BODEGA		
	4 OPERARIOS	\$ 22,800.00
	JEFE DE BODEGA	\$ 12,000.00
COSTOS DE OPERACIÓN		
	HACER UN PEDIDO	\$ 2,606.10
SERVICIOS BÁSICOS		\$ 600.00
COSTO DE FALTANTES		\$ 24,384.26
COSTO TOTAL		\$ 62,390.36

COSTOS ANUALES PROPUESTO		
PERSONAL DE BODEGA		
	3 OPERARIOS	\$ 17,100.00
	JEFE DE BODEGA	\$ 12,000.00
COSTOS DE OPERACIÓN		
	HACER UN PEDIDO	\$ 1,116.90
SERVICIOS BÁSICOS		780.00
COSTO DE FALTANTES		\$ 8,128.09
COSTO TOTAL		\$ 39,124.99

RENTABILIDAD DEL SISTEMA PROPUESTO			
	1er AÑO	2do AÑO	3er AÑO
INVERSIÓN INICIAL	\$ 51,340.00	0	0
AHORRO PROPUESTO	\$ 23,265.37	\$ 23,265.37	\$ 23,265.37

AHORRO ANUAL	\$ - 28,074.63	\$ - 4,809.26	\$ 18,456.12
---------------------	--------------------------	-------------------------	------------------------