

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO PARA UNA EMPRESA IMPORTADORA DE VIDRIOS Y MATERIALES PARA EL SECTOR AUTOMOTRIZ E INDUSTRIAL**

#### **TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGISTER (MSc.) EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD**

**ING. RAMIRO ALEJANDRO GUTIERREZ COLLAGUAZO**

ramialejo\_gutierrez@hotmail.com

**DIRECTOR: ING. PEDRO ENRIQUE BUITRÓN FLORES, MSc.**

pedro.buitron@epn.edu.ec

**Quito, agosto 2016**

© Escuela Politécnica Nacional (2016)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo, Ramiro Alejandro Gutiérrez Collaguazo declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Ramiro Alejandro Gutiérrez Collaguazo

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ramiro Alejandro Gutiérrez Collaguazo, bajo mi supervisión.

---

Ing. Pedro Buitrón MSc.  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a mi familia, a mi esposa, a mis hijos quienes han sido parte fundamental en mi vida y a mi Padre quién a través de sus sabios consejos supo guiarme por el camino del trabajo y la superación.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida y llenarme de salud para alcanzar esta meta

A la Escuela Politécnica Nacional por la enseñanza recibida en sus aulas

A la empresa Dicomvisek Cia. Ltda y en especial a su gerente general por permitir el acceso a su información que ha posibilitado la realización de esta tesis

Al mi director de tesis, por su acertada dirección

A toda mi familia, por su apoyo incondicional

A todas aquellas personas que de una forma u otra hicieron posible la culminación de este proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
<b>RESUMEN</b>	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	xvi
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Documentación del proceso	1
1.2. Gestión de la demanda	2
1.2.1. Características de la demanda	2
1.2.2. Estimación de la demanda	3
1.2.3. Factores de tiempo en un pronóstico	4
1.2.4. Clasificación de los pronósticos	4
1.2.5. Modelo de pronósticos de series de tiempo	5
1.2.5.1. Promedio móvil simple	6
1.2.5.2. Promedio móvil ponderado	7
1.2.5.3. Suavización exponencial simple	8
1.2.5.4. Suavización Exponencial con ajuste a la tendencia	8
1.2.6. Selección del método para pronosticar la demanda	9
1.2.6.1. Error de pronóstico	10
1.2.6.2. Suma acumulada de errores de pronóstico (CFE)	11
1.2.6.3. Error cuadrático medio (MSE)	11
1.2.6.4. Desviación estándar ( $\sigma$ )	12
1.2.6.5. Desviación media absoluta (MAD)	12
1.2.6.6. Error porcentual medio absoluto (MAPE)	13
1.2.6.7. Señal de rastreo (TS)	13
1.2.6.8. Criterios para la selección de los métodos series de tiempo	14
1.3. Métricas de gestión de inventarios	14
1.3.1. Indicadores de gestión logística	15
1.3.1.1. Funciones de los indicadores de gestión	16
1.3.1.2. Características de los indicadores de gestión	16
1.3.1.3. Estructura del indicador	17
1.3.2. Clasificación de los indicadores de gestión logística	17

1.4. Modelos de administración de inventario	19
1.4.1. Funciones del inventario	19
1.4.2. Tipos de inventario	20
1.4.3. Costos del inventario	20
1.4.4. Clasificación ABC	21
1.4.5. Modelos de inventarios	22
1.4.6. Modelos de inventarios determinísticos	23
1.4.6.1. Modelo de cantidad económica de pedido (EOQ)	23
1.4.7. Modelos de inventarios probabilísticos	25
1.4.7.1. Sistema de revisión continua (Q)	25
1.4.7.2. Sistema de revisión periódica (P)	28
1.4.7.3. Nivel de servicio de ciclo	30
1.4.7.4. Fill-Rate (FR)	31
1.4.7.5. Estrategia PULL & PUSH	31
1.4.8. Simulación del modelo de inventario por computadora	32
1.4.8.1. Simulación Montecarlo por computadora	33
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>36</b>
2.1. Clasificación de los productos	36
2.2. Análisis de la demanda	37
2.2.1. Análisis de la demanda del mercado	37
2.2.2. pronósticos de la demanda	45
2.2.2.1. Objetivo	45
2.2.2.2. Selección de los Productos	45
2.2.2.3. Horizonte de Tiempo	46
2.2.2.4. Recolección de Datos	47
2.2.2.5. Uso de Software	51
2.2.2.6. Selección del modelo de pronóstico	51
2.2.2.7. Realización del pronóstico	62
2.2.2.8. Validación e implementación de resultados	62
2.3. Definición y selección del modelo de administración del inventario	63
2.3.1. Análisis de las variables que afectan al inventario	63
2.3.1.1. Comportamiento de la Demanda (D)	64
2.3.1.2. Tiempo de Reposición (Lead Time) (L)	65
2.3.1.3. Definición de los Costos del Inventario	67



2.3.1.4. Definición del Nivel de servicio – Fill-Rate	70
2.3.2. Selección del modelo de inventario	71
2.4. Aplicación de las métricas de gestión de inventarios	72
2.4.1. Definición de indicadores de gestión	72
2.4.2. Aplicación de los indicadores de gestión	77
2.5. Implementación del modelo de administración del inventario	78
2.5.1. Simulación del modelo de administración del inventario	79
2.5.1.1. Supuestos aplicados al modelo	80
2.5.1.2. Restricciones del modelo	80
2.5.1.3. Parámetros y cálculos del modelo	81
2.5.1.4. Simulación del modelo mediante el método Montecarlo	86
2.5.1.5. Cálculo Fill-rate y la rotación del inventario mediante simulación	92
2.6. Evaluación de resultados de la implementación del modelo de administración del inventario	97
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>98</b>
3.1. Análisis de la clasificación ABC	98
3.1.1. Situación actual de la empresa	98
3.1.1.1. Misión	99
3.1.1.2. Visión	99
3.1.1.3. Valores Empresariales	99
3.1.1.4. Estructura Organizacional	100
3.1.1.5. Proveedores	101
3.1.1.6. Clientes	102
3.1.1.7. Localización	102
3.1.1.8. Cadena Logística de los inventarios	102
3.1.2. Resultados análisis de la clasificación ABC	103
3.2. Análisis de la demanda	125
3.2.1. Pronósticos de la demanda	126
3.3. Selección del modelo de administración del inventario	144
3.4. Indicadores de gestión	145
3.4.1. Rotación del inventario (RI)	146
3.4.2. Exactitud del inventario (EI)	146
3.4.3. Índice de obsolescencia (IO)	147
3.4.4. Fill-rate (FR)	148

3.5. Implementación del modelo de administración del inventario	149
3.5.1. Resultados de la situación actual de la empresa	150
3.5.2. Resultados de la simulación de la implementación del modelo de administración de inventarios	151
3.5.2.1. Costo Total Anual del inventario	153
3.5.2.2. Valor promedio del Inventario agregado	155
3.5.2.3. Fill-Rate	157
3.5.2.4. Rotación del Inventario	159
3.5.2.5. Política del Tiempo de Revisión y el Nivel de Servicio en el modelo de inventarios	161
3.5.2.6. Comparativo situación actual vs modelo implementado	162
3.5.2.7. Establecimiento del modelo de administración del inventario	163
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	162
4.1. Conclusiones	165
4.2. Recomendaciones	168
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	170
<b>ANEXOS</b>	174

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 2.1.</b> Venta de vehículos por año 2002 - 2014	39
<b>Tabla 2.2.</b> Venta de vehículos por año 2002 – 2014, clasificados por categorías (livianos y pesados)	41
<b>Tabla 2.3.</b> Venta de vehículos por año 2007 – 2014, clasificados por provincias	42
<b>Tabla 2.4.</b> Venta de vehículos por año 2007 – 2014, provincia de Pichincha	42
<b>Tabla 2.5.</b> Importación de productos familia A1, Año 2004 ~ 2014	43
<b>Tabla 2.6.</b> Importación de productos familias A2 ~ A5, Año 2004 ~ 2014	43
<b>Tabla 2.7.</b> Importación de productos familia B6, Año 2007 ~ 2014	44
<b>Tabla 2.8.</b> Productos a pronosticarse	46
<b>Tabla 2.9.</b> Ventas históricas año 2014 y año 2015 (01 ~ 08)	49
<b>Tabla 2.10.</b> Simulación por el método de promedio Móvil con 3 periodos	54
<b>Tabla 2.11.</b> Simulación por el método de promedio Móvil con 4 periodos	55
<b>Tabla 2.12.</b> Simulación por el método de promedio Ponderado con 3 periodos	56
<b>Tabla 2.13.</b> Simulación por el método de promedio Ponderado con 4 periodos	57
<b>Tabla 2.14.</b> Simulación por el método de suavización exponencial simple	58
<b>Tabla 2.15.</b> Simulación por el método de suavización exponencial con ajuste de tendencia	59
<b>Tabla 2.16.</b> Comparación de errores de pronóstico para seleccionar el método a utilizarse	60
<b>Tabla 2.17.</b> Lead time de los países que donde importa la empresa y el nro. de SKUs	66
<b>Tabla 2.18.</b> Costos de almacenamiento en % del costo unitario del producto	69
<b>Tabla 2.19.</b> Indicadores de gestión del inventario - empresa en estudio	75
<b>Tabla 2.20.</b> Datos de entrada requeridos para el cálculo del inventario de	

seguridad, inventario objetivo y costos del inventario	82
<b>Tabla 2.21.</b> Variables de análisis en el sistema de revisión periódica	83
<b>Tabla 2.22.</b> Costos asociados al manejo del inventario	84
<b>Tabla 2.23.</b> Cálculo del SS, T y C para el SKU: P861101-2S060	85
<b>Tabla 2.24.</b> Cantidad simulada a solicitar en cada revisión; SKU: P861101-2S060	85
<b>Tabla 2.25.</b> Distribución de la demanda SKU: P861101-2E000	87
<b>Tabla 2.26.</b> Distribución de probabilidades de la demanda, SKU: P861101-2E00	88
<b>Tabla 2.27.</b> Asignación de intervalos de nro. aleatorios, SKU: P861101-2E000	88
<b>Tabla 2.28.</b> Generación del valor de la demanda simulada, SKU: P861101-2E000	89
<b>Tabla 2.29.</b> Simulación del inventario mensual, SKU: P861101-2E000	90
<b>Tabla 2.30.</b> Estadística descriptiva demanda simulada mensual, SKU: P861101-2E000	91
<b>Tabla 2.31.</b> Resultados de la simulación del modelo de inventario con P=3, SKU: P861101-2E000	94
<b>Tabla 2.32.</b> Resultados de la simulación del modelo de inventario con P=2, SKU: P861101-2E000	95
<b>Tabla 2.33.</b> Resultados de la simulación del modelo de inventario con P=1, SKU: P861101-2E000	96
<b>Tabla 3.1.</b> Principales proveedores de la empresa en estudio	101
<b>Tabla 3.2.</b> Número de SKUs clasificados en familias	104
<b>Tabla 3.3.</b> Clasificación ABC por familias, año 2014	106
<b>Tabla 3.4.</b> Clasificación ABC por familias excluido B8, ventas año 2014	107
<b>Tabla 3.5.</b> Clasificación ABC por familias, ventas año 2015 (01 ~ 08)	108
<b>Tabla 3.6.</b> Productos clase A - ventas año 2015 (01 ~ 08)	109
<b>Tabla 3.7.</b> Clasificación ABC de los productos de la empresa en estudio. ventas año 2014	117
<b>Tabla 3.8.</b> Clasificación ABC de los productos de la empresa en estudio.	

ventas año 2015 (enero ~ agosto)	118
<b>Tabla 3.9.</b> Situación actual de los productos que no generaron ventas en el año 2015 (enero ~ agosto)	120
<b>Tabla 3.10.</b> Resumen del método de pronóstico seleccionado	127
<b>Tabla 3.11.</b> Los Sistemas de pronósticos y el patrón de demanda	132
<b>Tabla 3.12.</b> Grafica de la demanda real vs. demanda pronosticada – SKU por familia	133
<b>Tabla 3.13.</b> Rotación del inventario SKUs clase A con control de inventario – año 2014	146
<b>Tabla 3.14.</b> Cálculo de la exactitud de inventario SKUs clase A – septiembre 2015	147
<b>Tabla 3.15.</b> Índice de obsolescencia total SKUs – año 2014	147
<b>Tabla 3.16.</b> Índice de obsolescencia total SKUs – año 2015 (enero ~ agosto)	148
<b>Tabla 3.17.</b> Fill-Rate estimado por familias - año 2014	149
<b>Tabla 3.18.</b> Métricas e indicadores de gestión, SKUs clase A sujetos a control de inventario - año 2014	151
<b>Tabla 3.19.</b> Costo total anual del inventario calculado a partir de la simulación del modelo de revisión periódica implementado	153
<b>Tabla 3.20.</b> Valor total promedio del inventario agregado calculado a partir de la simulación del modelo de revisión periódica implementado	155
<b>Tabla 3.21.</b> Fill-Rate calculado a partir de la simulación del modelo de revisión periódica implementado	157
<b>Tabla 3.22.</b> Rotación del Inventario calculado a partir de la simulación del modelo de revisión periódica implementado	160
<b>Tabla 3.23.</b> Comparación entre el modelo actual vs el modelo de revisión periódica implementado	162
<b>Tabla AI.1.</b> Cálculo de Fill-Rate (FR) mediante simulación con $P = 3, 2$ y $1$ y NS = 80%, 85%, 90% y 95%	175

<b>Tabla AII.1.</b> Cálculo de la rotación de inventario (RI) mediante simulación con $P = 3, 2$ y $1$ y $NS = 80\%, 85\%, 90\%$ y $95\%$	182
<b>Tabla AIII.1.</b> Cálculo del costo total anual (C) mediante simulación con $P = 3, 2$ y $1$ y $NS = 80\%, 85\%, 90\%$ y $95\%$	189
<b>Tabla AIV.1.</b> Valor promedio del inventario agregado mediante simulación con $P = 3, 2$ y $1$ y $NS = 80\%, 85\%, 90\%$ y $95\%$	196

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.1.</b> Relación Costos vs. Nivel de Servicio	31
<b>Figura 1.2.</b> Aplicación función aleatorio()	34
<b>Figura 1.3.</b> Aplicación función CONTAR.SI	35
<b>Figura 1.4.</b> Aplicación función BUSCARV	35
<b>Figura 2.1.</b> Prueba de normalidad – Método Anderson-Darlin	48
<b>Figura 2.2.</b> Gráfica de regresión lineal simple	52
<b>Figura 2.3.</b> Grafica de señales de rastreo (TS) con límite superior e inferior	61
<b>Figura 2.4.</b> Esquema de un sistema de pronósticos	63
<b>Figura 2.5.</b> Proceso de venta y reposición del inventario, Empresa en estudio	79
<b>Figura 2.6.</b> Proceso de simulación del modelo de inventario basado en el sistema de revisión periódica	93
<b>Figura 3.1.</b> Organigrama de la empresa en estudio	100
<b>Figura 3.2.</b> Esquema de la gestión comercial, empresa en estudio	103
<b>Figura 3.3.</b> Clasificación ABC – % de SKUs que aportan al % de ventas, año 2014	115
<b>Figura 3.4.</b> Clasificación ABC – porcentaje de SKUs que aportan al porcentaje de ventas, año 2015 (01 ~ 08)	116
<b>Figura 3.5.</b> Clasificación ABC, Número de SKUs por Clase	119
<b>Figura 3.6.</b> Número de SKUs con Clase A, distribuidos por familia de producto año 2014	122
<b>Figura 3.7.</b> Número de SKUs con Clase A, distribuidos por familia de producto año 2015	122
<b>Figura 3.8.</b> SKUs Clase A – Porcentaje de participación de cada familia en el total de las ventas de esta categoría, año 2014 y año 2015	123

<b>Figura 3.9.</b>	Tendencia de selección de los métodos de pronóstico	131
<b>Figura 3.10.</b>	Método seleccionado SKU: P861101-2S060	133
<b>Figura 3.11.</b>	Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: P861101-2S060	134
<b>Figura 3.12.</b>	Método seleccionado SKU: L11243248	135
<b>Figura 3.13.</b>	Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: L112432	135
<b>Figura 3.14.</b>	Método seleccionado SKU: V956273320	136
<b>Figura 3.15.</b>	Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: V956273320	137
<b>Figura 3.16.</b>	Método seleccionado SKU: V11212480	138
<b>Figura 3.17.</b>	Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: V11212480	138
<b>Figura 3.18.</b>	Método seleccionado SKU: PIC-2690	139
<b>Figura 3.19.</b>	Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: PIC-2690	140
<b>Figura 3.20.</b>	Método seleccionado SKU: UU-4280	140
<b>Figura 3.21.</b>	Método seleccionado SKU: CIC-7215CC.	141
<b>Figura 3.22.</b>	Método seleccionado SKU: IISR1	141
<b>Figura 3.23.</b>	Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: UU-4280	142
<b>Figura 3.24.</b>	Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: CIC-7215CC	142
<b>Figura 3.25.</b>	Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: IISR1	143
<b>Figura 3.26.</b>	Sistema P cuando la demanda es incierta	145
<b>Figura 3.27.</b>	Costo Total anual del inventario	154
<b>Figura 3.28.</b>	Valor promedio del Inventario agregado	156
<b>Figura 3.29.</b>	Fill-Rate Promedio	158
<b>Figura 3.30.</b>	Rotación del inventario Promedio	160



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b>	
Cálculo del Fill-Rate	175
<b>ANEXO II</b>	
Cálculo de la rotación del inventario	182
<b>ANEXO III</b>	
Cálculo del costo total anual	189
<b>ANEXO IV</b>	
Valor promedio del inventario agregado	196

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Análisis ABC:** Divide el inventario disponible en tres clases con base en su volumen anual en dinero. El análisis ABC es una aplicación a los inventarios de lo que se conoce como principio de Pareto. El principio de Pareto establece que hay “pocos artículos cruciales y muchos triviales” (Heizer y Render, 2004, p. 453).

**Demanda:** La demanda de un producto en inventario es el número de unidades que será necesario extraer de éste para algún uso (como venta) durante un periodo específico (Hillier y Lieberman, 2010, p. 772).

**Demanda Independiente:** Demanda por un artículo que no está relacionado con la demanda de otros (Mora, 2011, p. 22).

**Inventario:** Son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización (Chase, Jacobs y Aquilano, 2000, p. 580).

**Inventario de seguridad:** Se define como la cantidad de inventario que se lleva además de la demanda prevista (Chase, Jacobs y Aquilano, 2000, p. 590).

**Inventario Disponible:** Es el balance del inventario menos las asignaciones, reservaciones y órdenes retrasadas, a menudo es llamado balance disponible inicial (Mora, 2011, p. 42).

**Inventario Final:** Declaración de cantidades disponibles o valor en dinero de una unidad mantenedora de existencias (SKU) al final de un periodo (Mora, 2011, p. 43).

**Método de Series de Tiempo:** Es un método de pronóstico que utiliza la demanda histórica para hacer pronósticos. Se basan en la suposición de que la historia de la demanda pasada es un buen indicador de la demanda futura (Chopra y Meindl, 2008, p. 190).

**Nivel de Servicio:** La probabilidad deseada de no quedarse sin inventario durante el ciclo de pedido, que comienza en el momento en que se coloca un pedido y termina cuando éste se recibe y los artículos solicitados llegan al inventario (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p. 478).

**Política del inventario:** Consiste en los lineamientos acerca de qué adquirir o fabricar, cuándo efectuar acciones y en qué cantidad (Bowersox, Closs y Cooper, 2007, p.133).

**Pronosticar:** Es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Puede implicar el empleo de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático. Puede ser una predicción subjetiva o intuitiva; o puede ser una combinación de éstas (Heizer y Render, 2009, p.106).

**Proceso:** Cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008, p. 4).

**Rotación Del Inventario:** Número de veces que un inventario hace ciclos o gira durante un año (Mora, 2011, p. 44).

**SKU (Unidad de mantenimiento de las existencias):** La SKU identifica cada artículo, su fabricante y su costo (Chase, Jacobs y Aquilano, 2000, p. 610).

**Stock de seguridad:** Generalmente es una cantidad de mercancía planeada para estar en inventario con el fin de protegerlo contra fluctuaciones en la demanda o suministro (Mora, 2011, p. 47).

**Tiempo de entrega (Lead Time):** Es el lapso que transcurre desde que se coloca una orden de reabastecimiento (ya sea por compra o producción) hasta la recepción de los bienes (Hillier y Lieberman, 2010, p. 777)

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en una empresa importadora, distribuidora y comercializadora de varios productos requeridos en la reposición o posventa de un vehículo, entre los más importantes están los vidrios de seguridad, así como ciertos materiales destinados a la construcción en el sector industrial.

La empresa en estudio posee un catálogo de productos de aproximadamente unos 2 900 SKUs, con precios unitarios de sus productos que fluctúan desde un centavo de dólar hasta valores que bordean los \$2 000 y con un registro de venta de 2 050 SKUs en promedio por año. El control actual disponible al interior de la empresa en estudio en muchas ocasiones genero excesos o faltantes en el inventario de los diferentes SKUs, esto repercutía en el nivel de servicio entregado al cliente y el consecuente aumento de los costos relacionados con el manejo del inventario.

Como parte de la solución a este problema se clasificó a los productos por la importancia que representan dentro del proceso comercial de la empresa, para esto se utilizó el método de clasificación ABC basado en el principio de Pareto. A partir de la utilización de este método el 14,84% de los productos que tuvieron venta en el año 2014 generaron el 81,31% de las ventas totales, mientras que el año 2015 (enero ~ agosto), el 12,18% de los productos vendidos generaron 82,27% de las ventas totales del periodo.

Una vez identificado los productos que generan el mayor porcentaje de las ventas, se procedió a realizar un análisis de la demanda que tienen estos productos en el mercado con el fin de entender las potencialidades que tienen y el segmento de mercado en el que se desenvuelve la empresa en estudio. La investigación parte de un análisis estadístico de la demanda histórica de cada SKU, lo que permitió identificar el patrón de comportamiento que tiene la demanda.

Este análisis permitió mediante técnicas matemáticas proyectar la demanda que tendría en el futuro cada producto, utilizando los métodos cuantitativos de series de tiempo, esto con el fin de planificar las compras e importaciones periódicas. El uso de pronósticos de alguna manera ayudó a reducir la variabilidad e incertidumbre que existe en la demanda futura, constituyéndose de esta manera en la base fundamental para la aplicación del modelo de administración de inventarios.

Para la selección del método adecuado de proyección de la demanda, primero se simuló el método de pronóstico disponible utilizando los datos históricos mensuales de ventas del año 2014 y año 2015 (enero ~ agosto) y a través del análisis de los resultados obtenidos de los errores de pronóstico y según criterio definido de la MAD, MAPE, MSE y los límites establecidos de TS, se procedió a seleccionar el método de pronóstico que mejor se adecue al comportamiento de la demanda.

El modelo de administración de inventario está basado en el sistema de revisión periódica debido a las restricciones que tiene la empresa a nivel interno y de proveedores y entre las más importantes se tiene que los proveedores aceptan pedidos solamente al inicio de cada mes y se manejan muchos productos por cada uno. Una vez definido en modelo de inventario a seguir se seleccionó y evaluó las métricas e indicadores claves de gestión que se ven directamente afectados por el manejo del inventario.

La evaluación de los resultados obtenidos al aplicar el modelo de administración de inventario basado en el sistema de revisión periódica se lo realizó utilizando la técnica de simulación, la misma que permitió obtener resultados del modelo aplicado en un horizonte de tiempo largo, en un corto tiempo, esto permitió evaluar el comportamiento del modelo sin tener que esperar el tiempo requerido para evaluar los resultados.

## INTRODUCCIÓN

Toda organización sea manufacturera o comercial en un mercado cada vez más globalizado debe demostrar que puede suministrar productos de manera oportuna y de manera competitiva, manteniendo los índices de satisfacción del cliente de forma aceptable ya que este juega un papel muy importante dentro de los procesos logísticos.

La empresa importadora de vidrios y materiales para el sector automotriz e industrial, comercializa productos que son requeridos en la reposición o postventa de un vehículo y a nivel de la construcción industrial, en la actualidad no cuenta con un modelo de gestión para el manejo de sus inventarios, solo tiene un método empírico de trabajo que no toma en cuenta muchos aspectos importantes relacionados con la logística y al manejo de los inventarios.

Este proyecto, a través de su implementación, abre las posibilidades a la empresa objeto de este proyecto determinar con precisión los problemas que actualmente se presentan a nivel de su operación en el manejo y control de los materiales que se compran, ingresan y se almacenan en sus bodegas, de esta manera mejorar los procesos de control y manejo del inventario hasta ahora utilizados por la empresa.

Uno de los grandes retos de cualquier empresa es lograr que los inventarios de alguna manera se alineen con la demanda existente, para cumplir con esta finalidad el proyecto pretende establecer la aplicación de métodos y modelos matemáticos de pronóstico que mejor se adapten al comportamiento de consumo de los clientes y a la realidad de la empresa, con la aplicación de este modelo se lograría reducir la variabilidad entre lo que el cliente requiere y lo que la empresa le puede ofrecer.

En establecimiento de un modelo adecuado de administración del inventario, va a permitir el uso de herramientas que faciliten el cálculo del nivel de inventario a

mantener y ayudar a contestar la pregunta de ¿cuándo pedir? y ¿cuánto pedir?, constituyéndose de esta manera en un pilar fundamental en la gestión administrativa y operativa que lleva a cabo la gerencia.

La implementación de un modelo de administración del inventario facilitará a futuro la planificación financiera, la provisión de recursos y las inversiones en compras de bienes y materiales. El modelo puede ser monitoreado a través de las métricas e indicadores de gestión enfocadas al manejo y control del inventario, permitiendo la toma de decisiones de una manera técnica y sustentada en datos cuantitativos a través de una herramienta de control confiable y de diagnóstico oportuno.

# **1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

La organización objeto de estudio, es una empresa importadora, distribuidora y comercializadora de productos usados en la reposición o posventa de un vehículo; especialmente con lo que tiene que ver con los vidrios, así como los materiales usados en la construcción del sector industrial.

Para describir a una empresa es necesario conocer y comprender todos los procesos relacionados con la actividad económica de la organización desde los proveedores hasta los clientes. “El análisis de procesos es la documentación y comprensión detallada de cómo se realiza el trabajo y como puede rediseñarse” (Krajewski et al., 2008, p. 153)

En el caso de las empresas comerciales es necesario realizar un análisis de la cadena suministro que no es otra cosa que el vínculo entre el servicio, los materiales y el flujo de información que vincula los procesos relacionados con los clientes, almacenamiento, surtido de pedidos y relaciones con los proveedores.

### **1.1.1. DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO**

Según (Krajewski et al., 2008, p. 155) existen tres técnicas que pueden usarse para documentar y evaluar los procesos al interior de la empresa y estos son:

- Diagramas de flujo o conocidos como mapas de procesos, es un detalle de cómo fluye la información a través de conectar proveedores, clientes, bodegas, facturación y ventas. El detalle del mapeo depende de lo que organización o el proyecto necesite.



- Gráficos de procesos, es una forma organizada de documentar las actividades que realiza una persona o personas dentro del proceso estudiado mediante la utilización de una tabla.
- Planos de servicio, muestra la relación del proceso con el cliente.

## **1.2. GESTIÓN DE LA DEMANDA**

Las empresas u organizaciones que comercializan productos, necesitan visualizar cual será la demanda de ese producto en el corto, mediano y a largo plazo como parte de sus procesos. Una gestión adecuada de la demanda se constituye en un pilar fundamental en el manejo operativo de cualquier organización.

En la administración de operaciones se trata siempre de anticiparse a los sucesos futuros, que de alguna manera influyen en el éxito o fracaso de la organización. De esta manera, el predecir o anticiparnos al comportamiento que tendrá la demanda en el futuro, hace que se pueda reaccionar de manera eficiente con los inventarios para cubrir esa demanda. (Adam y Ebert, 1991, p. 84)

### **1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA**

Se define a la demanda o consumo potencial, como la cantidad de determinado bien o servicio que el mercado requiere, muestra o cuantifica la existencia de los consumidores actuales y los potenciales

El estudio de su comportamiento es muy importante dentro de la definición del modelo matemático que puede ser utilizado para la gestión del inventario que se pretende implantar.

Existen dos fuentes de demanda: la demanda dependiente y la independiente.

- Demanda dependiente, este tipo de demanda se utiliza dentro de las empresas, para la fabricación de otra pieza de un nivel superior, su demanda depende del producto final, su filosofía está basada en los requerimientos.
- Demanda independiente, referida a la demanda externa del producto final de una empresa, no depende de otro material y basa su filosofía en la reposición del material una vez que se agota (Chase, Jacobs y Alquilano, 2009, p. 574).  
La demanda independiente puede ser de dos tipos:
  - Demanda determinística, donde la demanda para un periodo de tiempo determinado es conocida.
  - Demanda estocástica o probabilística, donde la demanda generada presenta mucha incertidumbre y variabilidad (Suarez, 2012, p. 63).

### **1.2.2. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA**

Dentro de la gestión de la demanda y la administración de los inventarios una herramienta básica e imprescindible son los pronósticos, que frecuentemente son utilizados para predecir la demanda o preferencia de compra que tienen los consumidores por algún producto o servicio.

“Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Puede implicar el empleo de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático. Puede ser una predicción subjetiva o intuitiva; o puede ser una combinación de estas —es decir, un modelo matemático ajustado mediante el buen juicio del administrador (Heizer y Render, 2009, p. 106).

El uso de las diferentes técnicas de pronósticos, depende del tipo de producto, del tipo de organización, de las características del mercado, de las preferencias del cliente, de los datos recopilados, etc., en este ámbito el pronóstico se convierte en

una estimación de la demanda, hasta que se conoce la demanda real, razón por la cual los pronósticos son una herramienta de ayuda para la toma de decisiones.

### **1.2.3. FACTORES DE TIEMPO EN UN PRONÓSTICO**

Dentro de la realización de un pronóstico es importante tomar en cuenta el tiempo relacionado con este proceso, para lo cual existen tres factores de tiempo fundamentales a ser considerados en los pronósticos, los mismos que son:

- *El período del pronóstico:* Es el periodo de tiempo para el cual se realiza el pronóstico, dependiendo de los datos objeto de estudio.
- *El horizonte de planeación del pronóstico:* Es el tiempo en el futuro que cubre el pronóstico y pueden ser a corto (menor a 3 meses), mediano (3 meses – 3 años) y largo plazo (mayor a 3 años)
- *El intervalo del pronóstico:* Es la frecuencia en tiempo con la que se realizan los pronósticos (Vidal, 2011, p. 36)

### **1.2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS**

En la administración de operaciones se describen varias técnicas utilizadas para realizar pronósticos, algunos casos se involucra modelos matemáticos. Según el método utilizado los pronósticos, se clasifican en:

- *Cualitativos:* Los métodos cualitativos son principalmente definitivos por el juicio personal de quien pronostica, suelen ser subjetivos. Se utilizan cuando no existen datos o estos son escasos y no requieren modelos matemáticos para su aplicación.

- *Series de tiempo*: Este método de pronóstico utiliza los datos numéricos que se generan en periodos regulares de tiempo, su análisis se basa en el histórico de la demanda para predecir la demanda futura.
- *Causal*: Los métodos de pronóstico causales considera que ciertas variables del medio (economía, publicidad, tasas de interés, etc.), están relacionadas con el pronóstico de la demanda de un producto.
- *Simulación*: Los métodos de pronóstico por simulación tratan de reproducir la realidad que ocurre cuando el cliente selecciona un producto y a su vez da origen a la demanda para llegar a un pronóstico

Para las organizaciones es muy difícil decidir que método es el más adecuado para realizar un pronóstico, según varios estudios se ha determinado que el utilizar varios métodos de forma combinada resulta más efectivo que el uso de un solo método (Chopra y Meindl 2008, p. 190).

### 1.2.5. MODELO DE PRONÓSTICOS DE SERIES DE TIEMPO

Los modelos de series de tiempo utilizan técnicas cuantitativas, que están constituidas por una secuencia de datos numéricos, medidos en un periodo de tiempo, usados para realizar el análisis del comportamiento histórico de la demanda en un periodo de tiempo, para luego proyectarlos hacia el futuro, tomando en cuenta la media promedio, estacionalidad, tendencia y aleatoriedad.

La descomposición de una serie del tiempo es la siguiente:

$$y(t) = (a + bt)[f(t)] + e \quad [1.1]$$

Donde

$y(t)$  = demanda durante el periodo  $t$

$a$  = nivel

$b$  = tendencia

$f(t)$  = factor estacional (multiplicativo)

$e$  = error aleatorio (Schroeder et al., 1996, 243).

Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008) “establece que las observaciones repetidas de la demanda de un producto o servicio en el orden en que se realizan forman un patrón que se conoce como serie de tiempo” (p. 523). Basado en el supuesto, que el sistema medido en el pasado es estable y continuara siendo en el futuro.

En el modelo series de tiempo se establecen cinco patrones básicos aplicables a la demanda y estos son:

1. Horizontal: Variación de datos, alrededor de una media constante.
2. Tendencia: Valor medio creciendo o decreciendo a través del tiempo.
3. Cíclico: Fluctuaciones repetitivas, menos previsible de la demanda, se presentan en periodos largos de tiempo
4. Estacional: Es una variación periódica y predecible de la demanda, en cierta época o temporada.
5. Aleatorio: Variaciones imprevisibles de la demanda

#### **1.2.5.1. Promedio móvil simple**

Los modelos basados en promedios, se sustentan en la hipótesis, de que el desempeño histórico reciente es un buen indicador para pronosticar el futuro (Eppen et al., 2000, p. 621).

Este modelo es el más simple, ya que utiliza el promedio de los valores de los  $n$  datos obtenidos recientemente para estimar el valor siguiente. Se considera que todos los datos considerados dentro del análisis tienen la misma importancia.

La fórmula de un promedio móvil simple es

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n} \quad [1.2]$$

Donde

$F_t$  = Pronóstico para el siguiente periodo

$n$  = Pronóstico para el siguiente periodo

$A_{t-1}$  = Pronóstico para el siguiente periodo

$A_{t-2}, A_{t-3}$  y  $A_{t-4}$  = Ocurrencias reales hace dos periodos, hace tres periodos, y así sucesivamente, hasta hace  $n$  periodos

### 1.2.5.2. Promedio móvil ponderado

Un promedio móvil ponderado permite asignar un grado de importancia a cada uno de los datos, el dato más reciente se pondera con un mayor peso y a su vez la ponderación va disminuyendo a medida que el dato es más antiguo, esto siempre y cuando la suma de todas las ponderaciones sea igual a uno.

La fórmula para un promedio móvil ponderado es

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n} \quad [1.3]$$

Donde

$w_1$  = Ponderación dada a la ocurrencia real para el periodo  $t - 1$

$w_2$  = Ponderación dada a la ocurrencia real para el periodo  $t - 2$

$w_n$  = Ponderación dada a la ocurrencia real para el periodo  $t - n$

$n$  = Número total de periodos en el pronóstico

La suma de todas las ponderaciones debe ser igual a uno.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad [1.4]$$

(Chase et al., 2009, p. 475-476).

### 1.2.5.3. Suavización exponencial simple

El método de suavización exponencial es un promedio móvil ponderado exponencialmente, donde a un dato real reciente se pondera más utilizando un coeficiente de ponderación alfa ( $\alpha$ ) y a medida que el tiempo pasa va sufriendo la ponderación una reducción exponencial

La ecuación para un solo pronóstico de uniformidad exponencial es

$$F_{t+1} = \alpha A_t + (1 - \alpha)F_t \quad [1.5]$$

Donde

$F_{t+1}$  = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo  $t + 1$

$F_t$  = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo  $t$

$A_t$  = La demanda real para el periodo  $t$

$\alpha$  = La constante de suavización ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

“La constante de suavizamiento,  $\alpha$ , se encuentra generalmente en un intervalo de 0,05 a 0,50 para aplicaciones de negocios. Puede cambiarse para dar más peso a datos recientes (cuando  $\alpha$  es alta) o más peso a datos anteriores (si  $\alpha$  es baja)” (Heizer y Render, 2009, p. 107 y De Navascués, y Pau Cos, 2001, p. 164).

### 1.2.5.4. Suavización Exponencial con ajuste a la tendencia

Cuando dentro de los pronósticos existe una tendencia implícita, mediante el método de suavización exponencial se puede corregir este valor, agregando dos constantes de suavización.

Estas constantes son: de suavización alfa ( $\alpha$ ), y para la tendencia se utiliza una constante de suavización delta ( $\delta$ ). La constante delta reduce el impacto del error que ocurre entre la realidad y el pronóstico.

La ecuación para calcular el pronóstico, incluido la tendencia FIT (forecast including trend) es:

$$FIT_t = F_t + T_t \quad [1.6]$$

$$F_t = FIT_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - FIT_{t-1}) \quad [1.7]$$

$$T_t = T_{t-1} + \delta(F_t - FIT_{t-1}) \quad [1.8]$$

Donde

$F_t$  = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t

$T_t$  = La tendencia suavizada exponencialmente para el periodo t

$FIT_t$  = El pronóstico incluida la tendencia para el periodo t

$FIT_{t-1}$  = El pronóstico incluida la tendencia hecha para el periodo anterior

$A_{t-1}$  = La demanda real para el periodo anterior Cambio de ingeniería.

Modelo versión: SL81A6EXC

$\alpha$  = Constante de suavización ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$\delta$  = Constante de suavización ( $0 \leq \delta \leq 1$ )

Los valores alfa ( $\alpha$ ) y delta ( $\delta$ ), se pueden obtener mediante una ajuste sistemático realizado a través de la experimentación. (Chase et al., 2009, p. 479).

### 1.2.6. SELECCIÓN DEL MÉTODO PARA PRONOSTICAR LA DEMANDA

Para las empresas es necesario contar un método de pronóstico fiable que asegure que los datos que se están generando sean los adecuados debido a la importancia que estos tienen en las decisiones de las diferentes áreas de la compañía.



“Una consideración importante es el desempeño del pronóstico, el cual determinan los errores de pronóstico. Los gerentes tienen que aprender a medir los errores de pronóstico y la forma de detectar cuando algo marcha mal en el sistema de pronóstico” (Krajewski et al., 2008, p. 541)

A continuación se revisará los parámetros a ser utilizados para evaluar el desempeño de los pronósticos utilizando series de tiempo y los criterios requeridos para seleccionar el método más adecuado cuando estos se utilizan en situaciones de decisión, a través de analizar el error de pronóstico.

### 1.2.6.1. Error de pronóstico

La precisión de un pronóstico se mide en función del error determinado en el pronóstico, una vez que se tiene los datos reales, el error de pronóstico (o desviación) se define como:

$$\text{Error de pronóstico} = \text{Demanda real} - \text{Valor pronosticado} \quad [1.9]$$

$$E_t = A_t - F_t \quad [1.10]$$

Donde

$E_t$  = error de pronóstico para el periodo t

$F_t$  = denota el pronóstico en el periodo t,

$A_t$  = denota la demanda real del periodo t (Vidal, 2011, p. 39)

Los errores dentro del pronóstico pueden ser de sesgo, que ocurren cuando se comete un error sistemático en la utilización del método o aleatorio cuando se desconoce las causas.

En función de esto los administradores deben minimizar los efectos que causan los errores de sesgo y los errores aleatorios, utilizando modelos apropiados de pronósticos que minimicen el error en todas sus formas (Krajewski et al., 2008, p. 541).

### 1.2.6.2. Suma acumulada de errores de pronóstico (CFE)

(Del inglés Cumulative Forecast Error) mide el error total del pronóstico:

$$CFE = \sum E_t \quad [1.11]$$

Donde

CFE = suma acumulada de errores de pronóstico

$E_t$  = error de pronóstico para el periodo t

También se puede calcular el error de pronóstico promedio, con la fórmula:

$$\bar{E} = \frac{CFE}{n} \quad [1.12]$$

Donde

$\bar{E}$  = error de pronóstico promedio

n = número de periodos

### 1.2.6.3. Error cuadrático medio (MSE)

(Del inglés mean squared error) Mide el error global del pronóstico, es el promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores pronosticados y los observados

$$MSE = \frac{\sum E_t^2}{n} \quad [1.13]$$

Donde

MSE = Error cuadrático medio

$E_t$  = error de pronóstico para el periodo t

n = número de periodos

#### 1.2.6.4. Desviación estándar ( $\sigma$ )

Mide la dispersión de los errores de pronóstico, la desviación estándar de una muestra de errores de pronóstico, se calcula mediante la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(E_t - \bar{E})^2}{n-1}} \quad [1.14]$$

Donde

$\sigma$  = desviación estándar

$\bar{E}$  = error de pronóstico promedio

$E_t$  = error de pronóstico para el periodo t

n = número de periodos

#### 1.2.6.5. Desviación media absoluta (MAD)

(Del inglés mean absolute deviation) Miden la precisión de un pronóstico, utilizando el promedio de los valores absolutos de los errores de pronóstico

$$MAD = \frac{\sum |E_t|}{n} \quad [1.15]$$

Donde

$MAD$  = desviación media absoluta

$|E_t|$  = valor absoluto del error de pronóstico para el periodo t

n = número de periodos

Si los errores de pronóstico están distribuidos normalmente, con una media de 0, la relación simple entre la  $\sigma$  y la MAD es simple:

$$\sigma = (\sqrt{\pi/2})(MAD) \cong 1.25(MAD) \quad [1.16]$$

$$MAD = 0.7978\sigma \cong 0.8\sigma$$

Donde

$$\pi = 3.1416$$

Esta relación permite el uso de tablas de probabilidad normal para especificar los límites de la señal de rastreo.

#### 1.2.6.6. Error porcentual medio absoluto (MAPE)

(Del inglés mean absolute percent error) relaciona el error de pronóstico con el nivel de la demanda, coloca el desempeño del pronóstico en su perspectiva correcta:

$$MAPE = \frac{(\sum |E_t| / D_t)(100)}{n} (\%) \quad [1.17]$$

Donde

$MAPE$  = error porcentual medio absoluto

$|E_t|$  = valor absoluto del error de pronóstico para el periodo  $t$

$D_t$  = demanda para el periodo  $t$

$n$  = número de periodos

#### 1.2.6.7. Señal de rastreo (TS)

Indica si un método de pronóstico está estimando con precisión los cambios reales de la demanda.

$$\text{Señal de rastreo} = \frac{CFE}{MAD} \quad [1.18]$$

Donde

$CFE$  = suma acumulada de errores de pronóstico

$MAD$  = desviación media absoluta (Krajewski et al., 2008, p. 541-543).

#### **1.2.6.8. Criterios para la selección de los métodos series de tiempo**

La selección el método de pronóstico va a depender de algunas variables como: el horizonte de tiempo, la disponibilidad y comportamiento de los datos, naturaleza de los artículos y finalmente el que tenga el menor margen de error.

Para esta última variable se ha detallado los parámetros a ser utilizados para medir el desempeño de los pronósticos y para lo cual se definirá los criterios que permitan seleccionar el método más adecuado de pronóstico.

Entre los criterios que se aplican para seleccionar el método de pronóstico y los parámetros respectivos figuran:

- Minimizar los sesgos; la CFE tiene que tender a 0
- Minimizar los valores de MAPE, MAD y MSE; de esta manera el pronóstico se aproxima generalmente a la demanda real
- Ajustar los valores de las constantes de suavización ( $\alpha$  y  $\delta$ ) hasta obtener el menor error de pronóstico.
- Equilibrar el sesgo CFE y las medidas de dispersión MAPE, MAD, MSE
- Minimizar el error de pronóstico del último periodo (Krajewski et al., 2008, p. 545).

### **1.3. MÉTRICAS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS**

La competitividad de las organizaciones esta dado en función de los resultados que puedan tener sus procesos y que tan controlados se encuentren. La información obtenida en tiempo real, verídica y constante sobre aspectos como la productividad, la eficiencia, la eficacia y la calidad se constituye en un factor vital para la gestión de la organización.

Las métricas son datos o información que nos proporciona una visión clara y objetiva de la situación actual de un proceso o del desempeño de una organización a través de una representación numérica o matemática. Las métricas que puedan generarse dependerán mucho de lo que la organización considere importante dentro de su administración.

La importancia de determinar las métricas dentro de la gestión de inventarios radica en que “Lo que no se puede medir no se puede controlar; lo que no se puede controlar no se puede administrar; lo que no se puede administrar es un caos. Navarrete M., (2002)” (Pérez y Múnera, 2007, p. 84)

La evaluación de la gestión del inventario es una tarea crítica e importante para los administradores, ya que el inventario representa la mayor parte del activo con que cuenta la organización, y su desempeño puede ser medido y monitoreado a través de las métricas de gestión, permitiendo de esta manera mejorar la toma de decisiones sobre el manejo y control puede darse al inventario.

### **1.3.1. INDICADORES DE GESTIÓN LOGÍSTICA**

También llamados indicadores de desempeño o conocidos también como KPIs (del inglés key performance indicators) y se define “como una magnitud que expresa el comportamiento o desempeño de un proceso, que al compararse con algún nivel de referencia permite detectar desviaciones positivas o negativas. También es la conexión de dos medidas relacionadas entre sí, que muestran la proporción de la una con la otra.” (Mora, 2010, p. 220)

El indicador de gestión es una medida cuantitativa del desempeño que tiene determinado proceso comparado con un estándar definido y preestablecido. El estándar está definido en función a cumplir con los objetivos y metas trazadas por la organización en el corto, mediano y largo plazo, en función de las necesidades y expectativas que tienen los clientes de la organización sin descuidar lo que puede ofrecer la competencia.

Los indicadores de gestión logística permiten detectar oportunamente fallas o ineficiencias en la gestión de los procesos operativos de la organización en el momento que existe una desviación al estándar definido, mediante la utilización de expresiones medibles que identifican cuantitativamente los eventos y hechos acontecidos.

#### **1.3.1.1. Funciones de los indicadores de gestión**

Los indicadores de gestión cumplen una función importante dentro de la organización y entre las más importantes tenemos:

- Ser una herramienta que permite impulsar la eficiencia, la eficacia y la productividad de cada uno de los procesos dentro de la organización
- Alinear los procesos del negocio al cumplimiento de objetivos y metas propuestas
- Manejar información oportuna y confiable para el control de los procesos del negocio
- Permite reorientar o corregir los procesos con respecto a cumplir con el estándar de desempeño propuesto.

#### **1.3.1.2. Características de los indicadores de gestión**

Para que un indicador se pueda aplicar de forma correcta dentro de un proceso u organización es necesario que el indicador tenga las siguientes características:

- Ser claros, específicos y de fácil comprensión e interpretación.
- Ser incluyente con el personal responsable del proceso u organización.
- Representar efectivamente el objeto de la medición dentro de los procesos de la organización.

- Tener una vigencia en función del tiempo, definido previamente.
- Ser cuantificable, los resultados obtenidos puedan ser convertidos en datos numéricos, cifras o estándares que permitan su medición.
- Ser confiable, es decir las variables utilizadas para el cálculo deben reflejar la realidad, de manera concreta, propia y pueda verificarse. El resultado obtenido debe ser sustentado.
- Debe agregar valor al proceso o a la organización en la toma de decisiones a través del monitoreo de los indicadores (Pérez y Múnera, 2007, p. 85).

### **1.3.1.3. Estructura del indicador**

Un indicador para que este correctamente definido debe contener estos elementos dentro de su definición y estructura:

- Nombre: Debe ser concreto y definir claramente su objetivo y utilidad
- Forma de cálculo: En el indicador cuantitativo, se debe definir correctamente la fórmula matemática para el cálculo de su valor.
- Unidades: Según la relación de las variables que intervienen en el indicador se debe definir las unidades a utilizar.
- Glosario o descripción: Describe de manera detallada a las variables que están relacionadas en el indicador (Beltrán, 2006, p. 40).

### **1.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN LOGÍSTICA**

Los administradores deben definir un número adecuado de indicadores así con el tipo de indicador a usarse con el fin de realizar un control efectivo al desempeño del proceso o de la organización.

Dentro de la organización van a existir varios tipos de indicadores dependiendo de la naturaleza de la información que manejen; que podrían encasillarse en



indicadores de: efectividad, eficiencia, eficacia, productividad, calidad, financieros, de planeación, estratégicos, tácticos, operativos, etc.

Mora (2010) clasifica a los indicadores de gestión logística en:

- Indicadores financieros y operativos: Considera el costo total de la operación logística, es decir el costo en dinero que se necesita para cubrir las necesidades de los clientes, así como el proceso de planear, administrar, comprar, distribuir y almacenar el inventario que es requerido por los clientes. Este indicador se clasifica en costos operacionales y costos de capital y mide la competitividad de la empresa en función de la rentabilidad.
- Indicadores de tiempo: Estos indicadores permiten conocer y controlar el tiempo de duración de cada uno de los procesos logísticos de la empresa, es decir, el tiempo que toma llevar a cabo una determinada actividad o proceso. Este indicador ayuda a determinar la variación de tiempo que se tiene en un mismo proceso al ser realizado en diferentes periodos o personas.
- Indicadores de calidad: Permiten medir la eficiencia con la cual se realizan las actividades relacionados con el proceso logístico, su deficiencia en los procedimientos establecidos pueden generar mayores costos y niveles bajos de servicio.
- Indicadores de productividad: Están relacionar con la gestión de los recursos asignados (mano de obra, tecnología de la información, vehículos, inversiones en inventarios, bodegas, etc.), Estos indicadores permiten evaluar la capacidad del proceso logístico de utilizar eficientemente los recursos asignados (p. 225-228).

## **1.4. MODELOS DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIO**

Hoy en día los inventarios se han constituido una pieza clave dentro de la organización y está definido como: “Inventario son las existencias de un artículo o recurso utilizado en una organización. Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles del inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en que es necesario reabastecerlo y qué tan grandes deben ser los pedidos” (Chase et al., 2009, p.547)

La competencia hoy en día obliga a las empresas a reducir sus márgenes de utilidad, y en muchos casos hace que estos márgenes sean bajos, Una gestión adecuada de los inventarios dentro de las organizaciones es necesaria para mejorar la eficiencia de toda la cadena de valor, por lo tanto un mala gestión de los inventarios podría ocasionar que los resultados empresariales no sean satisfactorios. Los administradores hoy en día deben mantener cantidades adecuadas de inventario sin perder las fortalezas competitivas del negocio, ya que no es práctico tener poco inventario para reducir los costos, así como tener exceso de inventario para cubrir toda la demanda (Krajewski et al., 2008, p. 462).

### **1.4.1. FUNCIONES DEL INVENTARIO**

El inventario cumple un rol importante dentro de la empresa y entre las funciones más importantes que tiene el inventario está:

- Mantener el equilibrio entre las ventas y el stock requerido
- Constituir en una protección que permita cubrir las variaciones que tiene la demanda real vs la demanda prevista.
- Asegurar el abastecimiento del producto, por incumplimiento del proveedor o variación de los tiempos de suministro.
- Proteger del impacto de una inflación de precios con una compra anticipada de producto.

- Aprovechar de los descuentos que se ofrece por cantidades grandes en lugar de pequeñas.
- Disminuir los costos asociados con la orden de pedido (Muller, 2004, p. 4).

#### **1.4.2. TIPOS DE INVENTARIO**

Según Heizer y Render (2009). El inventario dentro de las organizaciones con el fin de cumplir con sus objetivos, se definen cuatro tipos de inventario:

**(1)** Inventario de materias primas; **(2)** inventario de trabajo en proceso; **(3)** inventario para mantenimiento, reparación y operaciones (MRO), y **(4)** inventario de productos terminados (p. 484).

Según la función logística que desempeñan se puede definir otros tipos de stocks como:

- Stock de ciclo: Es el que está establecido por la política de pedido y cubre la demanda normal de la empresa.
- Stock de seguridad: Es el inventario que se genera para protegerse contra la variabilidad de la demanda y del suministro
- Stock de anticipación: Es el inventario que compra de manera anticipada con el fin de prever una alza en los precios o posible desabastecimiento.
- Stock en tránsito: Es el inventario que está en tránsito entre los proveedores y los clientes, y puede ser identificado por separado
- Stock de Promoción: Es el inventario que acumula producto de una promoción o para efectuar una promoción (García et al., 2004, p. 15-16)

#### **1.4.3. COSTOS DEL INVENTARIO**

Dentro de la administración del inventario es importante el conocer los costos inherentes al manejo y control de los inventarios, para con base en esto,

establecer las políticas o las decisiones a tomar, ya que el mantener un inventario alto se aumenta los costos del capital y de mantenimiento, y un inventario bajo puede ocasionar quiebres de stocks o pérdida de ventas.

Las estructuras de costos de los inventarios incorporan tres clases generales en las que se categorizan los costos:

1. Costos de adquisición: Son los costos relacionados con la compra para el reabastecimiento del inventario o la manufactura de un artículo.
2. Costos de mantenimiento. Éstos costos resultan de guardar, o mantener, artículos durante un periodo de tiempo y son de cuatro clases:
  - Costos de capital. Es el costo del inventario en dinero también llamado costos de oportunidad.
  - Costo de almacenamiento. Estos costos tienen que ver con el espacio físico que ocupa el inventario dentro del almacén o la bodega.
  - Costos de servicio. Se relacionan directamente con impuestos o seguros que se pagan por mantener el inventario.
  - Costos de obsolescencia u caducidad. Costos generados por el deterioro, pérdida (robo), daño u obsolescencia.
3. Costos por falta de inventario. Costos relacionados con la pérdida de ventas y pedidos pendientes por cumplir (Ballou, 2004, p. 338-339)

#### **1.4.4. CLASIFICACIÓN ABC**

Según Schroeder (1996) En 1906, Vilfredo Pareto observó que un número reducido de artículos en cualquier grupo constituyen la proporción más significativa de la totalidad de éste. También es verdad que un número pequeño de productos de una empresa dan cuenta de la mayor parte de las ventas o de los ingresos (p. 367).

En general, en la administración de inventarios también se puede usar esa ley, por cuanto unos pocos artículos representan la mayor parte del inventario,

entonces los esfuerzos de control, de administración, deben enfocarse a estos artículos, ya que ellos son los que generan la mayor cantidad de ventas. No resulta práctico monitorear artículos que no tenga mucho peso dentro del inventario.

Para realizar el análisis ABC, primero se determina la demanda anual de cada artículo del inventario y se le multiplica por su costo unitario. Los artículos denominados clase A son aquellos que tienen un alto valor anual en dinero. Estos artículos pueden estar entre el 15% al 20% de todos los artículos del inventario, y representan el 70% y hasta el 80% del valor total en dinero. Los artículos del inventario definidos como clase B tienen un valor anual en dinero intermedio. Estos artículos representan dentro del inventario alrededor del 30% y entre un 15% al 25% del valor total en dinero, y al final están los artículos de bajo valor anual en dinero definidos como los artículos clase C y pueden representar sólo un 5% del valor en dinero, pero aproximadamente el 55% de los artículos en inventario (Heizer y Render, 2009, p. 485).

Además de los datos cuantitativos utilizados en el análisis ABC, es necesario en algunos casos tomar en cuenta plazos de entrega, criticidad, escasez y caducidad de los productos.

#### **1.4.5. MODELOS DE INVENTARIOS**

Antes clasificar a los modelos relacionados con la gestión de los inventarios para una demanda independiente es necesario definir las variables que van a afectar a su desempeño.

Entre las variables más importantes que afectan al inventario tenemos:

- La Demanda: Esta definido por el patrón de comportamiento y puede ser demanda determinista o demanda aleatoria.

- El suministro: Está relacionado con la cantidad que recibe de producto y como recibe el producto, además está ligado al tamaño de pedido, al tiempo de entrega del proveedor, la tasa de reaprovisionamiento y el tiempo entre pedidos.
  - El Almacenamiento: Tiene que ver con el espacio físico de la bodega y sus limitaciones físicas en términos de volumen para almacenar cierta cantidad de producto.
  - El costo: Es el resultado de todos costos asignados a la gestión del inventario
- Los modelos de gestión de inventarios que aplican a este enfoque se pueden dividir en dos categorías según la posibilidad de predecir la demanda: modelos determinísticos y estocásticos (probabilísticos) (Chunawalla, 2008, p. 183).

#### **1.4.6. MODELOS DE INVENTARIOS DETERMINÍSTICOS**

Este modelo se utiliza cuando la demanda es fácil de determinar y es predecible, para un periodo de tiempo se asume que la demanda es constante y no varía. Para este tipo de demanda se tiene los siguientes modelos EOQ, EPQ y EOI

##### **1.4.6.1. Modelo de cantidad económica de pedido (EOQ)**

Este es uno de los modelos básicos del manejo del inventario, este modelo trata de equilibrar los costos fijos de realizar un pedido y los costos de mantener el inventario.

El método para determinar la EOQ se basa en las siguientes suposiciones:

1. El patrón de demanda del artículo es constante y conocido
2. No existen restricciones para el tamaño de cada lote.
3. Se consideran como costos relevantes, el de mantenimiento de inventario y los costos de preparación.

4. Las decisiones referentes a un artículo pueden tomarse independientemente de las decisiones correspondientes a los demás.
5. El costo unitario del artículo es fijo y no se consideran descuentos.
6. El tiempo de entrega es constante y se conoce con certeza.

Costo total = Costo anual por mantenimiento de inventario + Costo anual por hacer pedidos o de preparación [1.19]

$$C = \frac{Q}{2}(H) + \frac{D}{Q}(S) \quad [1.20]$$

Donde

$C$  = costo total anual del inventario del ciclo

$Q$  = tamaño de lote, en unidades

$H$  = costo de mantener una unidad en inventario durante un año; se expresa en como un porcentaje del valor

$D$  = Demanda anual, en unidades por año

$S$  = Costo por hacer pedidos, en dólares

Minimizando la función de costos en  $Q$  se llega a determinar la cantidad económica de la orden (EOQ). Desarrollando la ecuación se obtiene la fórmula de EOQ a partir de la función del costo total anual del inventario de ciclo.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad [1.21]$$

El modelo de cantidad periódica de pedido (EPQ) y el modelo de Intervalo económico de pedido (EOI) están basados en el modelo EOQ para calcular en el primer caso el periodo óptimo de pedido fijo y en el segundo caso el intervalo fijo óptimo para realizar la revisión del inventario (Krajewski et al., 2008, p. 470-473; Wee, 2011, p. 69).

### **1.4.7. MODELOS DE INVENTARIOS PROBABILÍSTICOS**

Este modelo se utiliza cuando la demanda es difícil de determinar con certeza, sino a través de una distribución de probabilidades. Al ser probabilística la demanda, siempre existe la posibilidad de quedar desabastecido, para reducir ese riesgo se debe manejar cantidades más grandes de inventario.

Los tiempos de entrega como ya explico anteriormente es una variable que puede ser conocida o a su vez aleatoria, razón por la cual los modelos de inventario van en relación directa con el comportamiento de la demanda y del tiempo de entrega.

Se pueden clasificar en dos sistemas de inventarios a) sistema de revisión continua (Q), y b) sistema de revisión periódica (P)

#### **1.4.7.1. Sistema de revisión continua (Q)**

Llamado también sistema de cantidad fija de reorden o sistema Q, la demanda se satisface con el inventario disponible, por lo que se controla de forma continua, cuando el nivel de inventario disminuye hasta un valor predeterminado, llamado punto de reorden, en ese momento se ordena una cantidad fija de producto. El tiempo entre órdenes varía según la aleatoriedad de la demanda (Schroeder et al., 1996, p.367).

Entre las principales características del sistema de revisión continua están:

- El tamaño de la cantidad a ordenar es fija, y depende del punto de reorden R definido.
- Los tiempos de entrega entre órdenes generalmente son variables.
- Debido a la revisión continua que se realiza al inventario, es posible detectar fácilmente faltantes en el inventario.



- El inventario disponible debe satisfacer la demanda durante el tiempo de reaprovisionamiento ( $L$ ).
- Bajo un mismo nivel de servicio, se requiere un nivel menor inventario de seguridad.

En el sistema  $Q$ , aunque la cantidad  $Q$  es fija el tiempo de entrega puede variar por lo que debe revisarse continuamente la posición del inventario  $IP$ , Cuando la posición del inventario  $IP$ , disminuye el punto de reorden  $R$ , se ordena la cantidad fija  $Q$ , se debe tomar en cuenta que la posición  $IP$  mide la capacidad del artículo para satisfacer la demanda futura y se expresa como:

$$IP = OH + SR - BO \quad [1.22]$$

Donde

$IP$  = posición de inventario ( $IP$ , del inglés inventory position)

$OH$  = el inventario disponible ( $OH$ , del inglés on – hand inventory)

$SR$  = recepciones programadas ( $SR$ , del inglés scheduled receipts)

$BO$  = pedidos aplazados ( $BO$ , del inglés backorders)

En la realidad la demanda y los tiempos de entrega no siempre son previsible, esto obliga a tener inventarios de seguridad como protección a la incertidumbre de la demanda, por lo tanto el punto de reorden  $R$  queda definido como:

$$\text{Punto de reorden} = \text{Demanda promedio durante el tiempo de espera} + \text{Inventario de seguridad} \quad [1.23]$$

Durante el tiempo de espera, la demanda promedio es variable e incierta, razón por la cual el inventario de seguridad puede ser grande o pequeño en función del nivel de servicio ofrecido al cliente y a los costos asociados al mantenimiento de este inventario.

Para calcular el inventario de seguridad, se multiplica el número de desviaciones estándar con respecto a la media que se requiera para multiplicar el nivel de

servicio  $z$ , por la desviación estándar de la demanda en la distribución de probabilidad,  $\sigma_L$  durante el tiempo de espera:

$$\text{inventario de seguridad} = z\sigma_L \quad [1.24]$$

Para definir el punto de reorden y el inventario de seguridad adecuado, es necesario estimar la distribución de la demanda durante el tiempo de espera. A veces, la demanda promedio,  $d$ , y la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera,  $\sigma_L$ , no puede determinarse directamente y es necesario calcularlas combinando la información de la desviación estándar de la demanda en un intervalo de tiempo,  $\sigma_t$ , con la información sobre el tiempo de espera  $L$ .

De esta manera la formula queda de la siguiente forma:

$$\sigma_L = \sigma_t\sqrt{L} \quad [1.25]$$

Donde

$\sigma_L$  = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera

$\sigma_t$  = desviación estándar de la demanda, en un intervalo de tiempo  $t$

$L$  = tiempo de espera constante

Entones el punto de reorden en función del inventario, se calcula como:

$$R = dL + z\sigma_L \quad [1.26]$$

$$R = dL + \sigma_t\sqrt{L} \quad [1.27]$$

Donde

$R$  = punto de reorden

$d$  = demanda promedio

$z$  = probabilidad deseada de no quedarse sin inventario durante el ciclo de pedido,

Los costos totales en el sistema (Q) es la suma de tres componentes de costo:

$$C = \frac{Q}{2}(H) + \frac{D}{Q}(S) + H\sigma_L \quad [1.28]$$

El costo anual por mantenimiento de inventario de seguridad se calcula bajo el supuesto de que el inventario de seguridad está disponible todo el tiempo (Krajewski et al., 2008, p. 476-481).

#### **1.4.7.2. Sistema de revisión periódica (P)**

Llamado también sistema de periodo fijo de reorden o sistema P, la demanda se satisface con el inventario disponible, pero se reabastece el inventario en intervalos fijos de tiempo en función del nivel de inventario fijado como meta.

El sistema de revisión periódica presenta las siguientes características:

- No requiere un punto de reorden R.
- Es requerido un nivel de inventario objetivo.
- Existe un intervalo de tiempo fijo para ordenar.
- Por lo general la cantidad a ordenar es variable.
- El inventario disponible debe satisfacer la demanda durante el periodo de revisión más el tiempo de reaprovisionamiento.
- Bajo un mismo nivel de servicio, se requiere un nivel mayor inventario de seguridad.

El nivel de inventario fijado como meta se establece para cubrir la demanda hasta la siguiente revisión periódica más el tiempo de espera, donde la cantidad a ordenar depende de la cantidad requerida para volver al inventario a su nivel fijado como meta (Schroeder et al., 1996, p.371).

Para el manejo con base en un sistema P es necesario considerar dos variables: la cantidad de tiempo entre revisiones,  $P$ , y el nivel objetivo del inventario,  $T$ .

Debido a la demanda variable, algunos pedidos serán mayores o menores que la EOQ, pero el promedio de lote en general se aproximará a la EOQ

El nivel objetivo del inventario  $T$  debe ser igual a la demanda esperada durante el intervalo de protección de  $P + L$  periodos, más el inventario de seguridad suficiente para protegerse contra la incertidumbre de la demanda durante ese mismo intervalo de protección. Aquí se aplicarán las mismas suposiciones estadísticas que se plantearon en el caso del sistema Q. Así, la demanda promedio durante el intervalo de protección es  $T = d(P + L)$ ; o sea:

$$T = d(P + L) + \text{Inventario de seguridad para el intervalo de protección} \quad [1.29]$$

El inventario de seguridad tendrá que cubrir la incertidumbre de la demanda y el tiempo de entrega, considerando un periodo de tiempo más largo ( $P + L$ ). En una distribución de probabilidad normal, se multiplican las desviaciones estándares deseadas para implementar el nivel de servicio de ciclo,  $z$ , por la desviación estándar de la demanda en el curso del intervalo de protección,  $\sigma_{P+L}$ . El valor de  $z$  es igual que un sistema Q, con el mismo nivel de servicio de ciclo. Por consiguiente:

$$\text{inventario de seguridad} = z\sigma_{P+L} \quad [1.30]$$

Al aplicar el cálculo  $\sigma_L$ , sabiendo que la desviación estándar de la distribución de la demanda durante el intervalo de protección es:

$$\sigma_{P+L} = \sigma_t \sqrt{P + L} \quad [1.31]$$

El nivel objetivo de inventario,  $T$ , queda de la siguiente manera.

$$T = d(P + L) + z\sigma_{P+L} \quad [1.32]$$

$$T = d(P + L) + \sigma_t \sqrt{P + L} \quad [1.33]$$

Donde

$T$  = nivel objetivo de inventario

$d$  = demanda promedio

$P$  = cantidad de tiempo entre revisiones

$z$  = probabilidad deseada de no quedarse sin inventario durante el ciclo de pedido,

$\sigma_{P+L}$  = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera y revisión

$\sigma_t$  = desviación estándar de la demanda, en un intervalo de tiempo  $t$

$\sigma_L$  = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera

$L$  = tiempo de espera

Los costos totales del sistema P, tienen los mismos elementos que el sistema Q.

$$C = \frac{dP}{2}(H) + \frac{D}{dP}(S) + Hz\sigma_{P+L} \quad [1.34]$$

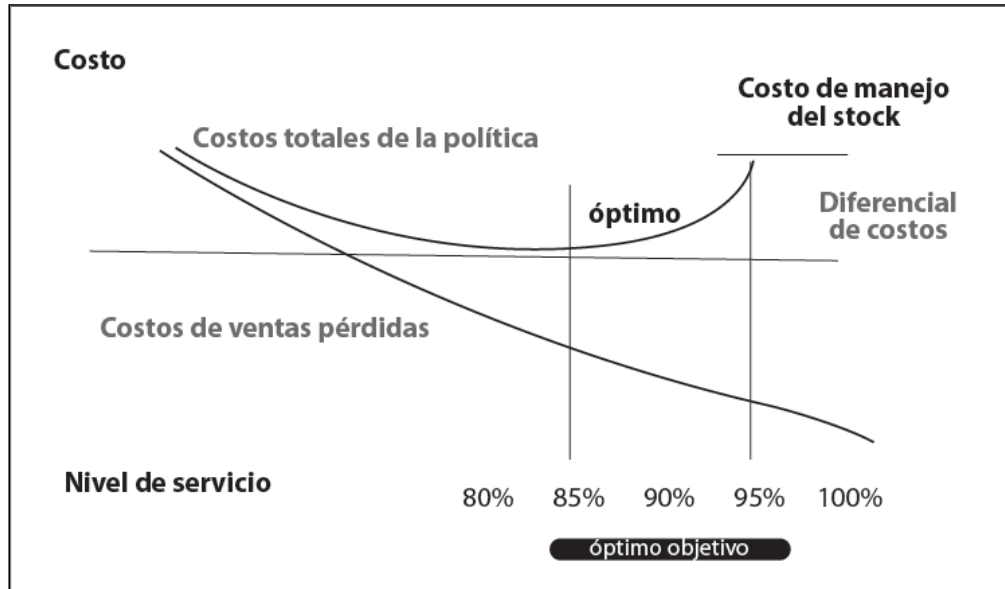
Tomando en cuenta que  $Q = dP$  (Krajewski et al., 2008, p. 484-487).

#### 1.4.7.3. Nivel de servicio de ciclo

El nivel de servicio puede ser definido o entendido de varias maneras dependiendo de cada organización y no es otra cosa que la probabilidad de que ocurra un faltante en un momento determinado entre la colocación de la orden de pedido y la recepción del mismo.

Al ser el nivel de servicio, una medida del desempeño del manejo del inventario, este se constituye es un factor que tiene una incidencia directa en los niveles de inventario disponible o también llamado inventario de seguridad, el fin es asegurarle al cliente el abastecimiento de un producto cuando este sea requerido.

Los costos asociados al manejo de este inventario van a sufrir variaciones según el nivel de servicio que se quiera proporcionar como lo muestra la figura 1.1. El administrador debe equilibrar los costos asociados a este manejo versus el nivel de servicio que se quiera brindar al cliente mediante la adaptación de sus procesos operativos a la política que se establezca como organización.



**Figura 1.1.** Relación Costos vs. Nivel de Servicio  
(Mora, 2010, p.196)

#### 1.4.7.4. Fill-Rate (FR)

Es un indicador de nivel de servicio que considera la disponibilidad del producto o la tasa de surtido del producto, y se define como la fracción de la demanda del producto que se satisface con el inventario del producto, cuando el cliente lo solicite, este valor puede ser calculado con la ecuación siguiente (Chopra y Meindl, 2008, p. 307).

$$Fill\ Rate(FR) = \frac{\text{demanda satisfecha con el stock físico}}{\text{demanda total}} \quad [1.35]$$

#### 1.4.7.5. Estrategia PULL & PUSH

Dentro de las estrategias para el control de los inventarios existen dos, las cuales se enuncian a continuación:

PUSH (empuje). “En un sistema push se procesan grandes lotes de productos basándose en previsiones de demanda y después lo mueven al siguiente proceso de la cadena” (Ochoa et al. 2010, p. 891). En este enfoque el sistema empuja el inventario hacia los puntos de venta, mediante una estrategia de presión y aumento de inventarios en cada punto de abastecimiento, en este sistema se debe mucho cuidar de no incurrir en un problema de sobre stock u obsolescencia.

PULL (arrastre). En el sistema pull “el origen de las acciones se encuentran en las necesidades de los clientes finales, que desencadenan las diferentes etapas para satisfacer sus necesidades” (Ochoa et al. 2010, p. 328). Es decir la demanda es la que solicita inventarios, en los puntos de venta, dando como resultado que se tengan bajos niveles de inventarios, ya que el abastecimiento se hace en función de la demanda del cliente tanto en la cantidad como el tiempo requerido.

El utilizar uno u otro enfoque va a estar en función de los ahorros que se pueda tener al comprar en volumen y de la incertidumbre de la demanda, ya que de eso va a depender el nivel de inventarios, el nivel de servicio que quiera brindar al cliente así como el riesgo de daños u obsolescencia de los materiales.

#### **1.4.8. SIMULACIÓN DEL MODELO DE INVENTARIO POR COMPUTADORA**

Para validar una gama amplia de modelos en general y en especial el de inventarios, una de las maneras fáciles y económicas de aplicar es la simulación, que permite experimentar el modelo desarrollado con muchas variables de interés, a través de la utilización de un computador o PC.

La simulación puede efectuarse a través de una amplia gama de programas, pasando desde la hoja de cálculo Excel, hasta lenguajes o programas más avanzados especialmente diseñados para realizar simulación. El uso de uno u otro programa depende de la complejidad de los modelos a simular.

Los modelos de simulación son usados para analizar situaciones donde el riesgo está presente en la toma de decisiones. Modelo a ser analizado es el cual en donde el comportamiento de una o más variables no se conoce con exactitud, en el caso de los inventarios, la demanda mensual de un producto, los tiempos de espera, etc., a estos factores desconocidos se denominan variables aleatorias.

#### **1.4.8.1. Simulación Montecarlo por computadora**

La simulación Monte Carlo por computadora, es una técnica cuantitativa que usa la estadística (teoría de la probabilidad), se apoya en las computadoras para generar números pseudo-aleatorios y desarrollar los cálculos de manera fácil y automática.

Esta técnica consiste en desarrollar un modelo matemático del sistema o proceso que se desea simular su desempeño, identificando y definiendo primero las variables (entradas del sistema) que tiene el modelo, cuyo comportamiento aleatorio, va a dar como resultado el desempeño que tiene sistema de manera integrada.

Luego que se han identificado las variables aleatorias, cuyo comportamiento se describe mediante una distribución de probabilidad, se lleva a cabo la fase experimental, que consistente en generar valores aleatorios (valores concretos) a través del computador para dichas entradas y luego se realiza el análisis del comportamiento del sistema para los valores generados.

El proceso experimental debe repetirse la mayor cantidad de veces, de tal manera que se disponga de la mayor numero de resultados del comportamiento del sistema, esto sirve para entender cómo funciona el mismo, el análisis tiende a ser más preciso mientras mayor sea el número de experimentos que se realice

El proceso de simulación debe seguir varios pasos o actividades:



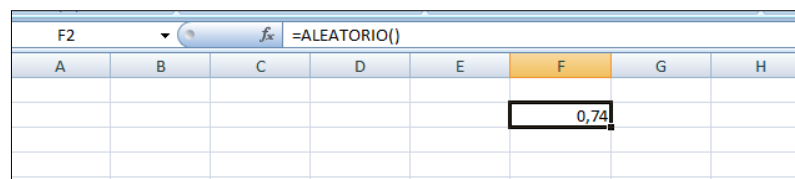
- A. Definir y describir el problema
- B. Formular del modelo
- C. Verificar y validar el modelo
- D. Diseñar el experimento y elaborar plan de repeticiones
- E. Analizar los resultados obtenidos (Eppen et al., 2000, p. 508-513).

La simulación Montecarlo para su aplicación en la hoja electrónica de Excel utiliza algunas funciones del programa que se describen a continuación.

#### 1.4.8.1.1. Función Aleatorio()

Las hojas electrónicas de Excel proveen las herramientas necesarias para la generación de números (seudo – aleatorios), definidos con una distribución uniforme de 0 a 1

Los números seudo – aleatorios generados por la función Aleatorio() son la base principal para desarrollar una simulación en el computador, el mismo que se muestra en la Figura 1.2.



F2		=ALEATORIO()					
A	B	C	D	E	F	G	H
					0,74		

**Figura 1.2.** Aplicación función aleatorio()

Esta función está definida por dos propiedades:

- F. Cuando se usa la función aleatorio() cualquier número real entre 0 y 1 tiene la misma probabilidad de ser generado
- G. Los números generados son estadísticamente independientes uno de otro

#### 1.4.8.1.2. Contar.SI

La función pertenece a la categoría de estadísticas y cuenta las celdas en el rango que coinciden con las condiciones dadas

Argumento: CONTAR.SI (rango; criterio), según se observa en la Figura 1.3.

	A	B	C	H	I	J	K
	1	Código	Descripción	Ventas	Código	Descripción	Nro. Repetidos
	2	41124523	Vidrio	\$ 100.000	41124523	Vidrio	2
	3	14525874	Papel	\$ 150.000			
	4	22452941	Lana	\$ 250.000			
	5	41124523	Vidrio	\$ 250.000			
	6	95418514	Lapiz	\$ 300.000			

**Figura 1.3.** Aplicación función CONTAR.SI

#### 1.4.8.1.3. BUSCARV

Esta función pertenece a la categoría búsqueda y referencia, busca un valor en la columna a la izquierda de una tabla y devuelve un valor en la misma fila desde una columna especificada, de forma predeterminada, la tabla se ordena de forma ascendente.

Argumento:

BUSCARV(valor\_buscado;matriz\_buscar\_en;indicador\_columnas;ordenado), según se observa en la Figura 1.4.

	A	B	C	H	I	J	K
	1	Código	Descripción	Ventas	Código	Descripción	Ventas
	2	41124523	Vidrio	\$ 100.000	22452941	Lana	
	3	14525874	Papel	\$ 150.000			
	4	22452941	Lana	\$ 250.000			
	5	95418514	Lapiz	\$ 300.000			

**Figura 1.4.** Aplicación función BUSCAR

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS**

La empresa posee un inventario que cuenta con una amplia gama de referencias, que en la actualidad ascienden a 2 906 productos, clasificados en dos segmentos principales de negocio, automotriz e industrial. Actualmente para su manejo interno la empresa los agrupa por familia de productos, los mismos que tienen algunas características comunes, pero sin ningún criterio estandarizado.

Para estandarizar este agrupamiento de los productos se procedió a clasificarlos en familias con sus respectivos códigos, considerando a una familia de productos, como el conjunto de SKUs que poseen ciertas características físicas, de uso y comerciales similares.

Para identificar las familias y/o productos que aportan con el mayor porcentaje de las ventas a la empresa se procedió a aplicar la metodología de la clasificación ABC para lo cual realizó los siguientes pasos o actividades dentro de este proceso:

- A. Se definió el periodo de tiempo en el que se va a realizar el análisis, para este proyecto se toma como periodo el año 2014 para el primer análisis y 8 meses del año 2015 para el segundo análisis.
- B. Se calculó el valor en dinero, para lo cual se multiplica el valor unitario de cada SKU por el consumo en el periodo de tiempo seleccionado
- C. Se determinó la participación porcentual y acumulada que tiene cada SKU respecto de las ventas totales, para lo cual se dividió el valor monetario del SKU para el valor monetario total.

- D. Se ordenó de mayor a menor, según el porcentaje del valor total y se acumuló el porcentaje.
- E. Luego se agrupó según el criterio definido en esta metodología
- F. Finalmente se calculó el porcentaje de SKUs que tiene cada categoría de esta clasificación, para lo cual se divide el número de SKUs de cada categoría para los SKUs Totales.

## **2.2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA**

### **2.2.1. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DEL MERCADO**

Según el análisis de la clasificación ABC realizado se desprende que los productos del segmento automotriz tienen una importante participación dentro de las ventas de la empresa, llegando a ocupar el mayor porcentaje en estudio razón por la cual se procederá con el análisis de estos productos relacionados con la línea automotriz.

La industria automotriz nacional ha integrado a otros importantes actores dentro de su cadena de valor, en la que están incluidas las empresas de autopartes, proveedores de repuestos, accesorios e insumos en general, estas a su vez han desarrollado toda una infraestructura comercial dedicada al comercio automotriz en todas sus formas, y uno de los productos que aportan considerablemente a este desarrollo lo constituyen los vidrios automotrices.

Según el Censo Nacional económico realizado por Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el 2010, establece que el 70% de los establecimientos comerciales automotrices realizan actividades de mantenimiento y reparación del vehículo, mientras que el otro 30% está dedicado a la venta y

comercialización de autopartes, piezas, repuestos e insumos, incluida la venta del automotor.

La empresa objeto de estudio, forma parte de este porcentaje de empresas relacionadas con el comercio automotriz, por lo que sus ventas se enfocan en este segmento, especialmente en los vehículos livianos, manteniendo como zona de influencia para sus ventas, la provincia de Pichincha y con ventas dispersas a otras ciudades del país, especialmente cuando un cliente ubicado en la provincia, cuenta con almacenes en otras ciudades, fuera de la provincia de Pichincha.

La venta de productos que pertenecen al segmento automotriz, dependen exclusivamente de la existencia de un parque automotor, que puede ser nuevo o usado. Un vehículo dentro de su vida útil requiere de mantenimientos periódicos, puede sufrir daños, averías, deterioro físico, roturas o envejecimiento normal de sus partes o lo que es peor sufrir un accidente, todo esto da como resultado que las partes involucradas tengan que ser sustituidas por otras similares.

Algunas de estas partes constituyen el mercado de reposición, el mismo que se ve favorecido por el incremento continuo que tiene del parque automotor ecuatoriano, reflejándose en un crecimiento de las ventas de todo el sector relacionado con la industria automotriz, ya que cada año ingresan al parque automotor ecuatoriano un promedio de 100 000 vehículos por año, distribuidos en todo el país, en sus diferentes categorías y tipos de vehículos

En la Tabla 2.1., se puede observar la estadística de las ventas de vehículos desde el año 2002 hasta el año 2014, sumando todas las ventas de esos años, se tiene que ha ingresado al parque automotor ecuatoriano un total de 1 281 195 vehículos desde el año 2002 hasta el año 2014. Estos vehículos consumen autopartes, repuestos, accesorios e insumos en general, incluido los productos que vende la Empresa en estudio (Familias A1 ~ A11).

**Tabla 2.1.** Venta de vehículos por año 2002 – 2014

AÑO	VEHICULOS	AÑO	VEHICULOS
2002	69 372	2009	92 764
2003	58 095	2010	132 172
2004	59 151	2011	139 893
2005	80 410	2012	121 446
2006	89 558	2013	113 812
2007	91 778	2014	120 060
2008	112 684		

(Anuario Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), 2014, p. 23)

Dentro de la categoría de vehículos livianos, en la Tabla 2.2., se puede observar la evolución de las ventas de vehículos para esta categoría desde el año 2002 al año 2014, y para realizar un análisis más sectorizado, en la Tabla 2.3., se presenta las ventas por provincias desde el año 2007 al año 2014, donde se muestra que la provincia de Pichincha ocupa el primer lugar en ventas.

Además se puede observar en la Tabla 2.4., las ventas de los vehículos livianos, en la provincia de Pichincha desde el año 2007 al año 2014. Evidenciándose que existe una tendencia de venta anual de 40 000 unidades al año, esto hace que esta provincia se constituya en un segmento de mercado muy importante para la comercialización de productos del mercado de reposición

Dentro del segmento automotriz, especialmente para los artículos que constituyen la familia de productos (A1 ~ A5), llamados en forma general vidrios automotrices, existe en el mercado, algunas empresas dedicadas a comercializar estos productos, al igual que la empresa en estudio. Entre las principales empresas importadoras y/o comercializadoras de productos de vidrio automotriz tenemos.

- G. Vitemco Ecuador S.A.
- H. Quito Motors
- I. Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE)
- J. Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana (CINAE)
- K. Cristalautos

- L. Crylamit - Induivit
- M. Tecnividrio 2000 S.A.
- N. Otros fabricantes e Importadores

Estas empresas detalladas anteriormente se disputan la demanda que existe en el mercado de vidrios automotrices, en el resto productos que comercializa la empresa existen otros competidores que por el tipo de producto, no se puede estimar la cantidad de empresas dedicadas a su comercialización.

**Tabla 2.2.** Venta de vehículos por año 2002 – 2014, clasificados por categorías (Livianos y Pesados)

AÑO	VEHÍCULOS LIVIANOS				VEHÍCULOS PESADOS		TOTAL LIVIANOS	TOTAL VEHÍCULOS
	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	SUV'S	VAN'S	CAMIONES	BUSES		
2002	29 296	16 103	12 910	2 664	7 290	1 109	60 973	69 372
2003	27 565	14 113	9 050	2 947	3 837	583	53 675	58 095
2004	28 474	14 198	10 009	2 372	3 557	541	55 053	59 151
2005	41 695	17 734	12 647	2 054	5 264	1 016	74 130	80 410
2006	42 932	19 251	15 968	1 563	8 669	1 175	79 714	89 558
2007	38 565	20 660	19 769	1 917	9 570	1 297	80 911	91 778
2008	46 846	27 963	22 710	2 207	11 521	1 437	99 726	112 684
2009	35 869	21 336	24 727	1 895	7 919	1 018	83 827	92 764
2010	57 278	27 808	32 972	3 702	9 180	1 232	121 760	132 172
2011	62 585	27 469	31 712	5 678	10 788	1 661	127 444	139 893
2012	53 526	23 922	27 118	4 463	10 954	1 463	109 029	121 446
2013	47 102	22 047	27 067	5 159	11 085	1 352	101 375	113 812
2014	47 851	23 244	30 634	5 355	11 673	1 303	107 084	120 060

(Anuario Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), 2014, p. 25)



**Tabla 2.3.** Venta de vehículos por año 2009 – 2014, Clasificados por provincias

<b>AÑO</b>	<b>AZUAY</b>	<b>%</b>	<b>GUAYAS</b>	<b>%</b>	<b>MANABÍ</b>	<b>%</b>	<b>PICHINCHA</b>	<b>%</b>	<b>TUNGURAHUA</b>	<b>%</b>	<b>OTRAS</b>	<b>%</b>	<b>TOTAL</b>
2009	6 620	7,14%	22 991	24,78%	2 040	2,20%	39 403	42,48%	6 731	7,26%	14 979	16,15%	92 764
2010	9 069	6,86%	33 838	25,60%	3 231	2,44%	53 394	40,40%	10 484	7,93%	22 156	16,76%	132 172
2011	8 999	6,43%	36 916	26,39%	4 510	3,22%	54 905	39,25%	10 106	7,22%	24 457	17,48%	139 893
2012	7 380	6,08%	32 621	26,86%	4 003	3,30%	48 715	40,11%	8 739	7,20%	19 988	16,45%	121 446
2013	6 461	5,68%	30 824	27,08%	3 956	3,48%	46 478	40,84%	8 016	7,04%	18 077	15,89%	113 812
2014	7 114	5,93%	32 373	26,96%	4 078	3,40%	49 702	41,40%	8 235	6,86%	18 558	15,46%	120 060

(Anuario Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), 2014, p. 28)

**Tabla 2.4.** Venta de vehículos por año 2009 – 2014, Provincia de Pichincha

<b>AÑO</b>	<b>VEHICULOS LIVIANOS</b>				<b>VEHICULOS PESADOS</b>		<b>TOTAL LIVIANOS</b>	<b>TOTAL VEHICULOS</b>
	<b>AUTOMÓVILES</b>	<b>CAMIONETAS</b>	<b>SUV'S</b>	<b>VAN'S</b>	<b>CAMIONES</b>	<b>BUSES</b>		
2009	14 530	8 958	11 373	879	3 219	444	35 740	39 403
2010	22 938	9 863	15 160	1 489	3 536	408	49 450	53 394
2011	24 169	9 894	14 149	2 163	3 911	619	50 375	54 905
2012	19 991	9 496	12 638	1 852	4 301	437	43 977	48 715
2013	17 654	8 772	12 843	2 262	4 511	436	41 531	46 478
2014	18 893	9 074	14 782	1 831	4 620	502	44 580	49 702

(Anuario Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), 2014, p. 35)

Del análisis realizado al sector automotriz, se complementa con el análisis de las importaciones realizadas de los productos de la familia A1 (Subpartida Nandina 7007.21.00) y las familias A2 ~ A5 (Subpartida Nandina 7007.11.00) mostrados en la Tabla 2.5. y Tabla 2.6. respectivamente.

**Tabla 2.5.** Importación de Productos familia A1, Año 2004 ~ 2014

<b>SUBPARTIDA NANDINA</b>	<b>AÑO</b>	<b>TONELADAS</b>	<b>CIF - DÓLAR miles de dólares</b>
7007.21.00	2004	486,7	2 173,8
7007.21.00	2005	651,3	2 372,4
7007.21.00	2006	833,7	3 122,6
7007.21.00	2007	1 230,7	4 171,7
7007.21.00	2008	1 513,0	5 277,3
7007.21.00	2009	1 518,5	5 033,6
7007.21.00	2010	1 963,0	6 784,0
7007.21.00	2011	1 589,0	6 718,0
7007.21.00	2012	1 628,5	6 866,5
7007.21.00	2013	1 109,4	4 931,4
7007.21.00	2014	1 317,5	5 073,2

Estadísticas Banco Central del Ecuador (BCE)

**Tabla 2.6.** Importación de Productos familias A2 ~ A5, Año 2004 ~ 2014

<b>SUBPARTIDA NANDINA</b>	<b>AÑO</b>	<b>TONELADAS</b>	<b>CIF - DÓLAR miles de dólares</b>
7007.11.00	2004	588,0	2 074,8
7007.11.00	2005	544,4	1 905,7
7007.11.00	2006	513,4	1 989,6
7007.11.00	2007	784,2	2 820,0
7007.11.00	2008	707,7	2 860,7
7007.11.00	2009	787,9	2 887,5
7007.11.00	2010	865,0	3 247,3
7007.11.00	2011	1 061,8	3 701,9
7007.11.00	2012	772 55,0	3 092,8
7007.11.00	2013	527 68,0	2 395,3
7007.11.00	2014	370 84,0	1 664,6

Estadísticas Banco Central del Ecuador (BCE)

En las Tablas 2.5. y 2.6. se puede evidenciar el crecimiento que ha tenido las importaciones de estos productos que pertenecen al segmento automotriz, pero hay que destacar que en el año 2015, aparece la familia de productos B6 (vidrios estructurales) que tiene un aporte significativo en las ventas en lo que va del año, razón por la cual se realiza un análisis a la importación de estos productos los mismos que se muestran en la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7.** Importación de Productos familia B6, Año 2007 ~ 2014

<b>SUBPARTIDA NANDINA</b>	<b>AÑO</b>	<b>TONELADAS</b>	<b>CIF - DÓLAR miles de dólares</b>
7005.21.11	2007	6 102,3	2 689,5
7005.21.11	2008	26 992,9	12 772,3
7005.21.11	2009	16 929,5	6 535,9
7005.21.11	2010	24 706,0	11 940,3
7005.21.11	2011	23 831,0	10 798,1
7005.21.11	2012	25 387,1	11 010,3
7005.21.11	2013	29 252,4	12 494,4
7005.21.11	2014	32 151,9	13 654,2

Banco Central del Ecuador (BCE)

Como se puede observar en las cifras mostradas, el aumento de las importaciones de estos productos, va de la mano con el crecimiento en las ventas de vehículos que ha tenido el sector automotriz a lo largo de estos años, de esta manera se crea las condiciones necesarias para tener un mercado de reposición con una demanda potencial creciente de autopartes, repuestos, insumos y servicios.

Para el resto de productos del segmento Industrial que aportan de manera significativa a las ventas de la empresa, su demanda va muy de la mano con el crecimiento o recesión que pueda tener la construcción en general, ya que los productos que oferta la empresa objeto de estudio, son requeridos para la construcción y/o adecuación de instalaciones industriales y en algunos casos para la construcción en general, por lo que su estudio no está dentro del alcance de

este proyecto, razón por la cual nos basaremos principalmente para su análisis, en el histórico de las ventas de estos productos.

## **2.2.2. PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA**

Actualmente la empresa objeto de estudio no utiliza ningún método específico de pronóstico, su análisis y proyección de las ventas futuras muchas veces están basados en la experiencia del personal del área de ventas y en algunos casos cuando se realiza algún tipo de proyección, su análisis y evaluación no contempla un proceso estructurado y técnico que permita disminuir el riesgo en la toma de decisiones de cuándo y cuánto comprar.

### **2.2.2.1. Objetivo**

El objetivo principal para realizar el pronóstico de los diferentes productos que vende la empresa, es disminuir la variabilidad e incertidumbre que existe en la demanda futura a efectos de planear las compras e importaciones, optimizar los costos relacionados con el manejo del inventario, evitar pérdida de clientes y/o participación en el mercado.

### **2.2.2.2. Selección de los Productos**

Los productos que fueron seleccionados para realizar el pronóstico de su demanda futura, son los productos que fueron categorizados como artículos clase A, en la clasificación ABC realizado en el subcapítulo 2.1. Los mismos que se muestran en la Tabla 2.8.

**Tabla 2.8.** Productos a pronosticarse

<b>FAMILIA</b>	<b>NÚMERO DE SKUS</b>
A1	60
A2	27
A3	6
A4	6
A9	7
A10	9
A11	11
B1	15
<b>TOTAL</b>	<b>141</b>

Los 44 productos que pertenecen a las Familias B3, B4 y B6 no constan en esta tabla a pesar de que muchos de sus productos son clase A, esto es porque el aprovisionamiento de estos productos se realiza previo a un requerimiento del cliente u orden de compra previa, y al llegar los productos se entregan de manera inmediata, razón por la cual no se consideraron dentro de este y de otros análisis.

### **2.2.2.3. Horizonte de Tiempo**

La empresa realiza sus compras a los diferentes proveedores con una frecuencia mensual, bimestral y en algunos casos trimestrales por lo que es requerimiento contar con un pronóstico de demanda que estime las ventas en el corto plazo es decir entre uno y tres meses.

El horizonte de tiempo está definido por cada SKU, ya que este tiempo depende del tiempo de producción de cada proveedor, el transporte y el tiempo que toma realizar los trámites aduaneros pertinentes.

#### 2.2.2.4. Recolección de Datos

En el caso de empresa objeto de estudio existen registros de las ventas realizadas mensualmente de los diferentes productos, estas ventas se cargan a un sistema informático el momento que se realiza la venta, para los análisis y estudios de los pronósticos se utilizará los datos históricos de las ventas mensuales en unidades de productos del año 2014 y los meses de enero hasta agosto del año 2015, total suman 20 periodos.

Para algunos productos no existe información del año 2014, debido a que estos productos empezaron a venderse en el año 2015, en este caso se utilizó la información disponible del año 2015, es decir 8 periodos, el resumen de las ventas referidas a estos años se muestra en la Tabla 2.9.

Se analizó los datos de la demanda para determinar la existencia de una distribución, para lo cual se utilizó las pruebas de hipótesis estadísticas, partiendo del supuesto que todos los productos presentan una distribución probabilística. Para probar la normalidad de los datos, existen los métodos de Anderson-Darling, Ryan-Joiner y Kolmogorov-Smirnov.

Por los datos históricos que se tienen en este proyecto, para la determinación de la normalidad de los datos se aplicó el método de Anderson-Darling, utilizando el programa Minitab 14 para el desarrollo de esta prueba y para validar si la muestra se ajusta a una distribución normal se cumplió con la siguiente hipótesis:

$H_0$  = La muestra tiene una distribución normal.

$H_a$  = La muestra NO tiene una distribución normal. Por lo tanto SI:

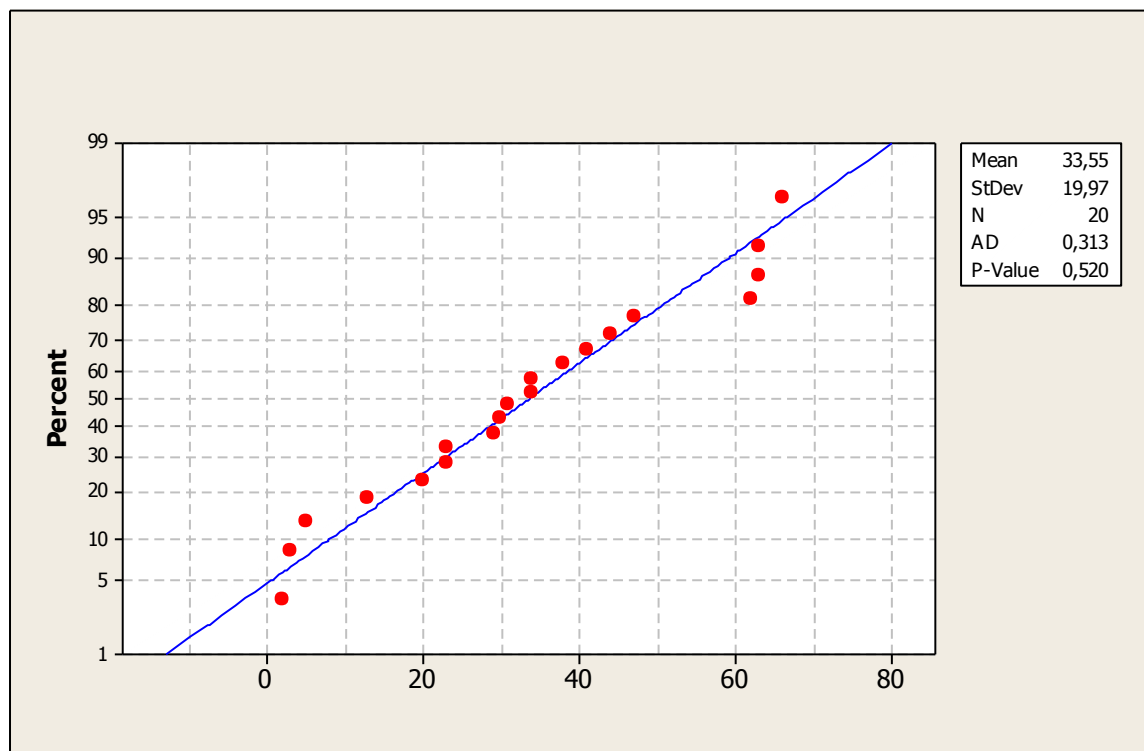
P-Value  $< \alpha$  : Se rechaza  $H_0$ , a favor de  $H_a$

P-Value  $> \alpha$  : No se rechaza  $H_0$

Donde P es un valor estadístico de los datos y  $\alpha$  es un valor que depende del tamaño de la muestra y de la prueba como tal, el estadístico P es una medida de

la distancia entre la distribución de la muestra y la distribución que se presume tiene, razón por la cual si el valor P-Value de la prueba es mayor a 0,05; se considera que los datos corresponden a una distribución normal.

En la Figura 2.1. Se muestra el análisis realizado a un SKU, donde el P-Valu  es mayor a 0,05. Para los restantes 140 SKUs clase A, que requieren de un pronóstico para su gestión de inventarios, su desarrollo se muestra en el Anexo Magnético 1: Prueba de Normalidad.docx



**Figura 2.1.** Prueba de normalidad – Método Anderson-Darling

**Tabla 2.9.** Ventas históricas en unidades, año 2014 y año 2015 (01 ~ 08)

FL	SKU	VENTAS 2014	VENTAS 2015	FL	SKU	VENTAS 2014	VENTAS 2015
A1	P861101-2S060	141	95	A11	CIC-6912	10 500	12 040
A1	PDW15611	515	410	A11	C9-O/P1-X	5 300	3 100
A1	PFW5941	537	426	A11	CEM-531	2 000	2 650
A1	P641101LFW	159	292	A11	C5-T/K1	3 300	3 000
A1	P307401LFW	145	337	A11	CIC-6913	4 450	5 250
A1	P524301LFW	450	298	A11	C69991	2 400	2 550
A1	P028101LFW	295	229	A11	CIC-7617	5 350	3 050
A1	PFW6191	373	298	A11	CIC-13177	130	750
A1	P861101-2E000	108	60	A11	CWBL3917	260	146
A1	P039001LFW	308	286	A2	L11243248	4 657	4 082
A1	P5936C1LFW	234	163	A2	L956272318	3 659	2 952
A1	P861101-4H010	57	40	A2	L11212282	5 338	2 546
A1	P861101-1R000	98	41	A2	LCOF00250GA	159	216
A1	PFW26110	273	155	A2	L5008,21824	615	424
A1	P2765A1LFW	316	186	A2	L2010,21823Z	187	175
A1	P193801LFW	168	187	A2	L1404,21824	139	116
A1	PFW6151	161	228	A2	L592,12824	148	146
A1	P861101-2B230	65	38	A2	L1402,21824	83	83
A1	PFW25319	126	110	A2	LGOE99254VA	47	72
A1	P548701LFW	148	113	A2	L8110,21875	46	55
A1	PFW6631	199	144	A2	L0801520GATP	129	97
A1	P280401LFW	195	80	A2	L1473A2TRW	181	107
A1	P861101-3X160	10	23	A2	L592,12873	71	72
A1	P861111-2W000	57	18	A2	L5248,21824	46	80
A1	P280301LFW	189	72	A2	L871102-2S020	58	27
A1	PDW16915	219	99	A2	L965412113	57	35
A1	P5050B1LFW	198	95	A2	L565,12824	48	89
A1	P572401LFW	205	104	A2	L871112-2E021	52	37
A1	P5242C1LFW	224	96	A2	L3074A2TRW	51	126
A1	PFW29214	39	68	A2	LFB43320	48	55
A1	PDW14511	28	32	A2	L1473B2TRW	153	96
A1	PFW21612	124	81	A2	L871102-2B020	33	27
A1	PDW13813	30	30	A2	L966012855	14	27
A1	P558001LFW	113	69	A2	LDB106243	105	50
A1	PFW34812	32	52	A2	L871102-1C300	81	41



**Tabla 2.9.** Ventas históricas año 2014 y año 2015 (01 ~ 08) (continuación...)

FL	SKU	VENTAS 2014	VENTAS 2015	FL	SKU	VENTAS 2014	VENTAS 2015
A1	P559801LFW	56	46	A2	L871102-4H070	36	24
A1	PFW5011	47	91	A3	V956273320	3 938	2 953
A1	PFW7581	63	50	A3	V956273319	4 106	2 952
A1	PFW26015	116	63	A3	V11240316	744	312
A1	PFW3971	201	98	A3	V11240317	737	312
A1	P028201LFW	159	58	A3	VFQ39238	63	112
A1	P251801LFW	104	62	A3	VFQ39237	115	99
A1	P578901LFW	78	48	A4	V11212480	721	336
A1	PFW5491	19	98	A4	V11212481	721	312
A1	PFW26514	35	47	A4	V592,34573	5	91
A1	P563701LFW	44	63	A4	V592,24573	3	60
A1	P861101-3W040	22	17	A4	V878204-2S010	25	17
A1	PFW20716	57	67	A4	V878204-2E020	24	17
A1	PFW7591	36	41	A9	PIC-2690	13 600	10 902
A1	P5137A1LFW	94	53	A9	PIC-5190	19 250	13 000
A1	PFW4831	124	88	A9	PIC-3897	21 400	12 003
A1	P642701LFW	21	50	A9	PEV-559	5 000	4 150
A1	P1298A1LFW	66	51	A9	PIC-1090	11 500	5 802
A1	P2827A1LFW	73	51	A9	PIC-13951	6 825	4 975
A1	P279901LFW	104	53	A9	PEV-2297	6 475	3 601
A1	P8111,110213	85	54	B1	IISR1	391	200
A1	P952731369	16	10	B1	I99822185	35	14
A1	P393101LFW	64	35	B1	II50001GC	92	157
A1	PFW22112	83	53	B1	II50001BFC22L	529	94
A1	P285101LFW	79	43	B1	II50001BC	129	89
A10	UU-4280	22 770	18 970	B1	IPROTE1KTOR	538	165
A10	UL9008001-00	0	70	B1	IT8021141	175	144
A10	U412200003	66	36	B1	IMETAL1FL100	207	110
A10	UD2100073-00	0	30	B1	II70001GC	319	55
A10	UI-70000IN003	0	570	B1	IISC1	298	109
A10	UU-8380	1 324	1 260	B1	II30001GC	172	73
A10	UD2100089-00	0	19	B1	II30001BC	142	69
A10	UD2100056-00	29	12	B1	IIRS1010	319	111
A10	U411900017	16	7	B1	IIMEGA16BC	41	53
A11	CIC-7215CC	11 400	6 750	B1	II70001GFC	64	35

#### 2.2.2.5. Uso de Software

La metodología para pronosticar la demanda usa técnicas cuantitativas que hacen uso de la matemática y de la estadística para su aplicación, por la cantidad de datos que se maneja es necesario contar con algún tipo de programa o software especializado que ayude a la realización de estos pronósticos.

En este estudio y análisis de los pronósticos se usó una hoja electrónica de Excel, por la facilidad de acceso a este recurso informático y los fines investigativos que se persigue en la realización de este proyecto, posteriormente de ser requerido por la organización se optara por uno de los programas o software que existen en el mercado para la realización de esta actividad.

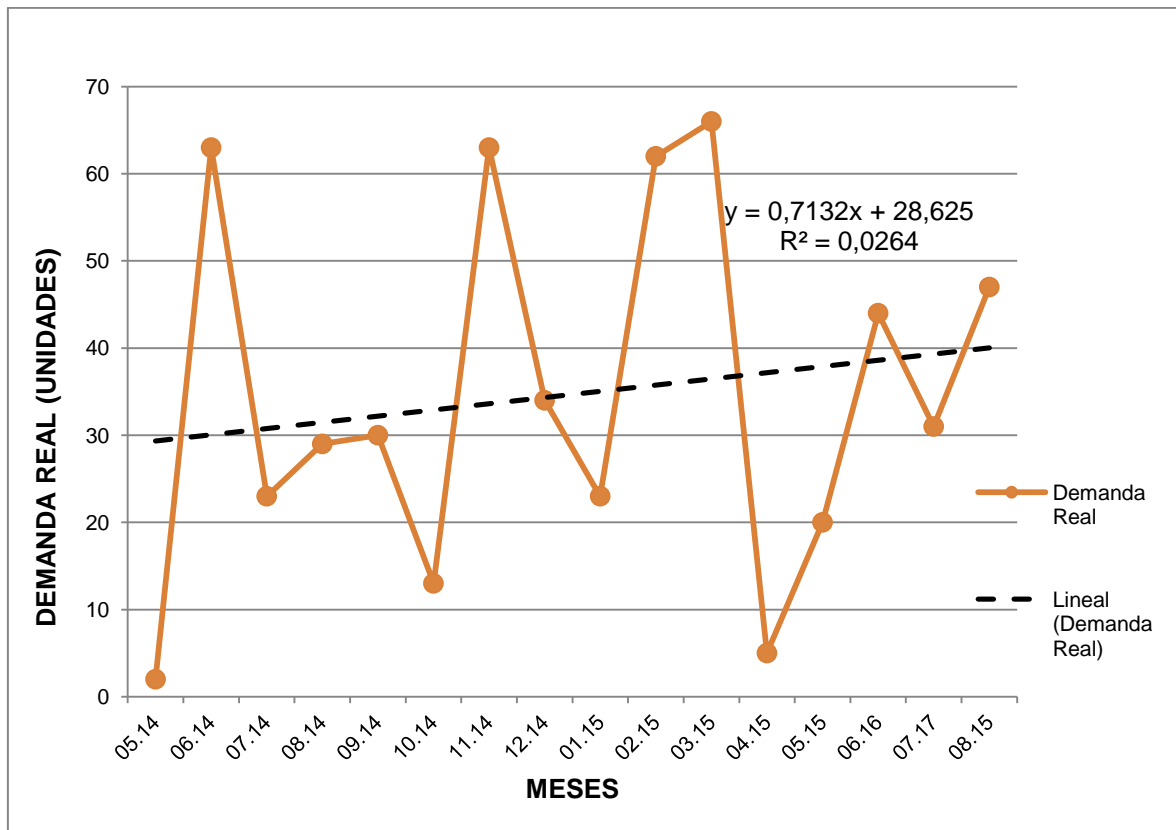
#### 2.2.2.6. Selección del modelo de pronóstico

Para realizar el pronóstico de la demanda se utilizó los modelos de series del tiempo, porque su análisis se basa en el comportamiento histórico de la demanda en un periodo de tiempo y utiliza datos históricos que permiten generar una proyección de la demanda futura. Estos modelos emplean ciertas técnicas según la demanda, los datos históricos disponibles y el horizonte tiempo.

En el análisis de los datos históricos para generar los pronósticos se comenzó primero con el análisis del patrón que sigue la demanda, que puede ser perpetua o errática; estacional o con tendencia. Para determinar si es estacionaria o errática se utilizó el coeficiente de variación (CV) que se calcula con la ecuación:

$$\text{Coeficiente de Variación de la demanda} = \frac{\text{Desviación Estándar de la demanda}}{\text{Demanda Promedio}} \quad [2.1]$$

Si el coeficiente CV es mayor que uno, la demanda se puede catalogarse como errática caso contrario la demanda puede considerarse estacionaria y para determinar la tendencia de la demanda se utilizó la gráfica de regresión lineal simple tal como se muestra en la Figura 2.2. (Vidal, 2005, p.28).



**Figura 2.2.** Gráfica de regresión lineal simple

Para determinar la metodología apropiada, se simuló los pronósticos con los datos históricos disponibles de la demanda, utilizando los métodos propuestos como son el método de pronóstico de promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial y suavización exponencial con ajuste de tendencia,

La simulación del pronóstico se basó en los periodos anteriores al actual, en los cuales se simuló la realización de un pronóstico como si fueran reales y se comparó con los datos reales de la demanda que ya se disponía, esto permitió evaluar los métodos propuestos y seleccionar el más adecuado para pronosticar la demanda, basado en la precisión (error de pronóstico).

Los criterios que se usaron para seleccionar el método de pronóstico para cada SKU, fue escoger el menor error relativo definido en la MAD, MSE y MAPE,

además se tomó en cuenta que el valor de sesgo CFE tienda a cero, tal como lo recomienda (Schroeder et al., 1996, p.249).

Al ser el sesgo un indicativo de la tendencia direccional de los errores de pronóstico, cuando el sesgo es positivo, el pronóstico sobreestima la demanda, sí en cambio es sesgo es negativo, el pronóstico subestima la demanda, al seleccionar el método de pronóstico se trató de equilibrar el sesgo CFE y las medidas de dispersión MAPE, MAD y MSE (Krajewski et al., 2008, p.545).

Otro criterio importante que se tomó en cuenta y que es muy usado por las empresas al seleccionar uno u otro método de pronóstico es la llamada señal de rastreo TS; la misma que debe concentrarse cerca del cero y es utilizado como indicador para determinar si un pronóstico está bajo control, cuyo cálculo de las señales de rastreo se lo hace por cada periodo de la demanda.

Para que el pronóstico esté “bajo control”, se espera que el 99,9% de los errores caiga dentro de los límites superior e inferior definidos previamente, en nuestro caso se usó como límites máximos el  $\pm 4$  MAD. Los valores de señal de rastreo que se ubicaron dentro de estos límites se consideraron aceptables y cuando existieron valores fuera de estos límites, se volvió a revisar la selección del método. Los límites fueron establecidos según lo definido en (Render, Stair y Hanna, 2012, p. 180) para este tipo de demanda.

Para realizar la simulación del pronóstico mediante el método de promedio móvil simple se utilizó la ecuación [1.2]; y para el cálculo del error del pronóstico generado, CFE,  $\bar{E}$ , MSE,  $\sigma$ , MAD, MAPE y TS se utilizó las ecuaciones definidas desde [1.9] hasta [1.18]. En la Tabla 2.10. Se muestra el formato a ser utilizado en la hoja electrónica de Excel para calcular y obtener los resultados al utilizar el método de promedio móvil simple con tres periodos.

**Tabla 2.10.** Simulación por el método de promedio móvil con 3 periodos

Familia: SKU: EJEMPLO		Promedio Móvil	Error Pronóstico	Error Cuadrado	Error Absoluto	Error Abs. Porcentual			
Mes	Demanda Real	PM n=3 Pronóstico	E	E <sup>2</sup>	E	E %	MADt	CFEt	TS <sub>t</sub> ±4 MAD
01.14	D01								
02.14	D02								
03.14	D03								
04.14	D04	P01							
05.14	D05	P02							
06.14	D06	P03							
07.14	D07	P04							
08.14	D08	P05							
09.14	D09	P06							
10.14	D10	P07							
11.14	D11	P08							
12.14	D12	P09							
01.15	D13	P10							
02.15	D14	P11							
03.15	D15	P12							
	CFE		Resultado					Promedio	Resultad
	$\bar{E}$		Resultado					Desv. St.	Resultad
	MSE			Resultado					
	$\sigma$		Resultado						
	MAD				Resultado			TS LCS	4,0
	MAPE					Resultado		TS LCI	-4,0
	TS		Resultado						

Para la simulación de los diferentes métodos de pronóstico en cada uno de los SKUs se utilizó una hoja electrónica de Excel para facilitar los cálculos matemáticos. En la Tabla 2.11. Se muestra el formato realizado en una hoja electrónica de Excel, el mismo que se utilizó en la simulación del pronóstico al aplicar el método de promedios móviles con cuatro periodos, se aplicó las mismas ecuaciones definidas anteriormente para el mismo método pero con tres periodos.

**Tabla 2.11.** Simulación por el método de promedio móvil con 4 periodos

Familia: SKU: EJEMPLO		Promedio Móvil	Error Pronóstico	Error Cuadrado	Error Absoluto	Error Abs. Porcentual			
Mes	Demanda Real	PM n=4 Pronóstico	E	E <sup>2</sup>	E	E %	MADt	CFEt	TSt ±4 MAD
01.14	D01								
02.14	D02								
03.14	D03								
04.14	D04								
05.14	D05	P01							
06.14	D06	P02							
07.14	D07	P03							
08.14	D08	P04							
09.14	D09	P05							
10.14	D10	P06							
11.14	D11	P07							
12.14	D12	P08							
01.15	D13	P09							
02.15	D14	P10							
03.15		P11							
	CFE		Resultado					Promedio	Resultad
	$\bar{E}$		Resultado					Desv. St.	Resultad
	MSE			Resultad					
	$\sigma$		Resultado						
	MAD				Resultad			TS LCS	4,0
	MAPE					Resultado		TS LCI	-4,0
	TS		Resultado						

Para efectuar el cálculo del pronóstico mediante el método de promedio móvil ponderado se utilizó la ecuación [1.3]; y para calcular el error de pronóstico, CFE,  $\bar{E}$ , MSE,  $\sigma$ , MAD, MAPE y TS se utilizó las ecuaciones definidas desde [1.9] hasta [1.18], en este método se dio más peso a los datos generados en periodos recientes.

Para un cálculo con tres periodos los coeficientes de ponderación utilizados fueron (0,5), (0,3) y (0,2) empezando desde el periodo más actual, en cambio,

cuando se realizó con cuatro periodos se utilizó los coeficientes de ponderación de (0,4), (0,3), (0,2) y (0,1).

Los cálculos y los resultados generados de la simulación al utilizar el método de promedio móvil ponderado con tres y cuatro periodos fue posible obtener mediante el uso de una hoja electrónica de Excel, cuyo formato se muestra en la Tabla 2.12. y Tabla 2.13. respectivamente.

**Tabla 2.12.** Simulación por el método de promedio ponderado con 3 periodos

Familia:		Promedio	Error	Error	Error	Error Abs			
SKU: EJEMPLO		Ponderado	Pronóstico	Cuadrado	Absoluto	Porcentual			
Mes	Demanda Real	PP n=3 Pronóstico	E	E <sup>2</sup>	E	E %	MAD <sub>t</sub>	CFE <sub>t</sub>	TSt ±4 MAD
01.14	D01								
02.14	D02								
03.14	D03								
04.14	D04	P01							
05.14	D05	P02							
06.14	D06	P03							
07.14	D07	P04							
08.14	D08	P05							
09.14	D09	P06							
10.14	D10	P07							
11.14	D11	P08							
12.14	D12	P09							
01.15	D13	P10							
02.15	D14	P11							
03.15		P12							
	CFE		Resultado					Promedio	Resultad
	$\bar{E}$		Resultado					Desv. St.	Resultad
	MSE			Resultad					
	$\sigma$		Resultado						
	MAD				Resultad			TS LCS	4,0
	MAPE					Resultado		TS LCI	-4,0
	TS		Resultado						

**Tabla 2.13.** Simulación por el método de promedio ponderado con 4 periodos

Familia:		Promedio	Error	Error	Error	Error Abs.			
SKU: EJEMPLO		Ponderado	Pronóstico	Cuadrado	Absoluto	Porcentual			
Mes	Demanda Real	PP n=4 Pronóstico	E	E <sup>2</sup>	E	E %	MADt	CFEt	TSt ±4 MAD
01.14	D01								
02.14	D02								
03.14	D03								
04.14	D04								
05.14	D05	P01							
06.14	D06	P02							
07.14	D07	P03							
08.14	D08	P04							
09.14	D09	P05							
10.14	D10	P06							
11.14	D11	P07							
12.14	D12	P08							
01.15	D13	P09							
02.15		P10							
	CFE		Resultado					Promedio	Resultad
	$\bar{E}$		Resultado					Desv. St.	Resultad
	MSE			Resultad					
	$\sigma$		Resultado						
	MAD				Resultado			TS LCS	4,0
	MAPE					Resultado		TS LCI	-4,0
	TS		Resultado						

Siguiendo con la simulación de los métodos de pronóstico, luego de calcular con promedios móviles simples y promedios móviles ponderados, se pasó a usar el método de suavización exponencial con la ecuación [1.5] y para el cálculo del error del pronóstico generado, CFE,  $\bar{E}$ , MSE,  $\sigma$ , MAD, MAPE y TS se utilizó las ecuaciones definidas desde [1.9] hasta [1.18], el coeficiente de ponderación alfa ( $\alpha$ ) utilizado correspondió al valor que genero el minino error de pronóstico y permitió mantener a las señales de rastreo dentro de los límites aceptables.

El coeficiente de ponderación alfa ( $\alpha$ ), se determinó en algunos casos de manera experimental, utilizando una gama de valores hasta encontrar el valor más



adecuado que cumpla con lo requerido, otra manera de determinar el valor fue utilizar la herramienta solver que tiene el Excel, para determinar el valor óptimo que debe tener este coeficiente a través de minimizar una celda objetivo que puede ser el MAD, MSE o MAPE. Los cálculos y los resultados obtenidos de la simulación al utilizar este método fue posible lograr mediante el uso de una hoja electrónica de Excel, cuyo formato se muestran en la Tabla 2.14.

**Tabla 2.14.** Simulación por el método de suavización exponencial simple

Familia: SKU: EJEMPLO		Suavización Exponencial	Error Pronóstico	Error Cuadrado	Error Absoluto	Error Abs. Porcentual	$\alpha =$		
Mes	Demanda Real	Pronóstico	E	E <sup>2</sup>	E	E %	MAD <sub>t</sub>	CFE <sub>t</sub>	TSt ±4 MAD
01.14	D01	D01							
02.14	D02	P01							
03.14	D03	P02							
04.14	D04	P03							
05.14	D05	P04							
06.14	D06	P05							
07.14	D07	P06							
08.14	D08	P07							
09.14	D09	P08							
10.14	D10	P09							
11.14	D11	P10							
12.14	D12	P11							
01.15	D13	P12							
02.15		P13							
	CFE		Resultado					Promedio	Resultad
	$\bar{E}$		Resultado					Desv. St.	Resultad
	MSE			Resultad					
	$\sigma$		Resultado						
	MAD				Resultad			TS LCS	4,0
	MAPE					Resultado		TS LCI	-4,0
	TS		Resultado						

Y por último para el método de suavización exponencial con ajuste a la tendencia, utilizando las ecuaciones [1.6], [1.7] y [1.8], para el cálculo del error del pronóstico generado, CFE,  $\bar{E}$ , MSE,  $\sigma$ , MAD, MAPE y TS se utilizó las ecuaciones definidas

desde [1.9] hasta [1.18]. Los valores alfa ( $\alpha$ ) y delta ( $\delta$ ), se obtuvieron ajustando sistemáticamente hasta obtener los valores que generaron el mínimo error de pronóstico y permitieron mantener las señales de rastreo dentro de los límites aceptables.

Los cálculos y los resultados obtenidos de la simulación por este método se obtuvieron mediante el uso de una hoja electrónica Excel, cuyo formato se muestra en la Tabla 2.15.

**Tabla 2.15.** Simulación por el método de suavización exponencial con ajuste de tendencia

Familia:		Suavización	Error	Error	Error	Error Abs.	$\alpha=$		
SKU: EJEMPLO		Exp. Tendencia	Pronóstico	Cuadrado	Absoluto	Porcentual	$\delta=$		
Mes	Demanda Real	Pronóstico	E	E <sup>2</sup>	E	E %	MADt	CFEt	TSt ±4 MAD
01.14	D01	D01							
02.14	D02	P01							
03.14	D03	P02							
04.14	D04	P03							
05.14	D05	P04							
06.14	D06	P05							
07.14	D07	P06							
08.14	D08	P07							
09.14	D09	P08							
10.14	D10	P09							
11.14	D11	P10							
12.14	D12	P11							
13.14		P12							
	CFE		Resultado					Promedio	Resultad
	$\bar{E}$		Resultado					Desv. St.	Resultad
	MSE			Resultad					
	$\sigma$		Resultado						
	MAD				Resultad			TS LCS	4,0
	MAPE					Resultado		TS LCI	-4,0
	TS		Resultado						

El programa Microsoft Office Excel, sirvió de base para generar la simulación de los pronósticos usando los diferentes métodos para cada uno de los SKUs definidos como clase A dentro del inventario.

Una vez realizado la simulación de los pronósticos para cada SKU con los diferentes métodos, se procedió a evaluar y comparar los resultados obtenidos al calcular el error de pronóstico que genera cada método en el proceso de simulación.

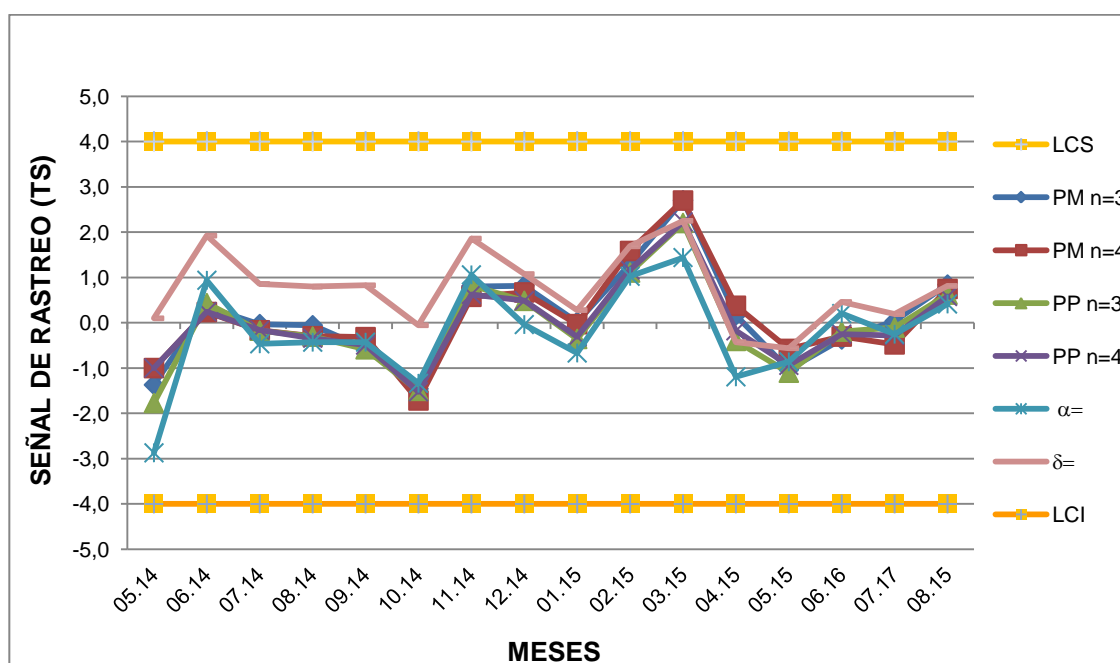
En la Tabla 2.16. Se muestra el formato realizado en una hoja electrónica de Excel que se usó para comparar los pronósticos que se obtuvieron en la simulación, al utilizar los diferentes métodos, así como el cálculo de los errores de pronóstico, CFE,  $\bar{E}$ , MSE,  $\sigma$ , MAD, MAPE y TS, complementando este análisis con la gráfica de las TS, mostrado en la Figura 2.3.

**Tabla 2.16.** Comparación de errores de pronóstico para seleccionar el método a utilizarse

Familia: SKU: EJEMPLO		Promedio Móvil		Promedio Ponderado		Suavización Exponencial	Suavización Exp. Tendencia
Mes	Demanda Real	PM n=3 Pronóstico	PM n=4 Pronóstico	PP n=3 Pronóstico	PP n=4 Pronóstico	$\alpha=$ Pronóstico	$\alpha = ; \delta=$ Pronóstico
01.14	D01						
02.14	D02						
03.14	D03						
04.14	D04						
05.14	D05	P01	P01	P01	P01	P01	P01
06.14	D06	P02	P02	P02	P02	P02	P02
07.14	D07	P03	P03	P03	P03	P03	P03
08.14	D08	P04	P04	P04	P04	P04	P04
09.14	D09	P05	P05	P05	P05	P05	P05
10.14	D10	P06	P06	P06	P06	P06	P06
11.14	D11	P07	P07	P07	P07	P07	P07
12.14	D12	P08	P08	P08	P08	P08	P08
01.15	D13	P09	P09	P09	P09	P09	P09
02.15	D14	P10	P10	P10	P10	P10	P10
03.15	D15	P11	P11	P11	P11	P11	P11
04.15	D16	P12	P12	P12	P12	P12	P12

**Tabla 2.16.** Comparación de errores de pronóstico para seleccionar el método a utilizarse (continuación...)

	<b>CFE</b>	Resultad	Resultad	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
	$\bar{E}$	Resultad	Resultad	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
	<b>MSE</b>	Resultad	Resultad	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
	$\sigma$	Resultad	Resultad	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
	<b>MAD</b>	Resultad	Resultad	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
	<b>MAPE</b>	Resultad	Resultad	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
	<b>TS</b>	Resultad	Resultad	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado



**Figura 2.3.** Grafica de señales de rastreo (TS) con límite superior e inferior

Para seleccionar el método de pronóstico se utilizó los criterios en este orden 1) mínimo MAD, 2) mínimo MSE; 3) mínimo MAPE; 4) TS y CFE deben tender a cero y como un control adicional los pronósticos deben encontrarse dentro de los límites aceptables de TS.

Para los 141 SKUs se utilizó el proceso de simulación desarrollado en una hoja electrónica de Excel, tal como se describió en los puntos anteriores, con el objetivo de seleccionar el método de pronóstico que se adecue a la demanda de cada producto.

El detalle de los cálculos y gráficos realizados a los 141 SKUs clase A, se muestra en el Anexo Magnético 1: Archivo Pronósticos SKUs Clase A.

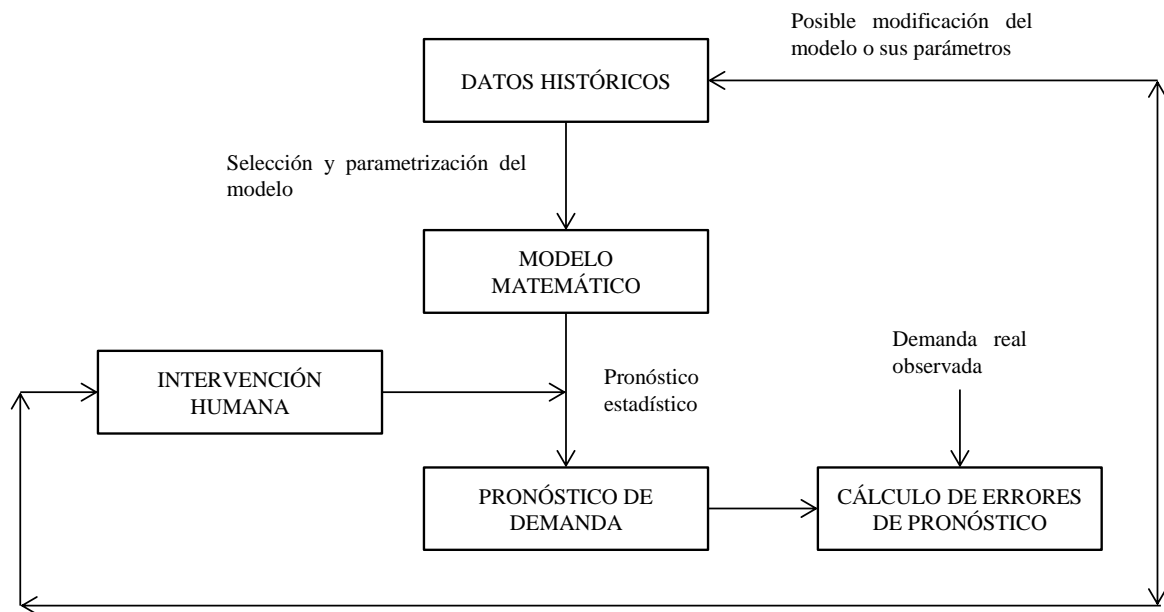
#### **2.2.2.7. Realización del pronóstico.**

Una vez que se ha seleccionado el método de pronóstico adecuado, se procede con la realización de los pronósticos para los diferentes SKUs en un horizonte de tiempo de uno a tres meses y con una periodicidad de realización de un mes.

#### **2.2.2.8. Validación e implementación de resultados**

La validación de resultados es un proceso continuo que la organización debe generar como parte de sus procesos internos, previo a la implementación o utilización de los resultados dentro de las decisiones administrativas, la evaluación constante del desempeño y la precisión del método de pronóstico van a ayudar a validar y/o redefinir el modelo propuesto o los parámetros usados, en función de los objetivos de la empresa, la validación inicialmente se realizara de manera mensual.

En la Figura 2.4. Se muestra esquemáticamente las variables que intervienen en el proceso de pronosticar la demanda, por un lado esta los datos históricos de la demanda, que permiten simular los diferentes métodos de pronóstico y ayudan a seleccionar el método que más se adecue a la demanda, a través del análisis de los errores de pronóstico y por otro lado está la intervención humana basada en la experiencia, que siempre es necesaria para analizar y disgregar los resultados que arroja el sistema en función del comportamiento real que tiene la demanda.



**Figura 2.4.** Esquema de un sistema de pronósticos  
(Vidal, 2005, p. 34)

## 2.3. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO

En la práctica existe una variedad de modelos teóricos que van a permitir diseñar e implementar políticas económicamente viables para la administración de los inventarios dentro de la empresa objeto de estudio. Estas políticas van a definir el proceso a seguir para tomar las decisiones en relación con: ¿Cuánto Comprar? y ¿Cuándo Comprar?, la respuesta que se dé a estas preguntas se constituirá en el modelo de administración de inventario que se va a implementar.

### 2.3.1. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN AL INVENTARIO

La definición y selección del modelo de administración del inventario requiere de un total entendimiento de los elementos que forman parte del sistema y las variables que influyen en el desempeño del modelo.

Algunas de las variables que afectan directamente a la administración del inventario son: El comportamiento de la demanda, tiempo de entrega o tiempo de aprovisionamiento (“lead time”), el nivel de servicio requerido y los costos involucrados en el modelo.

### **2.3.1.1. Comportamiento de la Demanda (D)**

De acuerdo con el análisis realizado previamente al comportamiento de la demanda en el capítulo 2.2. Donde se evaluaron las características y se seleccionó el método de pronóstico que podría ser aplicado para predecir la demanda futura, se puede resumir que los 185 SKUs categorizados como productos clase A, presentan el comportamiento que a continuación se describe:

La demanda, para los SKUs que maneja la empresa en estudio, es una demanda de tipo independiente, porque la demanda de cada uno de los productos no tiene relación entre sí, cada producto tiene un comportamiento de demanda particular, es decir no depende de la demanda de otro producto.

En cuanto al patrón de demanda, se puede establecer que la demanda para estos SKUs son del tipo probabilístico, debido a la existencia de incertidumbre y variabilidad que tiene la demanda en estos productos, ya que su comportamiento es ajeno a la empresa y está definida por la decisión del cliente, aunque en algunos casos podría ser influida. Los SKUs se distribuyen de esta manera:

- 114 SKUs tienen un patrón de demanda estacionaria, donde existe pequeños rangos de variación que se mantienen a lo largo del tiempo
- 71 SKUs presentan un patrón de demanda errática, la cual no presenta grandes variaciones a lo largo del tiempo, al contrario tiene valores muy cercanos a un patrón de demanda estacionaria

### 2.3.1.2. Tiempo de Reposición (Lead Time) (L)

El tiempo de reposición es el tiempo que transcurre desde que se realiza una orden de pedido al proveedor hasta que los productos se almacenan en las bodegas de la empresa en estudio, pasando por todos los procesos logísticos requeridos para este fin.

El cálculo del tiempo de reposición resultó un poco difícil de obtener debido a que la empresa, no mantiene esta información en particular de una manera organizada y fue necesario recurrir a la revisión de las fechas en las que se realizaron las órdenes de pedido, ingresos de factura, guías de remisión, entradas de material, recabar información del personal encargado de los procesos logísticos.

Para determinar el tiempo de algunas actividades se tomó de base, los tiempos ya establecidos internamente en la empresa, este es el caso de la colocación y aceptación de la orden de pedido, en donde se incluye la cotización previa a la aceptación, o los tiempos previamente acordados con el proveedor en este caso se encuentra la fabricación de la orden de pedido.

Se identificó que el tiempo de reposición (Lead Time) en la importación considera algunos procesos que están incluidos dentro de estos tiempos, para el caso de la empresa objeto de estudio, estos procesos pueden resumirse de la siguiente manera:

- A. Colocación y aceptación de la orden de pedido
- B. Fabricación de la orden de pedido
- C. Transporte desde el proveedor hasta el sitio embarque
- D. Tramites de exportación en el país de origen
- E. Viaje internacional de la carga
- F. Tramites de aduanas y nacionalización del producto en Ecuador
- G. Transporte desde el sitio de desembarque hacia la empresa



Sobre la base de la información encontrada u obtenida directamente del personal de logística, se determinó el lead time promedio para cada uno de los países de los cuales se importa los diferentes productos, quedando de la siguiente manera como se muestra en la Tabla 2.17. Los datos en esta tabla corresponden a los tiempos promedios y consideran un mes de 30 días.

**Tabla 2.17.** Lead time de los países que donde importa la Empresa y el Nro. de SKUs

ACTIVIDAD	MÉXICO	USA	BRASIL	COLOMBIA	CHINA	COREA
A	3	3	3	3	3	3
B	14	16	10	18	14	14
C	3	3	3	3	3	3
D	2	2	2	3	2	2
E	21	22	21	13	22	22
F	7	7	7	7	7	7
G	2	2	2	2	2	2
Total Días	52	55	48	49	53	53
Total Meses	1,7	1,8	1,6	1,6	1,8	1,8
Desviación Estándar	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Nro. SKUs Clase A	18	14	19	49	44	41

(Dicomvissek Cia. Ltda.)

La empresa en estudio de forma práctica utiliza para su planificación y demás procesos logísticos un tiempo de reposición (lead time) igual a 60 días (dos meses) para todos los países de donde importa, esta aproximación se realiza porque dentro de la información histórica que se maneja, los pedidos siempre llegan dentro de este tiempo de espera sin sobrepasarlo. Razón por la cual se ha tomado esta práctica como válida en el modelo de inventarios implementado.

### 2.3.1.3. Definición de los Costos del Inventario

Para el establecimiento de un modelo de administración del inventario fue importante conocer los costos derivados de esta administración, y para clasificar estos costos dentro de la empresa en estudio, se utilizó la clasificación realizada por Ballou (2004), los mismos que se detallan a continuación:

1. Costos de adquisición: es el valor unitario de compra que tiene cada producto, valor que la empresa utiliza para sus compras regulares, el cual puede ser menor si existe algún descuento por compras en volúmenes mayores o promociones, o mayor si las compras son realizadas de manera esporádica.
2. Costos de preparación del pedido: en el caso de la empresa en estudio, estos costos están relacionados con el personal que realiza el proceso de emisión de los pedidos y su posterior seguimiento a la compra, además se incluyó los recursos materiales y de comunicación utilizados en este proceso.

Los pedidos son agrupados por proveedores, es decir al inicio de cada mes, a cada proveedor se le coloca una sola orden de pedido por todos los SKUs que este comercializa. El costo promedio calculado para cada SKU es 11 \$/pedido, este valor fue estimado en forma conjunta con la gerencia de la empresa, basado la contabilidad de costos.

3. Los costos de mantenimiento: para desarrollar el estudio de los costos dentro de la empresa, se lo dividió en varios componentes principales:
  - El costo de capital o conocido como costo de oportunidad: es el rendimiento financiero que la empresa deja de percibir por tener el capital monetario invertido en los inventarios, la empresa lo establece en 12% la tasa de costo de oportunidad (información suministrada por la Gerencia de la empresa)

- El costo de manejo del inventario o también conocido como costos de operación de la bodega: en este se incluye personal asociado a este proceso, vigilancia, equipos y maquinaria que se utiliza en el proceso de almacenaje.
- El costo de almacenamiento y ocupación: tiene que ver mucho con el costo del espacio físico utilizado, para el caso de la empresa en estudio tiene un costo de arrendamiento por el uso de bodegas.
- El costo de obsolescencia: en el caso de la empresa, existen pocos productos que pueden quedar obsoletos, en este costo se encuentran productos que pueden caducar como es el caso de los productos de la familia B1 y A10, el resto de SKUs está sujeto a deterioro físico, envejecimiento por el tiempo almacenado, roturas, robos y pérdidas.
- El costo por servicio: donde se incluye los impuestos y seguros que se pagan por tener almacenados los productos.

El proceso para determinar de manera exacta los costos de mantenimiento por cada producto, se volvió una tarea difícil, porque al existir muchas variables a considerar dentro de los costos del inventario, hace que el proceso de cálculo se vuelva complejo de desarrollar por la cantidad de datos requeridos, los cuales no están disponibles o son difíciles de obtener al interior de la empresa.

Para definir estos costos muchos autores han desarrollado ciertas estimaciones de los costos de mantenimiento en función del valor del producto. El método consiste en aproximar estos costos a un porcentaje anual aplicado al costo de los productos almacenados. Es así como Waters (2003), estima que el porcentaje del costo de almacenaje en función del costo del producto fluctúa entre 19% y 35% como se muestra en la Tabla 2.18.

**Tabla 2.18.** Costos de almacenamiento en % del costo unitario del producto

Costos	% costo unitario
Costo del capital	10 ~ 15
Costo de almacenamiento	2 ~ 5
Costo de obsolescencia	4 ~ 6
Costo de manejo	1 ~ 2
Costos de administración	1 ~ 2
Costos de seguros	1 ~ 5
Total	19 ~ 35

(Waters, 2003, p.53)

Otros autores como Heizer y Render (2009) lo estiman entre el 15% y 40%, se recomienda usar el promedio de estos valores que equivalen al 26% y Ballou (2004) determina valores del 18%, los valores son una referencia y depende del tipo de producto almacenado y de la empresa, para nuestro caso se utilizó el 21% como valor a utilizarse en los costos de almacenamiento.

Este valor fue validado y aceptado por la gerencia de la empresa en estudio, basado en la contabilidad de costos que maneja la empresa.

4. Costos por falta de inventario, según Ballou (2004), lo define de dos tipos:

- Costo por pérdida de ventas, Ingresos que la empresa en estudio deja de percibir por la pérdida de una venta en particular
- Costo de pedido pendiente, Costos extras que se generan para cumplir un pedido pendiente o también pérdida de imagen de la empresa en el mercado

La empresa en estudio tiene una política que no permite tener pedidos pendientes, es decir, si un cliente requiere un producto y este no se encuentra en stock, esta venta se da por pérdida en cuyo caso el cliente tendrá que volver a colocar un pedido cuando exista el stock si persiste la necesidad.

Al no existir inventario de los productos solicitados y no generar pedidos pendientes, la empresa está perdiendo la venta de esos productos ya sea por la

cantidad solicitada o por un porcentaje de esta cantidad, en la política actual esta situación no ha sido observada ni tampoco ha sido objeto de análisis de parte de la administración de la empresa en estudio.

Bajo estas circunstancias y al no contar con la información apropiada al interior de la empresa, hizo que se dificulte la determinación de estos costos, a partir de este proyecto realizado, la empresa en estudio llevara un control de las ventas que se pierden por no tener el inventario físico requerido.

#### **2.3.1.4. Definición del Nivel de servicio – Fill-Rate**

Cuando se habla del nivel de servicio, se refiere a la satisfacción que la empresa proporciona a sus clientes, es decir cuando el cliente requiere o solicite un producto el mismo se halle disponible en sus bodegas.

En el caso de la empresa en estudio, no se dispone de información precisa para determinar de manera real el nivel de servicio entregado al cliente, solo se cuenta un estimado que sitúa al Fill-rate en un 90% aproximadamente.

Como medida para tener una mejor estimación se realizó un análisis de las ventas no realizadas por falta de inventario por dos meses consecutivos, en este proceso participaron las personas encargadas de la facturación y el manejo del inventario.

Se procedió a registrar la cantidad de producto que se dejó de vender al no disponer del inventario cuando era requerido por el cliente y mediante estos se calculó el Fill-rate actual.

### 2.3.2. SELECCIÓN DEL MODELO DE INVENTARIO

Para la selección del modelo de inventario, primero se identificó el tipo de estrategia que utiliza la empresa en estudio para el manejo del inventario, Esta estrategia está relacionada de alguna manera con una estrategia PULL, porque el inventario se reabastece a partir de una necesidad o demanda.

La empresa en estudio tiene ciertas restricciones o limitaciones propias a nivel de sus procesos administrativos y logísticos, por lo que es imprescindible que el nuevo modelo de administración contemple estas restricciones, las mismas que se enuncian a continuación.

- Los diferentes proveedores establecen periodos fijos dentro del mes para poder colocar una orden de pedido, generalmente dentro de los diez primeros días de cada mes.
- La orden de pedido se lo realiza para múltiples SKUs, es decir los productos son pedidos a un mismo proveedor.
- Un mismo proveedor abastece de muchos SKUs a la empresa, por lo que se hace necesario, optimizar los espacios dentro del embarque el momento de consolidar la mercadería.
- Existe personal limitado en el proceso de compra, recepción, almacenamiento y manejo del inventario.

Al tener la demanda un comportamiento aleatorio uniforme, se consideró seleccionar un modelo de inventario probabilístico basado en un sistema de revisión periódica o de revisión continua, en función de las ventajas que ofrece cada uno de los sistemas, pero además fue necesario analizar las restricciones internas que tenía la empresa en estudio para realizar una mejor selección.

Tomando en cuenta los antecedentes y las restricciones propias de la empresa, que fueron citadas anteriormente y en especial su principal restricción, que menciona la existencia por parte de los proveedores de un periodo fijo dentro del mes para realizar pedidos, hace que se deba seleccionar el modelo de administración del inventario basado en el sistema de revisión periódica o llamado sistema "P".

Se descartó el sistema de revisión continua o sistema "Q", porque este método permite realizar pedidos a los proveedores cuando es requerido y tiene otras características que no están en concordancia con las restricciones internas que tiene la empresa en estudio.

## **2.4. APLICACIÓN DE LAS MÉTRICAS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS**

La empresa en estudio en la actualidad no cuenta con un modelo de administración de inventarios, razón por la cual no ha visto la necesidad de contar con métricas e indicadores de gestión que permitan evaluar el desempeño de la gestión de los inventarios.

Las métricas definidas en este proyecto, permitirán evaluar el impacto que se tiene dentro de la empresa, al implementar el modelo de administración del inventario seleccionado, a través de los indicadores de gestión. Su definición se realizó en conjunto con la administración de la empresa a partir de la misión, visión y objetivos estratégicos con que cuenta la organización.

### **2.4.1. DEFINICIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN**

El análisis y evaluación de estos indicadores de manera periódica va a permitir analizar, controlar y evaluar los resultados del modelo de administración del

inventario, permitiendo mejorar la toma de decisiones inherentes al control de los inventarios, de ahí radica la importancia de su definición e implementación.

Para la generar los indicadores de gestión, se tomó en cuenta los siguientes criterios; según lo definido por Beltrán (2006) y Mora (2012).

- Nombre de indicador
- Descripción
- Fórmula de cálculo
- Unidad de medida
- Frecuencia o Periodicidad del cálculo

La empresa en estudio al tener recursos limitados en cuanto a personal encargado de los inventarios de los productos, y tomando en cuenta que los indicadores deben alimentarse de datos y monitorearse de manera continua y permanente fue necesario para su definición tener en cuenta estas consideraciones:

- Que sea fácil de obtener las métricas
- Que se puedan usarse de manera sencilla
- Que sean de fácil entendimiento para todo el personal involucrado
- Que proporcionen información relevante que ayude a la gestión de los inventarios.
- Que pueda permitir la mejora continua de los procesos
- Que puede generarse fácilmente una gráfica a partir de los datos obtenidos.
- Que permita un involucramiento de todo el personal relacionado con la gestión del inventario
- Que permitan compararse internamente o con empresas competidoras
- Que no involucre costos adicionales a la gestión

Tomando como base el direccionamiento estratégico de la empresa en estudio, las consideraciones realizadas y basándonos en la dificultad que representa la obtención de datos al interior de la empresa, se estableció un número pequeño de



indicadores de gestión, esto con el fin de asegurar que la empresa con los recursos limitados que dispone lleve un control adecuado de estos indicadores.

Sobre la base del análisis realizado, los indicadores de gestión para la empresa en estudio quedan definidos de la siguiente manera y son los que se muestran en la Tabla 2.19.

**Tabla 2.19.** Indicadores de gestión del inventario - Empresa en estudio

NOMBRE DEL INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FORMULA	UNIDAD	FRECUENCIA
Rotación del Inventario (RI)	Este indicador expresa el número de veces que se han renovado las existencias de un SKU, durante un período de tiempo generalmente un año	$RI = \frac{\text{Ventas anuales al costo (\$)}}{\text{Valor promedio del Inventario Agregado (\$)}} \quad [1.36]$	Numérico	Anual
Exactitud del Inventario (EI)	Este indicador determina el grado de coherencia existente entre el inventario físico y el inventario teórico	$EI = \frac{\text{Valor de la Diferencia (\$)}}{\text{Valor Total Inventario Físico (\$)}} \times 100 \quad [1.37]$	Porcentaje (%)	SKU Clase A mensual, Clase B, semestral y Clase C, anual.
Fill-rate – Nivel de Servicio (FR)	Este indicador determina el grado o porcentaje de la demanda que se logra satisfacer con el inventario físico en stock.	$FR = \frac{\text{Demanda satisfecha con el stock físico}}{\text{Demanda total}} \times 100 \quad [1.38]$	Porcentaje (%)	Mensual
Índice de obsolescencia (IO)	Este indicador expresa el porcentaje de material que se pierde por deterioro u obsolescencia en función del inventario total.	$IO = \frac{\text{Valor Inventario Obsoleto (\$)}}{\text{Valor Total de Inventario (\$)}} \times 100 \quad [1.39]$	Porcentaje (%)	Anual

**Tabla 2.19.** Indicadores de gestión del inventario - Empresa en estudio (continuación...)

NOMBRE DEL INDICADOR	RESPONSABLE	META	EVALUACIÓN DE RESULTADOS
Rotación del Inventario (RI)	Analista encargado del inventario	> 3,2	Una relación alta de este índice significa que la empresa en estudio mantiene un nivel bajo de inventario promedio en relación con las ventas que realiza. Este nivel de inventario debe ir en relación con el nivel de servicio que la empresa quiera ofrecer a sus clientes
Exactitud del Inventario (EI)	Analista encargado del inventario	Según la Clase del SKU	Según la American Production and Inventory Control Society (APICS), los niveles de exactitud aceptables para el control de inventarios son aproximadamente: Artículos clase A $\pm 0,2\%$ , Artículos clase B $\pm 1,0\%$ y Artículos clase C $\pm 5,0\%$ .
Nivel de servicio – Fill-rate (FR)	Analista encargado de la venta y facturación	> 92,2%	El Fill-Rate (FR) al ser un indicador que relaciona la cantidad de SKUs que entregamos a los clientes con respecto a lo solicitado, se puede indicar que el tener un porcentaje alto en el valor de este indicador significaría que la demanda está satisfecha mayormente en el tiempo.
Índice de obsolescencia (IO)	Analista encargado del inventario	< 1,7%	Una relación superior al 0% indica que ciertos productos se han vuelto obsoletos en el tiempo por efecto de algún daño, deterioro físico o caducidad. Lo ideal sería mantener este indicador siempre en 0%

#### **2.4.2. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN**

Para la aplicación e implementación de las métricas e indicadores de gestión dentro de la organización se siguió el siguiente procedimiento utilizando la herramienta de mejoramiento continuo llamado ciclo PDCA o ciclo Deming.

En la Planeación:

- Se crea el grupo de trabajo que estará a cargo del control de los indicadores
- Se identifica los procesos logísticos o actividades a ser medidas según la necesidad y la periodicidad requerida.
- Se establece un procedimiento para realizar la medición, donde consta el objetivo, variables a medir, responsabilidades y recursos para realizar la actividad.

En el Hacer:

- Se ejecuta el proceso para la obtención de las métricas e indicadores de gestión según lo planificado.

En la Verificación:

- Se establece un periodo de prueba para verificar el funcionamiento del sistema de métricas e indicadores de gestión y de ser necesario se ajustara los procesos para lograr los objetivos deseados.

En el Actuar:

- Una vez que se ha terminado el periodo de prueba se evaluará los resultados obtenidos en relación con lo planificado, si los resultados son satisfactorios se aplicara las métricas e indicadores de gestión dentro del modelo de inventario, caso contrario se volverá a redefinirlos.
- A medida que el sistema empiece a funcionar se podría ampliar el número de indicadores.

Los indicadores de gestión van a ser revisados de manera individual y global, esto se debe a que todos los indicadores trabajan de manera complementaria.

## **2.5. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO**

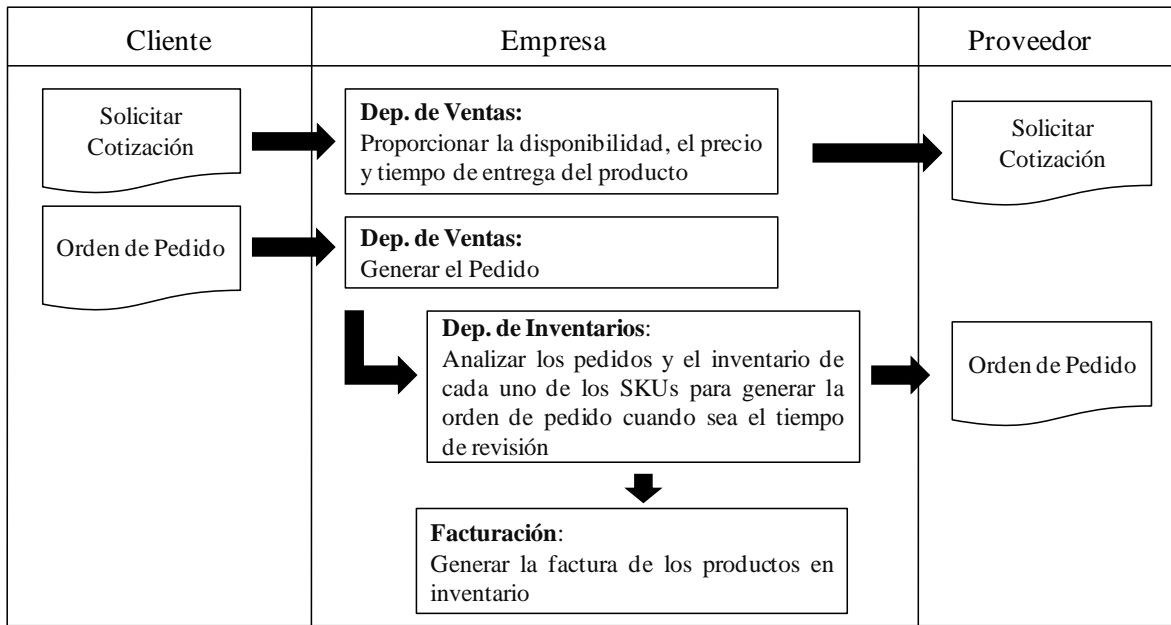
La implementación del modelo de administración de inventarios permitió estandarizar el proceso de abastecimiento de productos en función de la demanda pronosticada, con el fin mantener un nivel de servicio al cliente acorde a las políticas de la empresa, especialmente para aquellos productos de consumo regular y que generan el mayor volumen de ventas en términos económicos, los mismos que son adquiridos a diferentes proveedores.

Para la aplicación del modelo de administración de inventarios basado en el sistema de revisión periódica, se tomó en cuenta que cada proveedor abastece de múltiples SKUs de manera conjunta y las cantidades establecidas en la orden de pedido se determinan de la proyección de la demanda realizada mediante los métodos de pronóstico desarrollados en el numeral 2.2.2 del presente trabajo.

Dentro del proceso de implementación del modelo de administración del inventario fue necesaria la realización de actividades previas inherentes al proceso de gestión del inventario, las mismas que se detallan a continuación:

- Selección de los productos (numeral 2.1.).
- Análisis de la demanda (numeral 2.2.), además incluida la proyección o el pronóstico de la demanda (numeral 2.2.2.).
- Revisión del modelo de inventario basado en el sistema de revisión periódica, el mismo que fue seleccionado previamente (numeral 2.3.2.).
- Aplicación de las métricas de gestión (numeral 2.4.).

Estas actividades previamente desarrolladas, se constituyeron en una parte fundamental del proceso de implementación del modelo de administración del inventario basado en el sistema de revisión periódica, cuyo proceso de venta y reposición del inventario es el que corresponde al mostrado en la Figura 2.5.



**Figura 2.5.** Proceso de venta y reposición del inventario, Empresa en estudio

### 2.5.1. SIMULACIÓN DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO

La simulación en computadora es un método que puede ser utilizado para evaluar el comportamiento de cualquier modelo de inventarios en un horizonte de tiempo largo, lo que se pretende mediante la utilización de esta técnica es crear un sistema que simule un comportamiento muy parecido a la realidad al ejecutarlo por múltiples veces.

A través de la utilización de esta técnica se logró obtener resultados muy cercanos a lo que puede generar el sistema real. Una vez que se parametrizó el sistema para que simule la realidad, el análisis y la evaluación se enfocó en el comportamiento y desempeño que tendría el sistema en el tiempo una vez que el

modelo de administración de inventario este ejecutándose dentro de la empresa en estudio.

El modelo está planteado con el fin de evaluar la variación de los costos involucrados en el manejo del inventario y el nivel de servicio que se obtiene con la satisfacción del cliente final, tomando en cuenta que hoy día no solo es importante el minimizar los costos sino también evitar quiebres o faltantes de inventarios, para lo cual la organización debe llegar a un equilibrio entre ambas variables.

#### **2.5.1.1. Supuestos aplicados al modelo**

Para el modelo de inventarios desarrollado se asume ciertos supuestos que el modelo toma en cuenta.

- La demanda y los errores de pronóstico siguen una distribución normal
- La demanda durante el tiempo de reposición (lead time) se distribuye de manera normal.
- No se dispone información sobre los costos por faltantes
- Se aplicara el modelo de inventario a un solo producto a la vez
- El tiempo de reposición (lead time) es considerado como constante.
- El tiempo de revisión es mensual o sus múltiplos.
- Los costos de pedido, adquisición y mantenimiento se mantienen constantes.

#### **2.5.1.2. Restricciones del modelo**

De manera adicional, el modelo de administración de inventarios que se va a aplicar en la empresa en estudio contempla otras restricciones propias del manejo logístico, las mismas que se detallan a continuación:

- Los productos comercializados por la empresa en estudio son importados, razón por la cual, al consolidar un pedido a los diferentes proveedores es necesario que los productos a embarcarse utilicen por encima del 85% de capacidad total (volumen y/o peso) que tiene un contenedor de 20 o 40 pies, con el fin de optimizar el transporte de las mercancías.
  
- Un contenedor estándar de 20 pies tiene estas características:
  - Largo / ancho / alto = 6 / 2,4 / 2,5 m
  - Volumen = 33,30 m<sup>3</sup>
  - Peso máximo = 28 240 Kg.
  
- Un contenedor estándar de 40 pies tiene estas características:
  - Largo / ancho / alto = 12 / 2,4 / 2,5 m
  - Volumen = 67,70 m<sup>3</sup>
  - Peso máximo = 28 240 Kg.

El transportar la mayor cantidad de contenedores en un solo embarque puede generar un ahorro por los descuentos que se puede obtener en el transporte pero en cambio una carga insuficiente dentro de los contenedores incrementa los costos relacionados con el transporte.

### **2.5.1.3. Parámetros y cálculos del modelo**

El modelo se desarrolló en base al sistema de revisión periódica que fue seleccionado o como algunos autores como Vidal (2005) le catalogan como sistema (r, S), en donde cada r unidades de tiempo se revisa el inventario físico disponible y se ordena una cantidad tal que permita al inventario subir hasta el nivel máximo S, considerando el menor costo asociado al manejo del inventario.

Este modelo considera dentro de sus variables, el inventario de seguridad que se basa en el nivel de servicio de ciclo que se desea proporcionar a los clientes y el



nivel máximo de inventario, las dos variables constituyen los datos de entrada fundamentales para la aplicación del sistema de revisión periódica.

A partir de los pronósticos de demanda que fueron desarrollados previamente para cada SKU en el numeral 2.2.2., se procedió a calcular los valores teóricos del inventario de seguridad y el inventario objetivo, para lo cual fue necesario contar con datos de entrada que permitieron realizar los cálculos respectivos y son los que se muestran en la Tabla 2.20.

**Tabla 2.20.** Datos de entrada requeridos para el cálculo del inventario de seguridad, inventario objetivo y costos del inventario.

Variables	Símbolo	Unidades
Demanda Promedio por periodo	$d$	Unidades/año
Desviación estándar de la demanda por periodo	$\sigma_t$	Unidades/mes
Tiempo de espera (lead time)	$L$	Unidades/mes
Demanda anual	$D$	Unidades/año
Tiempo entre revisiones	$P$	Meses
Demanda Promedio durante (P+L)	$d(P+L)$	Unidades/mes
Desviación estándar de la demanda durante (P+L)	$\sigma_{p+L}$	Unidades/mes
Nivel de servicio	$NS$	Porcentaje
Nro. de desviaciones STD para una probabilidad de servicio	$z$	Numérico

Los valores a ser definidos como datos de entrada se obtuvieron de la siguiente manera:

- $d$ : Cálculo del promedio realizado a partir del pronóstico de la demanda.
- $D$ : Demanda anual obtenida a partir del promedio de la demanda ( $d$ ) por los doce meses del año.
- $\sigma_t$ : Este valor fue calculado a partir de la desviación absoluta MAD utilizando la ecuación [1.16], se partió de la premisa de que los errores de pronóstico siguen una distribución normal.
- $L$ : Tiempo de espera (lead time) fijado en dos meses

- P: Este tiempo inicialmente se definió en tres meses, pero la simulación proporciono el valor óptimo a considerar.
- $d(P+L)$ : Este valor se calculó multiplicando la demanda promedio ( $d$ ) por el tiempo ( $P+L$ ).
- $\sigma_{p+L}$ : Se calculó a partir de la desviación  $\sigma_t$  utilizando la ecuación [1.31] y los datos L y P toman valores de dos y tres respectivamente, por las razones explicadas anteriormente.
- NS: Nivel de servicio que se quiere dar a los clientes.
- z: Se calculó a partir del nivel de servicio utilizando la fórmula de Excel, la misma que es igual a la DISTR.NORM.ESTAND.INV (NS).

Una vez obtenidos los datos antes indicados se procedió a calcular los valores de SS y T mostrados en la Tabla 2.21., a partir de las ecuaciones [1.30] y [1.33] respectivamente, y como parte de la evaluación realizada se calculó el costo total involucrado en el manejo del inventario C con la ecuación [1.34], para lo cual se utilizó los valores de costos involucrados, los mismos que fueron definidos anteriormente y son los que se muestran en la Tabla 2.22.

**Tabla 2.21.** Variables de análisis en el sistema de revisión periódica

<b>Variables</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidades</b>
Inventario de Seguridad	SS	Unidades
Inventario Objetivo	T	Unidades
Costo total anual del inventario	C	(\$ Dólares

**Tabla 2.22.** Costos asociados al manejo del inventario

<b>Variables</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidades</b>
Costo de Adquisición	A	(\$) Dólares
Costo de Mantenimiento	H	(\$) Dólares
Tasa de costo de Mantenimiento	TC	Porcentaje
Costo por hacer un pedido	S	(\$) Dólares

El valor de H se puede obtener directamente o a través del valor de TC, para el caso de la empresa en estudio se tiene el valor de TC y para obtener el valor de H se multiplica el valor de adquisición A por el valor de TC.

En la Tabla 2.23. Se muestra el cálculo realizado para un SKU, donde se determinó el inventario de seguridad, inventario objetivo y el costo total.

Con el valor del inventario objetivo y con el pronóstico de la demanda es posible determinar la cantidad a pedir en cada revisión, como se muestra en la Tabla 2.24. Para el cálculo de esta Tabla se usó  $P = 3$  y  $T = 89$

**Tabla 2.23.** Cálculo del SS, T y C para cada SKU

Variables	Símbolo	Unidades	Valores
Demanda Anual	D	Unidades/año	Variable
Demanda Promedio por periodo	D	Unidades/mes	Variable
Desviación estándar de la demanda por periodo	$\sigma_t$	Unidades/mes	Variable
Tiempo de espera (lead time)	L	Meses	Dato
Tiempo entre revisiones	P	Meses	Dato
Desviación estándar de la demanda durante (P+L)	$\sigma_{P+L}$	Unidades/mes	Resultado
Nivel de servicio	NS	Porcentaje	Dato
Nro. de desviaciones STD para una probabilidad de servicio	z	Numérico	Dato
Costo de Adquisición	A	(\$) Dólares	Dato
Tasa Costo de Mantenimiento	TC	Porcentaje	Dato
Costo de Mantenimiento	H	(\$) Dólares	Dato
Costo por hacer un pedido	S	Dólares	Dato
Demanda Promedio durante (P+L)	d(P+L)	Unidades/mes	Variable
Inventario de Seguridad	SS	Unidades	Resultado
Inventario Objetivo	T	Unidades	Resultado
Costo total anual del inventario	C	(\$) Dólares	Resultado

**Tabla 2.24.** Cantidad simulada a solicitar en cada revisión, ejemplo de cálculo

Demanda Pronosticada	Inventario Inicial Disponible	Cantidad a pedir	Orden de pedido recibida	Inventario Final
6	10	85		4
15	4			0
14	0		85	71
19	71	37		52
13	52			39
11	39		37	65
5	65	29		60
5	60			55
15	55		29	69
17	69	37		52
16	52			36
13	36		37	60

El mismo ejercicio fue realizado a los 140 SKUs categorizados como clase A y que están sujetos a un control de inventario.

Como parte del proceso de implementación se realizó la simulación del modelo seleccionado (revisión periódica), para lo cual se utilizó el método Montecarlo para simular una demanda mensual, y de esta manera se generaron valores de esta variable que permitieron la evaluación del comportamiento del modelo de administración del inventario seleccionado.

#### **2.5.1.4. Simulación del modelo mediante el método Montecarlo**

Para la realización del método Montecarlo se siguió las siguientes actividades:

1. Definir el problema: La empresa en estudio al no disponer de un modelo formal de inventario, hace que se vuelva muy difícil la definición del nivel de servicio que la empresa pueda establecer dentro de sus políticas de inventario, por las implicaciones que se tienen en costos, rotación del inventario y ventas no realizadas.
2. Establecer una distribución de probabilidad: Mediante el análisis de los datos históricos disponibles de la demanda. La probabilidad de cada suceso se obtuvo de dividir el número de veces observados para el total de observaciones, como se muestra en la Tabla 2.25.

**Tabla 2.25.** Distribución de la demanda, ejemplo de cálculo

<b>Demanda</b>	<b>Frecuencia de Ocurrencia (meses)</b>	<b>Probabilidad de Ocurrencia</b>
0	2	0,10
2	1	0,05
3	3	0,15
4	1	0,05
5	2	0,10
6	1	0,05
8	2	0,10
10	2	0,10
12	2	0,10
13	1	0,05
14	1	0,05
21	2	0,10
	20	1,00

3. Construir la distribución de probabilidad de la variable en estudio: Esta distribución de probabilidad sirvió para la asignación de los números aleatorios.
  
4. Definir los intervalos de números aleatorios: En la Tabla 2.26 se muestra que mediante la distribución de probabilidad acumulada se generaron intervalos, los cuales correspondían a los intervalos de números aleatorios asociados con ese valor de la variable.

De esta manera el intervalo para cada valor de probabilidad de la variable queda limitado en un rango, donde el límite superior está definido por la probabilidad acumulada correspondiente a este valor y el límite inferior está dado por la probabilidad acumulada del anterior, tal como se muestra en la Tabla 2.27.

**Tabla 2.26.** Distribución de Probabilidades de la demanda, ejemplo de cálculo

<b>Demanda</b>	<b>Probabilidad de Ocurrencia</b>	<b>Probabilidad Acumulada</b>
0	0,10	0,10
2	0,05	0,15
3	0,15	0,30
4	0,05	0,35
5	0,10	0,45
6	0,05	0,50
8	0,10	0,60
10	0,10	0,70
12	0,10	0,80
13	0,05	0,85
14	0,05	0,90
21	0,10	1,00
	1,00	

**Tabla 2.27.** Asignación de intervalos de Nro. Aleatorios, ejemplo de cálculo

<b>Intervalo de números aleatorios</b>	<b>Asignación simulada de la demanda</b>
$0,00 \leq D < 0,10$	0
$0,10 \leq D < 0,15$	2
$0,15 \leq D < 0,30$	3
$0,30 \leq D < 0,35$	4
$0,35 \leq D < 0,45$	5
$0,45 \leq D < 0,50$	6
$0,50 \leq D < 0,60$	8
$0,60 \leq D < 0,70$	10
$0,70 \leq D < 0,80$	12
$0,80 \leq D < 0,85$	13
$0,85 \leq D < 0,90$	14
$0,90 \leq D < 1,00$	21

5. Generar una serie de números pseudo-aleatorios: Se realizó mediante el programa Microsoft Excel dentro de una distribución uniforme entre 0 y 1, utilizando la función ALEATORIO (), de esta manera se asignó un número aleatorio para cada uno de los 100 meses a ser utilizados en la simulación del modelo, estos números aleatorios se actualizan al presionar F9
6. Obtener los valores simulados: para esta actividad se diseñó y construyó una matriz de búsqueda para la variable simulada utilizando la función BUSCARV del programa Microsoft Excel, esta función utiliza el número aleatorio generado para buscar el valor de la variable simulada, tal como se muestra en la Tabla 2.28

**Tabla 2.28.** Generación del valor de la demanda simulada, ejemplo de cálculo

Nº sucesos	Aleatorio	Demanda Simulada
1	0,497	6
2	0,279	3
3	0,901	21
4	0,057	0
5	0,837	13
6	0,550	8
7	0,728	12
8	0,790	12
-	0,012	0
99	0,184	3
100	0,641	10

7. A partir de la obtención de la demanda simulada, se elaboró el modelo de simulación, el mismo que fue diseñado en el programa Microsoft Excel, como lo muestra la Tabla 2.29.



**Tabla 2.29.** Simulación del inventario mensual, ejemplo de cálculo

n° sucesos	Aleatorio	Demanda Simulada	Inventario Inicial Disponible	Cantidad a Pedir	Orden de pedido recibida	Inventario Final	Faltante de Inventario
1	0,275	3	0	49		0	3
2	0,242	3	0			0	3
3	0,910	21	0		49	28	0
4	0,445	5	28	26		23	0
5	0,141	2	23			21	0
6	0,239	3	21		26	44	0
7	0,111	2	44	7		42	0
8	0,460	6	42			36	0
9	0,102	2	36		7	41	0
10	0,859	14	41	22		27	0
11	0,101	2	27			25	0
12	0,680	10	25		22	37	0
13	0,635	10	13	46		3	0
14	0,800	13	3			0	10
15	0,416	5	0		46	41	0
16	0,843	13	41	21		28	0
17	0,373	5	28			23	0
-	0,585	8	34	23		26	0
-	0,889	14	26			12	0
99	0,822	13	2			0	11
100	0,976	21	0		47	26	0

El modelo de simulación diseñado permite evaluar la existencia de inventario para satisfacer la demanda generada, al disminuir los inventarios a medida que se satisface la demanda hasta una posición final, en cada periodo simulado se puede analizar cómo es la variación del inventario respecto a la demanda mensual simulada.

A partir de la simulación se calculó los datos estadísticos descriptivos de la demanda simulada como lo muestra la Tabla 2.30.

**Tabla 2.30.** Estadística descriptiva demanda simulada mensual, ejemplo de cálculo

<b>Estadística Descriptiva Simulación de la Demanda</b>	<b>Resultados</b>
Media	8,1
Mediana	8,0
Moda	3,0
Desviación Estándar	5,9
Varianza	35,2
Rango	21,0
Mínimo	0,0
Máximo	21,0
Cuenta	100

En la simulación realizada se tomó en cuenta ciertas consideraciones al momento de realizar el modelo de simulación y estas fueron:

1. Se mantienen constantes los valores de:
  - Tiempo de espera (lead time) (L)
  - Costo de Adquisición (A)
  - Costo de Mantenimiento (H)
  - Costo por hacer un pedido (S)
  
2. Algunas variables dentro de la simulación fueron cambiadas con el fin de establecer el valor óptimo o el que mejor se ajuste a la necesidad o a las limitaciones que tiene la empresa en estudio y estas variables son:
  - Tiempo entre revisiones (P), se tomaron valores de 1, 2 y 3
  - Nivel de servicio (NS), puede tomar valores de 80%, 85%, 90% y 95%
  
3. Se inicia la simulación con un inventario inicial disponible igual a cero en todos los casos

Con estas consideraciones se realizó la simulación de cada SKU, categorizado como artículo clase A, según el proceso definido en la Figura 2.6., en cada simulación se cambia el tiempo de revisión (P) y el nivel de servicio, esto con el fin de analizar y evaluar el tiempo óptimo entre revisiones y el nivel de servicio que la empresa puede ofrecer dentro de su política, tal como se muestra en las Tablas 2.31., 2.32. y 2.33 respectivamente.

Para definir el nuevo nivel de servicio, se analizó y evaluó algunos valores de nivel de servicio y de esta manera se seleccionó el más adecuado en función de los costos asociados al inventario. Los niveles evaluados fueron, 85% ( $z=1,039$ ), 90% ( $z=1,3$ ) y 95% ( $z=1,65$ ), para los productos pertenecientes a la categoría A de la clasificación ABC. La simulación del modelo permitió realizar esta evaluación.

#### **2.5.1.5. Cálculo Fill-rate y la Rotación del Inventario mediante la simulación**

La simulación realizada permitió calcular el Fill-Rate y la rotación de Inventario usando la ecuación [1.36] y [1.38] respectivamente.

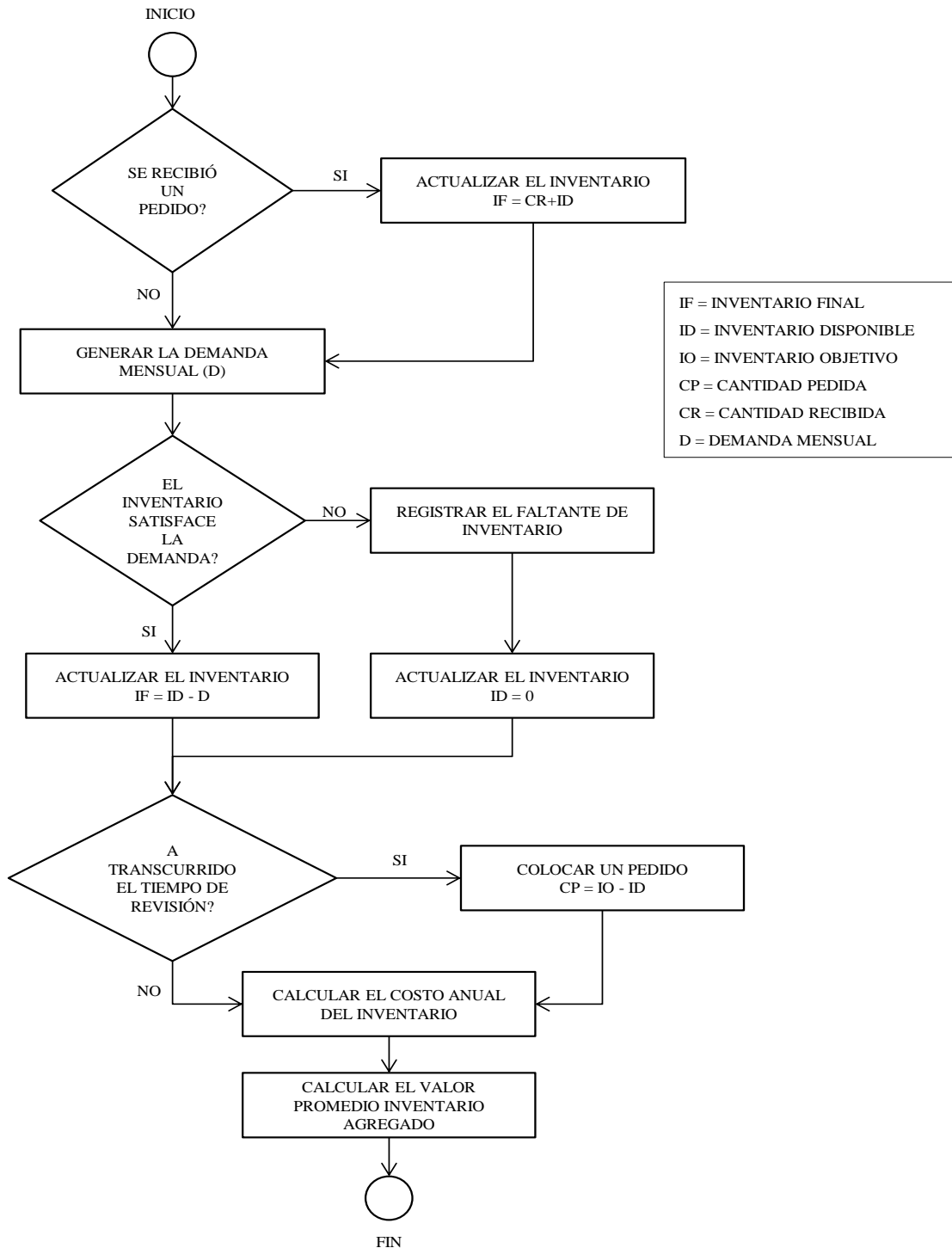
Para el cálculo del Fill-rate:

Se utilizó el dato de demanda satisfecha con el stock físico, este dato de demanda satisfecha, se obtuvo al restar la demanda total generada menos el faltante de inventario que se produce en el mismo periodo, este valor de demanda se obtiene de la simulación realizada.

Y en el caso de la rotación de inventario:

Las ventas anuales al costo, se obtienen a partir de la demanda anual menos los faltantes de inventario anual multiplicados por el costo del producto. El valor de demanda anual y los faltantes de inventario se obtiene de la simulación realizada

y el valor promedio del inventario agregado se obtiene de multiplicar el inventario promedio obtenido de la simulación por el costo del producto.



**Figura 2.6.** Proceso de simulación del modelo de inventario basado en el sistema de revisión periódica.

**Tabla 2.31.** Ejemplo de la simulación del modelo de inventario con P=3, SKU: P861101-2E000

Variables	Símbolo	Unidades	Valor	Valor	Valor	Valor
Demanda Anual	D	Unidades/año	92	92	92	92
Demanda Promedio por periodo	d	Unidades/mes	7,7	7,7	7,7	7,7
Desviación estándar de la demanda por periodo	$\sigma_t$	Unidades/mes	5,9	5,9	5,9	5,9
Tiempo de espera (lead time)	L	Meses	2	2	2	2
Tiempo entre revisiones	P	Meses	3	3	3	3
Desviación estándar de la demanda durante (P+L)	$\sigma_{P+L}$	Unidades/mes	13	13	13	13
Nivel de servicio	NS	Porcentaje	<b>80%</b>	<b>85%</b>	<b>90%</b>	<b>95%</b>
Nro. de desviaciones STD para una probabilidad de servicio	z	Numérico	0,84	1,04	1,28	1,64
Costo de Adquisición	A	(\$) Dólares	206,4	206,4	206,4	206,4
Tasa Costo de Mantenimiento	TC	Porcentaje	21%	21%	21%	21%
Costo de Mantenimiento	H	(\$) Dólares	43,3	43,3	43,3	43,3
Costo por hacer un pedido	S	Dólares	11	11	11	11
Demanda Promedio durante (P+L)	d(P+L)	Unidades/mes	38	38	38	38
Inventario de Seguridad	SS	Unidades	11	14	17	22
Inventario Objetivo	T	Unidades	49	52	55	60
Faltante de Inventario Promedio	VP	Unidades/mes	0,19	0,16	0,13	0,12
Inventario Promedio Mensual	IM	Unidades/mes	27	29	32	37
Costo total anual del inventario	C	(\$) Dólares	1022,8	1133,6	1273,0	1479,7
Fill-Rate	FR	Porcentaje	97,61%	97,92%	98,31%	98,40%
Rotación del Inventario	RI	Numérico	3,4	3,1	2,8	2,5

**Tabla 2.32.** Ejemplo de la simulación del modelo de inventario con P=2, SKU: P861101-2E000

Variables	Símbolo	Unidades	Valor	Valor	Valor	Valor
Demanda Anual	D	Unidades/año	92	92	92	92
Demanda Promedio por periodo	D	Unidades/mes	7,7	7,7	7,7	7,7
Desviación estándar de la demanda por periodo	$\sigma_t$	Unidades/mes	5,9	5,9	5,9	5,9
Tiempo de espera (lead time)	L	Meses	2	2	2	2
Tiempo entre revisiones	P	Meses	2	2	2	2
Desviación estándar de la demanda durante (P+L)	$\sigma_{P+L}$	Unidades/mes	12	12	12	12
Nivel de servicio	NS	Porcentaje	<b>80%</b>	<b>85%</b>	<b>90%</b>	<b>95%</b>
Nro. de desviaciones STD para una probabilidad de servicio	Z	Numérico	0,84	1,04	1,28	1,64
Costo de Adquisición	A	(\$) Dólares	206,4	206,4	206,4	206,4
Tasa Costo de Mantenimiento	TC	Porcentaje	21%	21%	21%	21%
Costo de Mantenimiento	H	(\$) Dólares	43,3	43,3	43,3	43,3
Costo por hacer un pedido	S	Dólares	11	11	11	11
Demanda Promedio durante (P+L)	d(P+L)	Unidades/mes	31	31	31	31
Inventario de Seguridad	SS	Unidades	10	12	15	19
Inventario Objetivo	T	Unidades	41	43	46	50
Faltante de Inventario Promedio	VP	Unidades/mes	0,25	0,21	0,18	0,14
Inventario Promedio Mensual	IM	Unidades/mes	21	24	26	30
Costo total anual del inventario	C	(\$) Dólares	827,6	926,7	1051,4	1236,3
Fill-Rate	FR	Porcentaje	96,82%	97,31%	97,60%	98,25%
Rotación del Inventario	RI	Numérico	4,2	3,8	3,4	3,0

**Tabla 2.33.** Ejemplo de la Simulación del modelo de inventario con P=1, SKU: P861101-2E000

Variables	Símbolo	Unidades	Valor	Valor	Valor	Valor
Demanda Anual	D	Unidades/año	92	92	92	92
Demanda Promedio por periodo	D	Unidades/mes	7,7	7,7	7,7	7,7
Desviación estándar de la demanda por periodo	$\sigma_t$	Unidades/mes	5,9	5,9	5,9	5,9
Tiempo de espera (lead time)	L	Meses	2	2	2	2
Tiempo entre revisiones	P	Meses	1	1	1	1
Desviación estándar de la demanda durante (P+L)	$\sigma_{P+L}$	Unidades/mes	10	10	10	10
Nivel de servicio	NS	Porcentaje	<b>80%</b>	<b>85%</b>	<b>90%</b>	<b>95%</b>
Nro. de desviaciones STD para una probabilidad de servicio	Z	Numérico	0,84	1,04	1,28	1,64
Costo de Adquisición	A	(\$ Dólares)	206,4	206,4	206,4	206,4
Tasa Costo de Mantenimiento	TC	Porcentaje	21%	21%	21%	21%
Costo de Mantenimiento	H	(\$ Dólares)	43,3	43,3	43,3	43,3
Costo por hacer un pedido	S	Dólares	11	11	11	11
Demanda Promedio durante (P+L)	d(P+L)	Unidades/mes	23	23	23	23
Inventario de Seguridad	SS	Unidades	9	11	13	17
Inventario Objetivo	T	Unidades	32	34	36	40
Faltante de Inventario Promedio	VP	Unidades/mes	0,16	0,14	0,12	0,12
Inventario Promedio Mensual	IM	Unidades/mes	26	28	31	34
Costo total anual del inventario	C	(\$ Dólares)	669,5	755,4	863,4	1023,5
Fill-Rate	FR	Porcentaje	97,92%	98,12%	98,40%	98,44%
Rotación del Inventario	RI	Numérico	3,5	3,2	3,0	2,7

## **2.6. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO**

Para la evaluación de los resultados de la implementación del modelo de administración del inventario, se utilizó los datos obtenidos mediante la técnica de simulación Montecarlo, la misma que se realizó bajo diferentes escenarios planteados en el modelo de inventario, utilizando como medida de evaluación el costo total anual del inventario, el valor promedio de inventario agregado, el Fill-Rate y la rotación del inventario.

La técnica de simulación permitió plantear algunos escenarios con diferentes niveles de servicio, así como con varios periodos de revisión. La evaluación permitió seleccionar el escenario que mejor desempeño presento en cuanto a la disminución de los costos y a la mejora del Fill-rate acorde a las políticas a seguir por parte de la empresa en estudio.

Los escenarios evaluados dentro del sistema de revisión periódica muestran una incidencia directa sobre la cantidad que se debe mantener como inventario de seguridad, y sobre la definición del nivel de inventario objetivo. Los costos anuales de inventario varían según el nivel de servicio escogido así como el tiempo de revisión, este análisis más detallado se muestra más a detalle en el capítulo III de Resultados y discusión.

De una manera general se puede decir que con la implementación del modelo de administración del inventario basado en el sistema de revisión periódica se logra disminuir los costos asociados al inventario, se mejora el nivel de servicio brindado al cliente, así como el índice de rotación del inventario.

El costo asociado al inventario depende de la cantidad de inventario de seguridad y de inventario objetivo, este puede ser ajustado en la medida que el pronóstico de la demanda este acorde con el comportamiento de la demanda real.



### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. ANÁLISIS DE LA CLASIFICACIÓN ABC**

Previo a mostrar los resultados del análisis de la clasificación ABC, se presenta una descripción de la situación actual de la empresa en estudio, en el que se examina el proceso comercial y logístico en el que se desenvuelve la organización.

Este estudio muestra la interacción actual que tiene la empresa en estudio, con los proveedores, clientes internos y externos, producto-mercado, líneas de productos y los procesos que se dan en cada una de estas relaciones, esto con el fin de complementar el análisis de la clasificación ABC realizada a sus productos.

##### **3.1.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

La compañía fue constituida el 1 de junio de 2000; desde sus inicios ha experimentado un crecimiento en sus líneas de negocio, en parte debido al crecimiento del parque automotor en el país y a la aparición de nuevas industrias o a su modernización.

La empresa en estudio distribuye el producto a los diferentes almacenes para su comercialización o venta al cliente final, en el caso de los materiales de tipo industrial además de la venta a los almacenes, está se lo realiza a clientes finales y en muchos de los casos se incluye el servicio de instalación o colocación del producto en la infraestructura industrial.

La empresa importa y comercializa para el sector automotriz vidrios, cauchos, felpas, molduras, adhesivos, pegas, etc. Y para el sector industrial y de la construcción tejas asfálticas, aislamientos termo acústicos, mantos asfálticos, impermeabilizantes y pinturas. Sus principales proveedores están localizados en

Brasil, China, España entre los principales y en menor proporción esta Colombia, Corea, México y Estados Unidos.

#### **3.1.1.1. Misión**

Ofrecer al mercado ecuatoriano productos de calidad y tecnología superior a los precios más convenientes. Asegurando a nuestros clientes inventarios permanentes, innovación y crecimiento constante.

#### **3.1.1.2. Visión**

Mantenernos en el tiempo como la mayor proveedora del mercado ecuatoriano en: vidrios para la industria automotriz, cauchos, felpas, molduras, adhesivos de uretanos, techos, cubiertas, aislamientos termo acústicos, mantos asfálticos, impermeabilizantes y pinturas.

#### **3.1.1.3. Valores Empresariales**

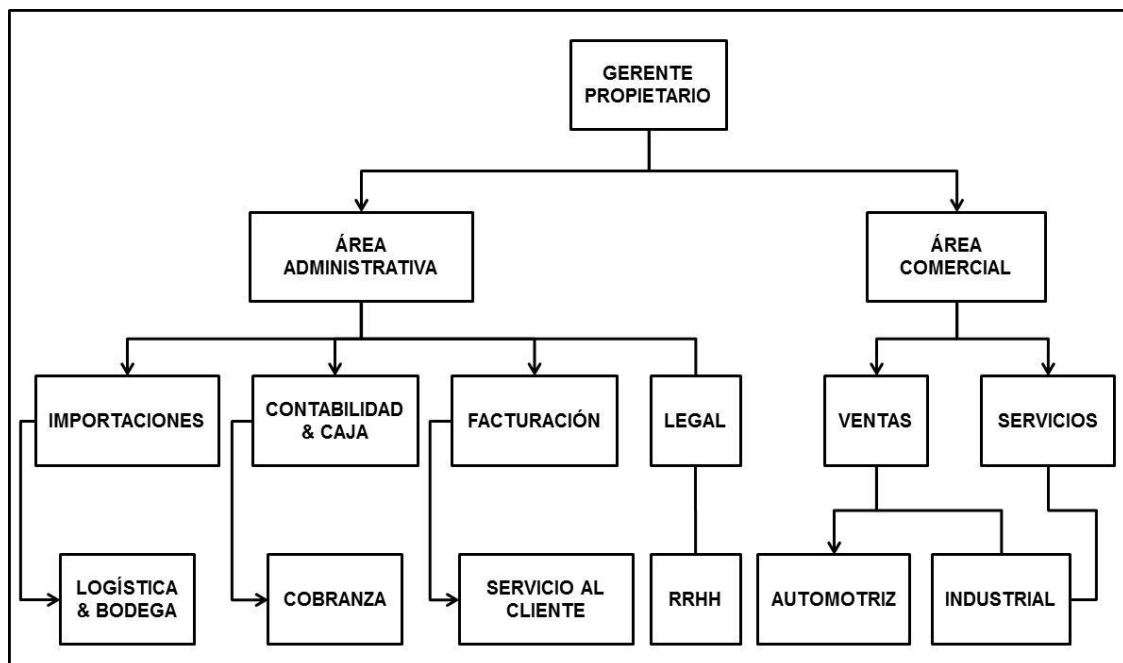
- Integridad
- Organización
- Disciplina
- Diligencia
- Proactividad
- Disponibilidad

### 3.1.1.4. Estructura Organizacional

La empresa es de tipo familiar con una estructura de organización vertical tradicional, donde la cabeza o gerencia general es ocupada por el dueño y es quien toma las decisiones a nivel de toda la compañía.

Actualmente para desarrollar sus operaciones cuenta con una planilla laboral de treinta personas, que se distribuyen en las diferentes áreas funcionales de la compañía los mismos que detallan en el organigrama actual de la empresa, tal como se muestra en la Figura 3.1.

La mayor cantidad de personal corresponde al área de importaciones que abarca la logística y bodega con nueve personas y el área de servicios industriales con diez personas, el resto de personal está distribuido en el resto de áreas, tal como se muestra en la Figura 3.1.



**Figura 3.1.** Organigrama de la empresa en estudio  
(Dicomvisek Cia. Ltda.)

### 3.1.1.5. Proveedores

La empresa cuenta con algunos proveedores y entre los más importantes están los que se muestran en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1.** Principales proveedores de la empresa en estudio

PROVEEDOR	SUMINISTRO	PAÍS
SAINT-GOBAIN SEKURIT	Vidrios para automóviles tipo (OEM), parabrisas de reposición para vehículos en general y vidrios para vehículos de transporte (buses, camiones)	COREA, BRASIL, CHINA, MÉXICO y USA
PRECISIÓN	Molduras para parabrisas y lunetas traseras, clips de piezas de fundición, limpiaparabrisas, espejos laterales, lentes del sensor de lluvia y varias herramientas.	MÉXICO, CHINA
DOW CHEMICAL	Sellantes para el reemplazo de cristales y sistemas de reparación de carrocerías y líquido de frenos, para vehículos de las diferentes marcas.	USA, MÉXICO
FIBERGLASS DE COLOMBIA S.A.	Soluciones acústicas, soluciones térmicas, soluciones de impermeabilización en conducción de aire acondicionado, para la industria y la construcción.	COLOMBIA
OWENS CORNING	Suministra productos asfálticos para cubierta de techos, para la solución de problemas de aislamiento de acústica en paredes interiores, y aislamiento de galpones industriales.	CHINA, USA
GDB INTERNATIONAL, INC	Provee línea de acrílicos, aditivos y pinturas impermeabilizantes.	USA, MÉXICO, CHINA
IMPAC	Provee línea de acrílicos, aditivos y pinturas impermeabilizantes.	MÉXICO
ETERNA	Empaques, felpas, cornisas y en general cauchos para la industria automotriz	COLOMBIA
AUTOTRAVI	línea completa de sellos y acabados, perfiles de caucho para el segmento automotriz	BRASIL
CANALVIDRIOS	Fabricación, diseño y desarrollo de empaques de caucho para sectores como: arquitectónico, automotriz e industrial.	COLOMBIA
OTROS PROVEEDORES	Vidrios, equipos y otros accesorios	BRASIL CHINA MÉXICO

(Dicomvissek Cia. Ltda)

### **3.1.1.6. Clientes**

Entre sus principales clientes están: algunas fábricas ensambladoras de vehículos, el mercado de reposición (en inglés aftermarket) de materiales automotrices, plantas industriales, un pequeño sector de la construcción y proyectos de industriales de construcción.

### **3.1.1.7. Localización**

Dirección: Duchicela Nro. 530 y 9 de agosto – Calderón

Quito - Ecuador

Teléfono: 593(2) 2024120

Zip Code: 170155

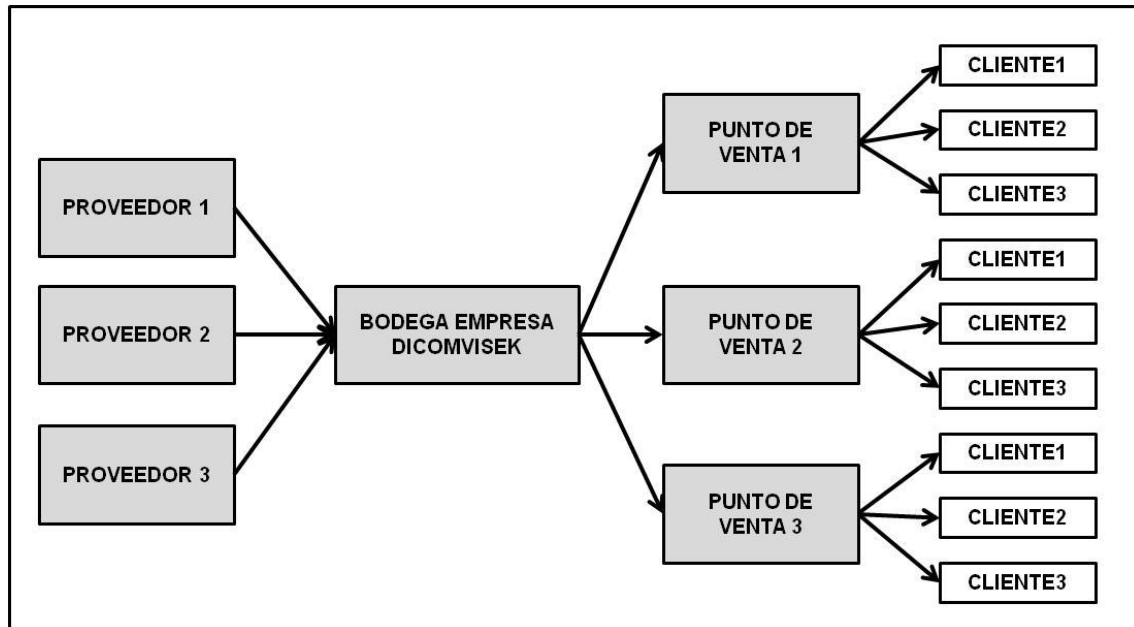
Email: Alejandro.jativa@dicomvissek.com

### **3.1.1.8. Cadena logística de los inventarios**

La empresa objeto de estudio, importa sus productos de los diferentes proveedores, que están ubicados en países como Brasil, China, España, Colombia, Corea, Estados Unidos, etc. Los productos se almacenan y se administran en una sola bodega con que cuenta la empresa, luego son comercializados y distribuidos a los almacenes minoristas o puntos finales de venta que son sus principales clientes, estos a su vez lo venden al cliente final, tal como se puede apreciar en el esquema de la Figura 3.2.

Para la empresa, los almacenes minoristas o puntos de venta son los que realizan los órdenes y pedidos de compra a la empresa. El estudio y análisis del inventario se enfoca desde los proveedores hasta la venta a los almacenes minoristas o puntos de venta (resaltados en color gris), tal como se muestra en Figura 1.2. No

se realiza ningún análisis al inventario de los puntos de venta, la empresa no tiene ninguna injerencia sobre este inventario.



**Figura 3.2.** Esquema de la gestión comercial, empresa en estudio (Dicomvissek Cia. Ltda)

La demanda de sus productos está definida mayormente por la compra directa que hacen los clientes una vez que requieren los artículos, cada artículo tiene una tendencia de demanda independiente uno con otro, y su compra se produce de manera variable, ya que mucho de sus productos pertenecen al mercado de reposición.

### 3.1.2. RESULTADOS ANÁLISIS DE LA CLASIFICACIÓN ABC

El segmento automotriz e industrial queda compuesto por 11 y 8 familias respectivamente, cada familia está constituida de un número determinado de SKUs como lo muestra los datos de la Tabla 3.2.

El segmento automotriz está compuesto por 2 121 SKUs y el segmento industrial por 785 SKUs, la familia B8 (proyectos industriales) no está definida por productos sino por servicios, que se suministra a un cliente en particular, pero por políticas de control de la empresa se lo maneja como un SKU. Este tipo de producto tiene consideraciones especiales dentro de la administración.

La familia de productos B7 (suministros industriales y otros), está relacionada de alguna manera con el resto de las familias del segmento industrial debido a que, cierto porcentaje de su demanda es generada, cuando en la venta de los productos del segmento industrial se incluye el servicio de instalación, consideración a ser tomado en cuenta para este tipo de productos.

Los SKUs clasificados en familias, que se muestran en la Tabla 3.2., corresponden a los productos que tuvieron rotación o venta dentro de los últimos tres años, es decir que sus referencias se mantienen activas dentro del sistema de inventarios. A lo largo de este estudio de ser requerido se usará los códigos de familia para hacer referencia a un grupo de productos en particular

Con el objetivo de determinar el impacto que representan las ventas de cada producto en la gestión administrativa y financiera de la empresa, se procedió a clasificarlos según su participación en el volumen anual de ventas, para identificar los artículos que generan el 80% del volumen de las ventas, para lo cual se utilizó la metodología de análisis ABC, en función de su valor monetario.

**Tabla 3.2.** Número de SKUs clasificados en familias

<b>SEGMENTO</b>	<b>FAMILIA de PRODUCTOS</b>	<b>CÓDIGO DE FAMILIA</b>	<b>NÚMERO DE SKUs</b>
Automotriz	Parabrisas	A1	537
Automotriz	Lunetas	A2	273
Automotriz	Vidrios de ventanas	A3	618
Automotriz	Vidrios laterales	A4	93
Automotriz	Vidrios de techo (Sun-Roof)	A5	14
Automotriz	Retrovisores	A6	24

**Tabla 3.2.** Número de SKUs clasificados en familias (continuación...)

SEGMENTO	FAMILIA de PRODUCTOS	CÓDIGO DE FAMILIA	NÚMERO DE SKUs
Automotriz	Herramientas y elementos de instalación	A7	7
Automotriz	Molduras	A8	36
Automotriz	Pads e isonorizantes	A9	301
Automotriz	Uretanos, pegas y líquidos de uso automotriz	A10	16
Automotriz	Cauchos, felpas, perfiles y anclajes	A11	202
	<b>Total Automotriz</b>		<b>2 121</b>
Industrial	Impermeabilizantes, recubrimientos y asfaltos	B1	216
Industrial	Pinturas acrílicas	B2	104
Industrial	Tejas asfálticas	B3	23
Industrial	Aislamientos termo-acústicos	B4	16
Industrial	Guantes industriales	B5	42
Industrial	Vidrios estructurales	B6	12
Industrial	Suministros industriales y otros	B7	369
Industrial	Proyectos industriales	B8	3
	<b>Total SKUs Industrial</b>		<b>785</b>
	<b>Total SKUs</b>		<b>2 906</b>

(Información suministrada por la gerencia general de la empresa en estudio, 2015.)

Para la organización es importante conocer el aporte porcentual que tienen las ventas en función de las familias de productos, por el manejo administrativo que se da a cada familia. Inicialmente se agrupó los SKUs por familias y luego se sumó su participación porcentual, tal como se muestra en la Tabla 3.3., se puede observar que las ventas realizadas en el año 2014 ascienden a 5 120 654,0 dólares que corresponden a 2 584 SKUs de las 2 906 referencias creadas o que se mantienen activas en el inventario.

En la misma Tabla 3.3., se muestra que el segmento automotriz constituye el 63,05% de la facturación total, mientras que el segmento Industrial tiene el 19,82% y la familia B8 alcanza el 17,13% del total de ventas, esta familia tiene un tratamiento especial dentro de la compañía y no se incluye en el desarrollo de este proyecto ya que se relaciona con contratos o licitaciones de servicio que se



adjudican a la compañía, se incluye en la tabla, solo para efectos de mostrar la distribución de las ventas que tuvo la compañía en el año 2014.

**Tabla 3.3.** Clasificación ABC por familias, año 2014

SEGMENTO	FAMILIA	UNIDADES VENDIDAS	VOLUMEN DE VENTAS(\$)	% DE VENTAS
Automotriz	A1	18 100	1 256 883,8	24,55%
Automotriz	A2	19 475	895 420,9	17,49%
Automotriz	A10	25 528	331 942,6	6,48%
Automotriz	A3	17 436	276 524,9	5,40%
Automotriz	A11	121 570	224 533,1	4,38%
Automotriz	A9	172 269	137 395,6	2,68%
Automotriz	A4	4 441	77 755,7	1,52%
Automotriz	A8	13 734	22 735,5	0,44%
Automotriz	A7	235	3 606,0	0,07%
Automotriz	A5	6	1 426,5	0,03%
Automotriz	A6	15	323,1	0,01%
<b>Total automotriz</b>		<b>392 809</b>	<b>3 228.548,0</b>	<b>63,05%</b>
Industrial	B1	10 760	515 994,2	10,08%
Industrial	B3	6 574	193 761,9	3,78%
Industrial	B7	2 402	132 418,8	2,59%
Industrial	B4	3 967	73 446,9	1,43%
Industrial	B2	1 547	51 175,7	1,00%
Industrial	B6	1 055	43 875,4	0,86%
Industrial	B5	2 393	4 483,5	0,09%
<b>Total industrial</b>		<b>26 296</b>	<b>1 015 156,4</b>	<b>19,82%</b>
Industrial	B8	3	876 948,5	17,13%
<b>Total proyectos industriales</b>		<b>3</b>	<b>876 949,5</b>	<b>17,13%</b>
<b>Total</b>		<b>421 510</b>	<b>5 120 654,0</b>	<b>100%</b>

(Información, suministrada por la gerencia general de empresa en estudio)

Al excluir la familia de productos B8 del análisis del volumen de ventas anuales, los porcentajes de participación de cada familia de productos tienden a sufrir variaciones debido a que el porcentaje está en función de las ventas totales y al excluir el valor de ventas de la familia B8 el resultado final disminuye.

Con esta nueva distribución de porcentajes, el segmento Automotriz sube su participación a 76,08% y el segmento Industrial cambia su participación al 23,92% de un volumen de ventas de 4 243 704,0 de dólares, tal como se muestra en la Tabla 3.4., en la que se ha eliminado la familia B8.

**Tabla 3.4.** Clasificación ABC por familias excluido B8, Ventas año 2014

SEGMENTO	FAMILIA	UNIDADES VENDIDAS	VOLUMEN DE VENTAS (\$)	% DE VENTAS
Automotriz	A1	18 100	1 256 883,8	29,62%
Automotriz	A2	19 475	895 420,9	21,10%
Automotriz	A10	25 528	331 942,6	7,82%
Automotriz	A3	17 436	276 524,9	6,52%
Automotriz	A11	121 570	224 533,1	5,29%
Automotriz	A9	172 269	137 395,6	3,24%
Automotriz	A4	4 441	77 755,7	1,83%
Automotriz	A8	13 734	22 735,5	0,54%
Automotriz	A7	235	3 605,9	0,08%
Automotriz	A5	6	1 426,5	0,03%
Automotriz	A6	15	323,1	0,01%
<b>Total Automotriz</b>		<b>392 809</b>	<b>3 228 547,6</b>	<b>76,08%</b>
Industrial	B1	10 760	515 994,2	12,16%
Industrial	B3	6 574	193 761,9	4,57%
Industrial	B7	2 402	132 418,8	3,12%
Industrial	B4	3 967	73 446,9	1,73%
Industrial	B2	1 547	51 175,7	1,21%
Industrial	B6	1 055	43 875,4	1,03%
Industrial	B5	2 393	4 483,5	0,11%
<b>Total Industrial</b>		<b>26 296</b>	<b>1 015 156,4</b>	<b>23,92%</b>
<b>Total</b>		<b>421 507</b>	<b>4 243 703,98</b>	<b>100%</b>

(Información suministrada por la gerencia general de la empresa en estudio 2015.)

El mismo ejercicio de clasificación ABC realizado a nivel de familias con las ventas del año 2014 se lo realizó para las ventas realizadas a lo largo del año 2015 entre los meses de enero y agosto.

En la Tabla 3.5., se muestra el resultado de la clasificación ABC por familias para el periodo de ventas de enero a agosto del año 2015, en este año la participación del segmento automotriz es del 56,96% respecto del total de ventas, mientras que el segmento industrial ocupa el 43,04%.

**Tabla 3.5.** Clasificación ABC por familias, Ventas año 2015 (01 ~ 08)

SEGMENTO	FAMILIA	UNIDADES VENDIDAS	VOLUMEN DE VENTAS (\$)	% DE VENTAS
Automotriz	A1	10 072	792 624,1	19,50%
Automotriz	A2	13 465	730 367,9	17,97%
Automotriz	A10	21 040	307 133,2	7,56%
Automotriz	A3	9 255	175 345,3	4,31%
Automotriz	A11	80 898	164 482,8	4,05%
Automotriz	A9	107 815	98 449,8	2,42%
Automotriz	A4	1 240	34 699,5	0,85%
Automotriz	A8	2 782	10 519,5	0,26%
Automotriz	A7	161	1 381,2	0,03%
Automotriz	A5	2	463,7	0,01%
Automotriz	A6	0	0,0	0,00%
<b>Total automotriz</b>		<b>246 730</b>	<b>2 315 466,9</b>	<b>56,96%</b>
Industrial	B6	18 614	1 399 898,9	34,44%
Industrial	B1	3 004,5	177 794,5	4,37%
Industrial	B3	3 247	126 367,4	3,11%
Industrial	B4	915	31 221,4	0,77%
Industrial	B2	374	8 980,6	0,22%
Industrial	B7	42	2 837,1	0,07%
Industrial	B5	1 170	2 205,3	0,05%
<b>Total industrial</b>		<b>27 367</b>	<b>1 749 305,3</b>	<b>43,04%</b>
<b>Total</b>		<b>274 097</b>	<b>4 064 772,2</b>	<b>100,00%</b>

(Información suministrada por la gerencia general de la empresa en estudio 2015)

Una vez que se ha mostrado la participación porcentual que tiene cada familia de productos dentro de las ventas, se procedió a trabajar a nivel de SKUs para definir la clasificación ABC en función del valor del volumen de ventas, para esta manera categorizar los artículos en clase A, B y C., tal como se muestra en el anexo magnético 1: Clasificación ABC.xlsx.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó la información actual disponible, razón por lo cual su estudio y análisis se concentra en los productos vendidos en el año 2015 (enero ~ agosto) y categorizados como clase A, como se muestra en la Tabla 3.6., por la importancia que estos productos tienen dentro del inventario, la mayoría de estos artículos se categorizan como clase A también en el año 2014.

**Tabla 3.6.** Productos clase A - Ventas año 2015 (01 ~ 08)

CL	IT	FL	SKU	NOMBRE	TOTAL	VENTAS (\$)	%
A	1	A2	L11243248	LUNETAS GM JIII VERDE 20	4 082	188 085,5	4,63%
A	2	B6	V6203060020	VIDRIO SOLAR-E INCOLOR	1 119	183 064,2	4,50%
A	3	B6	V6203060562	VIDRIO ESPEJO INCOLORO	1 519	164 111,7	4,04%
A	4	A2	L956272318	LUNETAS GM AVEO EMOTIO	2 952	131 390,0	3,23%
A	5	A10	UU-4280	URETHANO U-428 CAJA	18 970	125 084,0	3,08%
A	6	A2	L11212282	LUNETAS GRAND VITARA OS	2 546	122 643,9	3,02%
A	7	B6	V6203060046	VIDRIO ESPEJO INCOLORO	2 310	117 536,5	2,89%
A	8	B6	V6203060357	VIDRIO ECLIPSE ADVANTA	661	101 014,3	2,49%
A	9	B6	V6203060232	VIDRIO FLOTADO VERDE 3.	2 190	92 564,0	2,28%
A	10	B6	V6203060535	VIDRIO ESPEJO INCOLORO	943	79 961,9	1,97%
A	11	B6	V6203060358	VIDRIO ECLIPSE ADVANTA	437	65 756,3	1,62%
A	12	B3	TTSSDT3	TEJA SUPREME AR DESERT	1 800	65 535,1	1,61%
A	13	B6	V6203060051	VIDRIO ESPEJO INCOLORO	546	60 336,1	1,48%
A	14	B6	V6204060110	VIDRIO FLOTADO INCOLOR	800	60 139,4	1,48%
A	15	B6	V6203060327	VIDRIO ESPEJO INCOLORO	289	55 999,7	1,38%
A	16	B6	V6203060363	VIDRIO SOLAR-E INCOLORO	414	55 567,4	1,37%
A	17	B6	V6203060167	VIDRIO FLOTADO INCOLOR	2 582	54 945,0	1,35%
A	18	B6	VCEB1667ST	VIDRIO METALIZADO CEB1	408	49 884,4	1,23%
A	19	A10	UL9008001-00	REFRIGERANTE L210 50% T	70	49 760,5	1,22%
A	20	B6	V6204060115	VIDRIO FLOTADO INCOLOR	345	46 665,3	1,15%

**Tabla 3.6.** Productos clase A - Ventas año 2015 (01 ~ 08) (continuación...)

CL	IT	FL	SKU	NOMBRE	TOTAL	VENTA (\$)	%
A	21	A3	V956273320	VIDRIO POSTERIOR T250 R	2 953	39 919,8	0,98%
A	22	A3	V956273319	VIDRIO POSTERIOR T250 L	2 952	39 906,3	0,98%
A	23	A10	U412200003	REFRIGERANTE MOTOR L21	36	36 745,6	0,90%
A	24	B6	V6203060019	VIDRIO ECLIPSE ADVANTA	180	30 113,7	0,74%
A	25	A10	UD2100073-00	REFRIGERANTE MOTOR LL	30	28 274,4	0,70%
A	26	A1	P861101-2S060	P.D. HYUNDAI TUCSON IX	95	27 851,6	0,69%
A	27	B1	IISR1	IMPAC SUPER REFUERZO	200	27 399,1	0,67%
A	28	A10	UI-70000IN003	REFRIGERANTE MOTOR L2	570	27 132,0	0,67%
A	29	A1	PDW15611	P.D. CHEV. AVEO 3P-4P-5	410	26 044,5	0,64%
A	30	A1	PFW5941	P.D. CHEV. LUV 2300 198	426	22 285,8	0,55%
A	31	A2	LCOF00250GA	P.P. CHEV. CORSA EVOLUT	216	21 725,8	0,53%
A	32	A11	CIC-7215CC	CAUCHO ZETA FINO 725 UN	6 750	21 638,4	0,53%
A	33	A1	P641101LFW	P.D. CHEV. SAIL 2013 4P	292	21 588,0	0,53%
A	34	A11	CIC-6617	FELPA IC-667 X 400 MTS	18 000	21 131,9	0,52%
A	35	B6	V6203060359	VIDRIO ECLIPSE ADVANTA	138	20 765,1	0,51%
A	36	B6	V6203060361	VIDRIO ECLIPSE ADVANTA	120	19 133,1	0,47%
A	37	A1	P307401LFW	P.D. MAZDA B2200 BT50 F	337	17 629,9	0,43%
A	38	A1	P524301LFW	P.D. CHEV. LUV DIMAX 20	298	17 387,3	0,43%
A	39	B1	I99822185	BETAMATE 1486 PAIL 18.6	14	17 230,6	0,42%
A	40	A2	L5008,21824	P.P. CHEV. LUV DIMAX CO	424	16 711,0	0,41%
A	41	A1	P028101LFW	P.D. CHEV. NHR/NKR 1995	229	16 492,0	0,41%
A	42	B6	V6203060365	VIDRIO ECLIPSE ADVANTA	100	16 102,6	0,40%
A	43	A11	CIC-6912	FELPA IC-692 X 300 MTS	12 040	15 939,5	0,39%
A	44	A10	UU-8380	URETHANO 838 SALCHICHA	1 260	15 799,4	0,39%
A	45	A1	PFW6191	P.D. CHEV. FORSA II FYG	298	15 718,8	0,39%
A	46	A1	P861101-2E000	P.D. HYUNDAI TUCSON 200	60	15 479,5	0,38%
A	47	A1	P039001LFW	P.D. CHEV. CORSA 96 3P-	286	14 580,7	0,36%
A	48	B6	V6204060105	VIDRIO FLOTADO INCOLOR	359	14 250,8	0,35%
A	49	B1	II50001GC	IMPAC 5000 GRIS CANECA	157	13 647,6	0,34%
A	50	A1	P5936C1LFW	P.D. CHEV. LUV DIMAX 20	163	13 594,6	0,33%
A	51	B6	V6203060329	VIDRIO FLOTADO BRONCE	316	13 112,9	0,32%
A	52	A1	P861101-4H010	P.D. HYUNDAI STAREX H1	40	13 076,0	0,32%
A	53	A2	L2010.21823Z	P.P. CHEV. GRAND VITARA	175	12 417,9	0,31%
A	54	B3	TTSSAB3	TEJA SUPREME AR AUTUM	387	12 012,9	0,30%
A	55	A9	PIC-2690	ESPONJA IC-260 X 100 MT	10 902	11 772,7	0,29%
A	56	A1	P861101-1R000	P.D. HYUNDAI ACCENT 201	41	11 323,2	0,28%

**Tabla 3.6.** Productos clase A - Ventas año 2015 (01 ~ 08) (continuación...)

CL	IT	FL	SKU	NOMBRE	TOTAL	VENTA (\$)	%
A	57	A2	L1404,21824	P.P. KIA PREGIO 2001-20	116	11 104,8	0,27%
A	58	A1	PFW26110	P.D. CHEV. GRAND VITARA	155	10 993,9	0,27%
A	59	A1	P2765A1LFW	P.D. CHEV. CORSA EVOLUT	186	10 976,0	0,27%
A	60	A1	P193801LFW	P.D. CHEV. GRAND VITARA	187	10 735,2	0,26%
A	61	A9	PIC-5190	ESPONJA IC-510 X 125 MT	13 000	10 634,4	0,26%
A	62	B6	V6203060576	VIDRIO OPA STNOVO DUO 6	112	10 370,1	0,26%
A	63	A1	PFW6151	P.D. CHEV. VITARA 90- F	228	10 273,5	0,25%
A	64	B6	V6204060104	VIDRIO FLOTADO INCOLOR	1 324	10 045,0	0,25%
A	65	A1	P861101-2B230	P.D. HYUNDAI SANTA FE	38	9 596,2	0,24%
A	66	A11	C9-O/P1-X	RUDON PUERTA MEDIANO	3 100	9 318,4	0,23%
A	67	B6	V6204060251	VIDRIO FLOTADO INCOLOR	238	9 208,1	0,23%
A	68	A1	PFW25319	P.D. KIA SPORTAGE 2006-	110	9 081,0	0,22%
A	69	A10	UD2100089-00	REFRIGERANTE MOTOR LL	19	8 953,6	0,22%
A	70	A1	P548701LFW	P.D. CHEV. NLR/NMR 2010	113	8 928,4	0,22%
A	71	B4	A21385421	LANA DE VIDRIO SR(24X2)	154	8 682,2	0,21%
A	72	B6	V6204060108	VIDRIO FLOTADO INCOLOR	158	8 623,7	0,21%
A	73	B4	A4441943	AISLHOGAR R-8 2.5"X48"X	158	8 527,5	0,21%
A	74	A1	PFW6631	P.D. NISSAN SENTRA B13	144	8 377,6	0,21%
A	75	B6	V6203060574	VIDRIO OPA STNOVO DUO 4	120	8 355,6	0,21%
A	76	A11	CEM-531	RUDON PUERTA EM-53 CON	2 650	8 171,5	0,20%
A	77	A10	UD2100056-00	LIQUIDO FRENOS DOT3 DW	12	8 131,2	0,20%
A	78	A11	C5-T/K1	RUDON BAUL MEDIANO #5	3 000	7 932,7	0,20%
A	79	B6	V6204060368	VIDRIO FLOTADO INCOLOR	205	7 895,9	0,19%
A	80	A4	V11212480	VIDRIO LATERAL POSTERIO	336	7 861,3	0,19%
A	81	B6	V6204060436	VIDRIO FLOTADO INCOLOR	40	7 757,6	0,19%
A	82	A9	PIC-3897	ESPONJA IC-387 X 200 MT	12 003	7 725,2	0,19%
A	83	A2	L592,12824	P.P. CHEV. GRAND VITARA	146	7 692,2	0,19%
A	84	B1	II50001BFC22L	IMPAC 5000 BLANCO FIBRA	94	7 677,8	0,19%
A	85	A1	P280401LFW	P.D. HINO GD 03-12 C. A	80	7 465,9	0,18%
A	86	A2	L1402,21824	P.P. KIA RIO STYLUS 200	83	7 459,2	0,18%
A	87	A2	LGOE99254VA	P.P. VW GOL 1998-2005 E	72	7 392,0	0,18%
A	88	A1	P861101-3X160	P.D. HYUNDAI ELANTRA 20	23	7 336,0	0,18%
A	89	A4	V11212481	VIDRIO LATERAL POSTERIO	312	7 299,8	0,18%
A	90	A2	L8110,21875	P.P. KIA SPORTAGE 2006	55	7 268,8	0,18%
A	91	A1	P861111-2W000	P.D. HYUNDAI SANTA FE 2	18	7 230,7	0,18%
A	92	A1	P280301LFW	P.D. HINO GH 03-12 C. A	72	7 124,6	0,18%

**Tabla 3.6.** Productos clase A - Ventas año 2015 (01 ~ 08) (continuación...)

CL	IT	FL	SKU	NOMBRE	TOTAL	VENTA (\$)	%
A	93	A1	PDW16915	P.D. CHEV. AVEO EMOTI	99	7 082,9	0,17%
A	94	A1	P5050B1LFW	P.D. CHEV. OPTRA 2004-2	95	7 056,0	0,17%
A	95	B3	TTSBTC3	TEJA DURATION TERRA	141	7 039,0	0,17%
A	96	A2	L0801520GATP	P.P. CHEV. CORSA EVOL	97	7 028,6	0,17%
A	97	A11	CIC-6913	FELPA IC-693 X 250 MTS	5 250	7 012,3	0,17%
A	98	B3	TTSODT3	TEJA OAKRIDGE AR DES	140	6 999,9	0,17%
A	99	A2	L1473A2TRW	P.P. CHEV. FORSA II CON	107	6 947,9	0,17%
A	100	B6	V6203060329	VIDRIO ESPEJO INCOLOR	42	6 943,1	0,17%
A	101	B1	II50001BC	IMPAC 5000 BLANCO CAN	89	6 925,4	0,17%
A	102	A9	PEV-559	ESPONJA EV-055 X 100 M	4 150	6 882,8	0,17%
A	103	B3	TTSOTK3	TEJA OAKRIDGE AR TEA	140	6 801,3	0,17%
A	104	B4	A4438144	AISLHOGAR R-7 2"X48"X6	146	6 498,2	0,16%
A	105	B6	V6204060256	VIDRIO FLOTADO INCOL	83	6 478,9	0,16%
A	106	B1	IPROTEIKTOR2	MANTO PROTEKTOR ARE	165	6 273,0	0,15%
A	107	A1	P572401LFW	P.D. CHEV. SPARK 2006-	104	6 262,2	0,15%
A	108	B1	IT8021141	TERRAGUM A3.5KG POLI	144	6 244,6	0,15%
A	109	A1	P5242C1LFW	P.D. TOYOTA HILUX/FOR	96	5 927,2	0,15%
A	110	A3	V11240316	VIDRIO PUERTA DEL. RH	312	5 811,2	0,14%
A	111	A3	V11240317	VIDRIO PUERTA DEL. LH	312	5 811,2	0,14%
A	112	A11	C69991	RUDON PUERTA 6999 CO	2 550	5 806,1	0,14%
A	113	A2	L592,12873	P.P. CHEV. GRAND VITAR	72	5 783,4	0,14%
A	114	A1	PFW29214	P.D. CHEV. NPR/NQR 2010	68	5 732,7	0,14%
A	115	B1	IMETAL1FL100	MANTO METAL FL 100 X	110	5 578,8	0,14%
A	116	B1	II70001GC	IMPAC 7000 GRIS CANE	55	5 568,6	0,14%
A	117	A2	L5248,21824	P.P. CHEV. AVEO EMOTI	80	5 562,5	0,14%
A	118	A1	PDW14511	P.D. INTERNATIONAL 40	32	5 473,4	0,13%
A	119	A1	PFW21612	P.D. HYUNDAI ACCENT V	81	5 427,0	0,13%
A	120	A2	L871102-2S020	P.P. HYUNDAI TUCSON IX	27	5 391,7	0,13%
A	121	A2	L965412113	P.P. CHEV. AVEO 3P-5P 2	35	5 294,2	0,13%
A	122	A2	L565,12824	P.P. CHEV. VITARA CO	89	5 226,5	0,13%
A	123	B1	II5C1	IMPAC SELLO CANECA	109	5 201,9	0,13%
A	124	B3	TTSSOB3	TEJA SUPREME AR ONYX	88	5 130,1	0,13%
A	125	B6	V6203060494	VIDRIO MIRROPANE GRE	16	5 087,7	0,13%
A	126	B3	TTSODW3	TEJA OAKRIDGE AR DRIF	115	4 982,4	0,12%
A	127	B1	II30001GC	IMPAC 3000 GRIS CANEC	73	4 974,5	0,12%
A	128	A1	PDW13813	P.D. INTERNATIONAL 500	30	4 898,9	0,12%

**Tabla 3.6.** Productos clase A - Ventas año 2015 (01 ~ 08) (continuación...)

CL	IT	FL	SKU	NOMBRE	TOTAL	VENTA (\$)	%
A	129	A10	U411900017	LIQUIDO FRENOS DOT3 D	7	4 872,6	0,12%
A	130	A1	P558001LFW	P.D. RENAULT LOGAN FY	69	4 801,6	0,12%
A	131	A11	CIC-7617	FELPA IC-767 X 250 MTS	3 050	4 774,6	0,12%
A	132	A1	PFW34812	P.D. HYUNDAI ACCENT 2	52	4 762,8	0,12%
A	133	A1	P559801LFW	P.D. HYUNDAI STAREX H	46	4 760,0	0,12%
A	134	B1	II30001BC	IMPAC 3000 BLANCO CAN	69	4 710,8	0,12%
A	135	A9	PIC-1090	ESPONJA IC-100 X 200 MT	5 802	4 659,4	0,11%
A	136	A1	PFW5011	P.D. MAZDA B2000 86-00	91	4 590,3	0,11%
A	137	A1	PFW7581	P.D. HINO GD 89-02 C. A	50	4 569,6	0,11%
A	138	A2	L871112-2E021	P.P. HYUNDAI TUCSON 0	37	4 546,1	0,11%
A	139	A1	PFW26015	P.D. KIA RIO EXCITE 200	63	4 401,6	0,11%
A	140	B1	IIRS1010	IMPAC REFUERZO SENC	111	4 397,0	0,11%
A	141	A1	PFW3971	P.D. TOYOTA STOUT FYG	98	4 385,3	0,11%
A	142	A1	P028201LFW	P.D. CHEV. NPR 1997- FY	58	4 382,6	0,11%
A	143	B3	TTSDHB3	TEJA DURATION HARBO	71	4 277,8	0,11%
A	144	A1	P251801LFW	P.D. HYUNDAI GETZ 2001-	62	4 253,8	0,10%
A	145	A9	PIC-13951	ESPONJA IC-1351 SUZUKI	4 975	4 251,2	0,10%
A	146	A1	P578901LFW	P.D. HYUNDAI TUCSON I	48	4 250,4	0,10%
A	147	A1	PFW5491	P.D. SUZUKI FORSA I FYG	98	4 186,6	0,10%
A	148	A1	PFW26514	P.D. HYUNDAI SANTA FE	47	4 149,3	0,10%
A	149	A1	P563701LFW	P.D. RENAULT SANDERO	63	4 127,2	0,10%
A	150	A1	P861101-3W040	P.D. KIA SPORTAGE "R" 2	17	4 108,2	0,10%
A	151	A1	PFW20716	P.D. DAEWOO LANOS 98-0	67	4 076,8	0,10%
A	152	A1	PFW7591	P.D. HINO GH 89-02 C. A	41	4 065,0	0,10%
A	153	A2	L3074A2TRW	P.P. MAZDA B2200 BT50 9	126	4 060,0	0,10%
A	154	A9	PEV-2297	ESPONJA EV-227 X 125 M	3601	4 010,0	0,10%
A	155	A11	CIC-13177	CAUCHO IC-1377 EMP. M	750	4 005,1	0,10%
A	156	A1	P5137A1LFW	P.D. HYUNDAI TUCSON 2	53	3 996,7	0,10%
A	157	B6	V6203060592	VIDRIO BRONCE 6MM 3.3	60	3 975,6	0,10%
A	158	A1	PFW4831	P.D. CHEV. TROOPER 82 F	88	3 971,4	0,10%
A	159	B3	TTSSFG3	TEJA SUPREME AR FORE	97	3 958,1	0,10%
A	160	A1	P642701LFW	P.D. KIA CERATO FORTE	50	3 923,9	0,10%
A	161	A2	LFB43320	P.P. NISSAN SENTRA B13	55	3 911,6	0,10%
A	162	A1	P1298A1LFW	P.D. KIA PREGIO 2002 FY	51	3 808,0	0,09%
A	163	A2	L1473B2TRW	P.P. CHEV. FORSA II SIN	96	3 793,4	0,09%
A	164	A1	P2827A1LFW	P.D. NISSAN X-TRAIL 200	51	3 766,0	0,09%



**Tabla 3.6.** Productos clase A - Ventas año 2015 (01 ~ 08) (continuación...)

A	165	B1	IIMEGA16BC	IMPAC MEGA 6 BLANCO	53	3 749,4	0,09%
A	166	A1	P279901LFW	P.D. HINO DUTRO 300 03-	53	3 696,0	0,09%
A	167	A1	P8111,110213	P.D. TOYOTA YARIS SED	54	3 644,8	0,09%
A	168	A2	L871102-2B020	P.P. HYUNDAI SANTA FE	27	3 628,8	0,09%
A	169	A2	L966012855	P.P. CHEV. SPARK 2006	27	3 606,4	0,09%
A	170	B1	II70001GFC	IMPAC 7000 GRIS OXFOR	35	3 585,8	0,09%
A	171	A2	LDB106243	P.P. CHEV. AVEO 4P- CHE	50	3 579,0	0,09%
A	172	A11	CWBL3917	CAUCHO P.D. TOYOTA ST	146	3 572,5	0,09%
A	173	A1	P952731369	P.D. CHEV. TRACKER 201	10	3 523,5	0,09%
A	174	A2	L871102-1C300	P.P. HYUNDAI GETZ CON	41	3 514,0	0,09%
A	175	A1	P393101LFW	P.D. CHEV. FTR - FVZ 20	35	3 502,0	0,09%
A	176	A1	PFW22112	P.D. KIA RIO 2002- 2007	53	3 468,1	0,09%
A	177	B3	TTSSSR3	TEJA SUPREME AR SPANI	109	3 452,9	0,08%
A	178	A1	P285101LFW	P.D. HYUNDAI HD72 2002	43	3 432,2	0,08%
A	179	A2	L871102-4H070	P.P. HYUNDAI STAREX 20	24	3 412,6	0,08%
A	180	A3	VFQ39238	V.P. CHEV. FORSA II FYG	112	3 127,3	0,08%
A	181	A3	VFQ39237	V.P. CHEV. FORSA II FYG	99	2 772,0	0,07%
A	182	A4	V592,34573	LATERAL CHEV. GRAND	91	2 226,3	0,05%
A	183	A4	V592,24573	LATERAL CHEV. GRAND	60	1 468,2	0,04%
A	184	A4	V878204-2S010	LATERAL HYUNDAI TUC	17	1 417,9	0,03%
A	185	A4	V878204-2E020	LATERAL HYUNDAI TU	17	1 033,2	0,03%
B	186 576	-	VARIOS SKUs	-	74 231	551 434,0	13,57%
C	577 1519	-	VARIOS SKUs	-	18 090	169 051,0	4,16%
				TOTAL	274 097	4 064 772,0	100%

CL = Clase de producto

IT = Ítem (ordenamiento del SKU)

FL = Familia de productos

VENTAS (\$) = Volumen de ventas del producto en dólares entre enero ~ agosto

TOTAL = Total de unidades vendidas entre enero ~ agosto

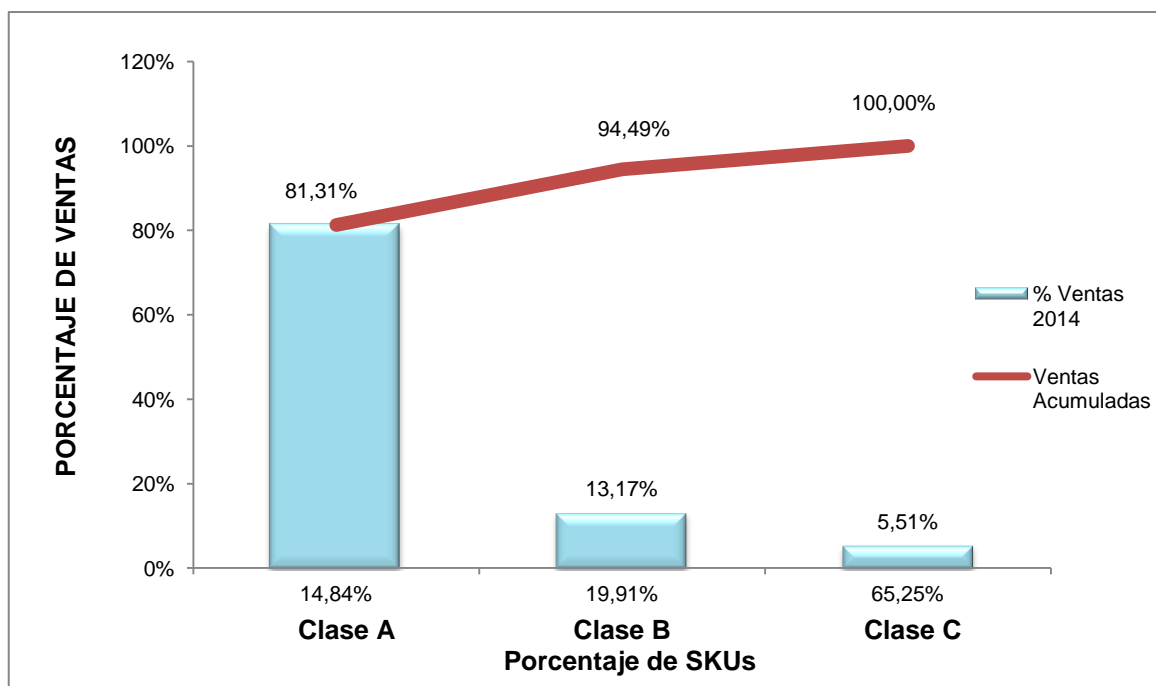
% = Porcentaje de participación del volumen total de ventas

En cualquier organización sea esta de manufactura o comercial se hace indispensable realizar una clasificación de productos, con el fin de identificar

aquellos productos que de alguna manera tienen una representación importante dentro de las ventas y en general de los ingresos y ganancias que genera la empresa, tal como se va evidenciar a continuación.

El dinero invertido en inventarios representa entre un 70 a 80 % del capital total de la empresa, razón por la cual fue importante determinar una clasificación ABC de sus productos, esto permitió concentrarse en aquellos SKUs que generan la mayor parte de ventas y por consiguiente el mayor ingreso por ventas.

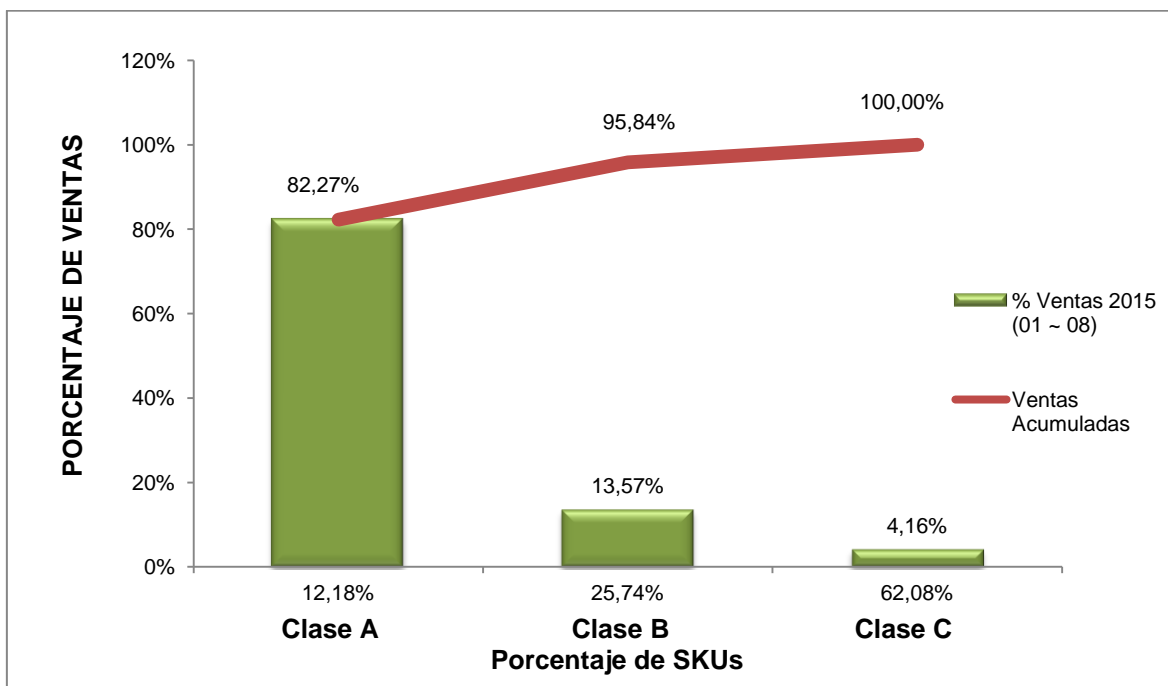
En la Figura 3.3. Se muestra la relación que existe entre el porcentaje de ventas versus el porcentaje de SKUs que aportan para este porcentaje, en donde los artículos clase A, con un porcentaje de 14,84% del total de SKUs, generan el 81,31% de las ventas totales que se realizaron en el año 2014



**Figura 3.3.** Clasificación ABC – % de SKUs que aportan al % de ventas, año 2014

El mismo análisis se realizó a las ventas del año 2015 en el periodo de enero hasta agosto, el mismo que se muestra en la Figura 3.4. Donde el 12,18% del

total de SKUs, generan el 82,27% de las ventas totales que se realizaron en ese periodo.



**Figura 3.4.** Clasificación ABC – Porcentaje de SKUs que aportan al porcentaje de ventas, año 2015 (01 ~ 08)

Además, como parte de la clasificación ABC, también se determinó los productos clase B y Clase C. En el periodo 2014 y 2015 los artículos clase B representaron el 13,17% y 13,57% de las ventas totales de los periodos respectivos, con una participación del 19,91% y 25,74 % del total de los SKUs respectivamente.

Los artículos clase C aportaron con un 5,51% y 4,16% a las ventas totales de los periodos 2014 y 2015 respectivamente y representaron el 65,25% y 62,08% del total de los SKUs de los periodos respectivos.

En la Tabla 3.7. y Tabla 3.8. Se muestra un análisis detallado de la clasificación ABC segmentado por familia de productos para el periodo 2014 y 2015 (01 ~ 08) respectivamente.

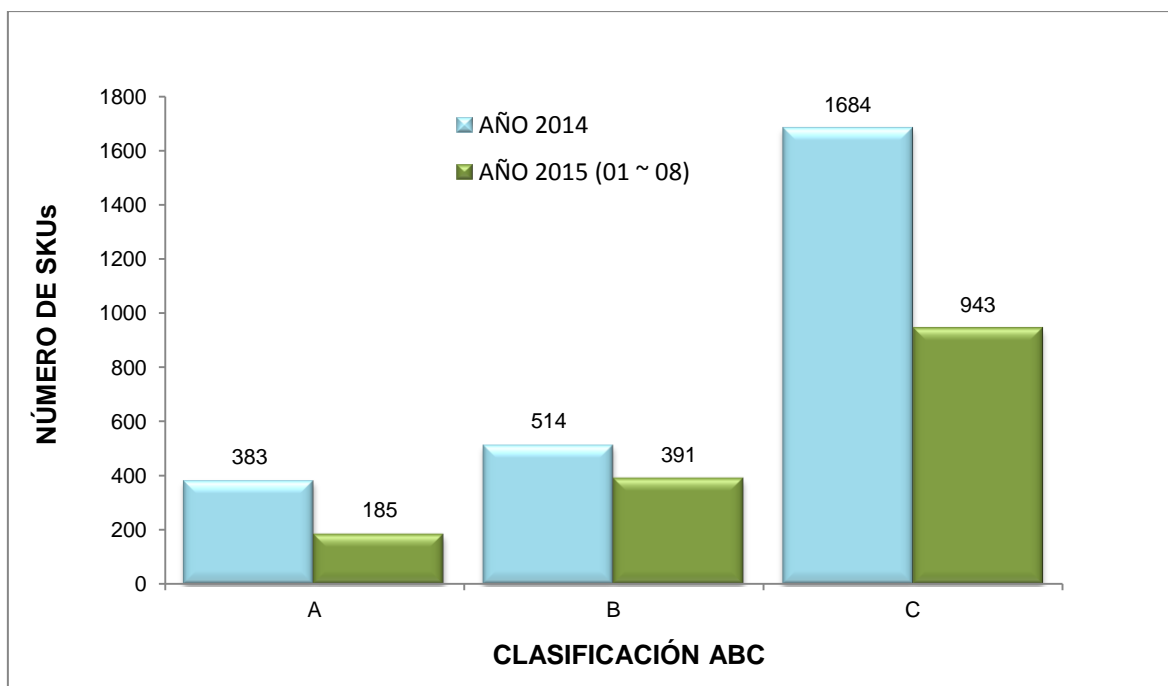
**Tabla 3.7.** Clasificación ABC de los productos de la empresa en estudio. ventas año 2014

FAMILIA\CLASIFICACIÓN	NÚMERO DE SKUs			UNIDADES VENDIDAS			VOLUMEN ANUAL DE VENTAS (\$)			% DE VENTAS		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
A1	152	180	205	14 463	2 847	790	1 005 110,0	199 706,1	52 067,8	23,68%	4,71%	1,23%
A2	53	86	134	17 630	1 261	584	770 068,2	89 502,5	35 850,2	18,15%	2,11%	0,84%
A10	9	-	4	25 216	-	312	331 426,4	-	516,2	7,81%	-	0,01%
A3	14	58	546	12 110	2 313	3.013	146 777,5	61 989,9	67 757,5	3,46%	1,46%	1,60%
A11	21	37	43	97 335	19 468	4.767	175 584,7	38 626,0	10 322,4	4,14%	0,91%	0,24%
A9	18	23	15	134 480	33 514	4.275	105 776,3	27 383,4	4 235,9	2,49%	0,65%	0,10%
A4	11	11	66	3 842	335	264	58 108,6	11 507,5	8 139,6	1,37%	0,27%	0,19%
A8	4	9	20	7 277	6 257	200	11 718,8	8 688,9	2 327,8	0,28%	0,20%	0,05%
A7	-	2	11	-	94	141	-	1 414,5	2 191,5	-	0,03%	0,05%
A5	-	-	4	-	-	6	-	-	1 426,5	-	-	0,03%
A6	-	-	12	-	-	15	-	-	323,1	-	-	0,01%
B1	49	35	59	8 700	1 425	635	460 790,1	40 240,2	14 963,9	10,86%	0,95%	0,35%
B3	13	2	2	6 484	82	8	190 851,1	2 632,8	278,0	4,50%	0,06%	0,01%
B7	12	60	509	131	713	1.558	39 110,5	66 035,9	27 272,4	0,92%	1,56%	0,64%
B4	10	1	2	3 887	18	62	72 176,0	611,8	659,1	1,70%	0,01%	0,02%
B2	8	6	20	794	165	588	43 268,5	5 685,2	2 222,0	1,02%	0,13%	0,05%
B6	9	3	-	809	246	-	39 865,7	4 009,6	-	0,94%	0,09%	-
B5	-	1	32	-	17	2.376	-	1 011,8	3 471,6	-	0,02%	0,08%
<b>SUBTOTAL</b>	383	514	1684	333 158	68 756	19 594	3 450 632,2	559 046,3	234 025,5	81,31%	13,17%	5,51%
<b>TOTAL</b>	2 581			421 507			4 243 704,0			100,00%		

**Tabla 3.8.** Clasificación ABC de los productos de la empresa en estudio. ventas año 2015 (enero ~ agosto)

FAMILIA\CLASIFICACIÓN	NÚMERO DE SKUs			UNIDADES VENDIDAS			VOLUMEN ANUAL DE VENTAS (\$)			% DE VENTAS		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
A1	60	167	191	6 445	3 063	564	499 634,6	246 406,9	46 582,5	12,29%	6,06%	1,15%
A2	27	67	136	11 857	1 161	447	609 177,6	87 663,6	33 526,7	14,99%	2,16%	0,82%
A10	9	3	-	20 974	66	-	304 753,2	2 380,0		7,50%	0,06%	-
A3	6	33	390	6 740	908	1 607	97 347,8	32 897,5	45 099,9	2,39%	0,81%	1,11%
A11	11	31	42	57 286	17 864	5 748	109 303,1	45 112,7	10 067,1	2,69%	1,11%	0,25%
A9	7	27	16	54 433	47 132	6 250	49 935,8	42 869,3	5 644,7	1,23%	1,05%	0,14%
A4	6	5	51	833	91	316	21.306,8	3 598,6	9 794,2	0,52%	0,09%	0,24%
A8	-	5	25	-	1 512	1.270	-	6 200,1	4 319,3	-	0,15%	0,11%
A7	-	-	6	-	-	161	-	-	1 381,2	-	-	0,03%
A5	-	-	1	-	-	2	-	-	463,7	-	-	0,01%
A6	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-
B1	15	31	36	1 478	1 202	325	123 164,9	48 511,8	6 117,8	3,03%	1,19%	0,15%
B3	10	3	1	3 098	139	10	120 189,5	5 765,4	412,5	2,96%	0,14%	0,01%
B7	-	1	6	-	24	18	-	929,9	1 907,2	-	0,02%	0,05%
B4	3	4	2	458	445	12	23 707,9	6 785,9	727,6	0,58%	0,17%	0,02%
B2	-	7	4	-	346	28	-	8 532,8	447,8	-	0,21%	0,01%
B6	31	7	1	18 174	278	162	1 385 765,0	13 779,7	353,8	34,09%	0,34%	0,01%
B5	-	-	35	-	-	1 170	-	-	2 205,3	-	-	
<b>SUBTOTAL</b>	185	391	943	18 1 776	74 231	18 090	3 344 287,0	556 547,0	169 051,0	82,27%	13,57%	4,16%
<b>TOTAL</b>	1 519			274 097			4 064 772,2			100%		

Como parte de este análisis, en la Figura 3.5. Se muestra, el número de SKUs que han sido considerados según la clasificación ABC, en el año 2014, en comparación con el año 2015 (01 ~ 08). Evidenciándose una clara disminución de los SKUs vendidos en el año 2015, a pesar de mantener cada categoría los mismos porcentajes de venta respecto al volumen total.



**Figura 3.5.** Clasificación ABC, número de SKUs por clase

Según este análisis se puede concluir que en el periodo de enero hasta agosto del año 2015 se añadieron 31 SKUs al portafolio general de productos, los mismos que se anexaron a la familia B5 y B6 con 2 y 29 SKUs respectivamente, pero dejaron de reportar ventas 1 091 SKUs en este periodo, la mayoría de estos productos estaban categorizados como artículos clase C en el año 2014.

En la Tabla 3.9. Se muestra la situación actual en la que se encuentran estos productos, los cuales en su mayoría pertenecen a la familia B7 (suministros industriales y otros), los mismos que por su naturaleza, son utilizados cuando existe una prestación de un servicio a nivel industrial por parte de la empresa, se espera que puedan ser utilizados en el último cuatrimestre del año 2015 o posteriores años.

**Tabla 3.9.** Situación actual de los productos que no generaron ventas en el año 2015 (enero ~ agosto)

<b>FAMILIA</b>	<b>NÚMERO DE SKUs SIN ROTACIÓN</b>	<b>NÚMERO DE SKUs SIN INVENTARIO</b>	<b>UNIDADES EN INVENTARIO</b>	<b>UNIDADES DAÑADAS U OBSOLETAS</b>	<b>COSTO INVENTARIO SIN ROTACIÓN</b>	<b>COSTO INVENTARIO DAÑADO U OBSOLETO</b>
A1	113	6	250	40	13 672,6	2 592,2
A10	1	0	12	0	14,3	0,0
A11	14	3	172	5	1 358,1	48,2
A2	38	5	105	18	3 376,7	972,8
A3	183	6	348	55	4 482,0	945,4
A4	24	2	43	14	749,0	242,3
A5	0	3	0	0	0,0	0,0
A6	10	2	15	4	313,3	112,8
A7	6	1	16	6	442,3	101,8
A8	1	2	1	1	5,6	5,6
A9	3	3	1 150	5	565,8	4,0
B1	56	5	579	18	16 969,3	484,0
B2	20	3	457	15	3 145,3	244,8
B3	3	0	31	1	693,2	29,5
B4	3	1	110	3	2 151,4	51,9
B7	562	12	2 026	233	84 455,6	16 057,6
<b>SUBTOTAL</b>	1 037	54	5 315	418	132 394,4	21 892,9
<b>TOTAL</b>	1.091		5733		154 287,3	

La Tabla 3.9. permite evaluar la situación actual de estos materiales es así como, de los 1 091 SKUs que no generaron ventas en este periodo, los 1 037 SKUs mantienen el producto almacenado en las bodegas pero sin rotación de ninguna clase, 54 SKUs no cuentan con inventario porque se terminó el ultimo stock en el año 2014 y no se ha vuelto a reponerlo.

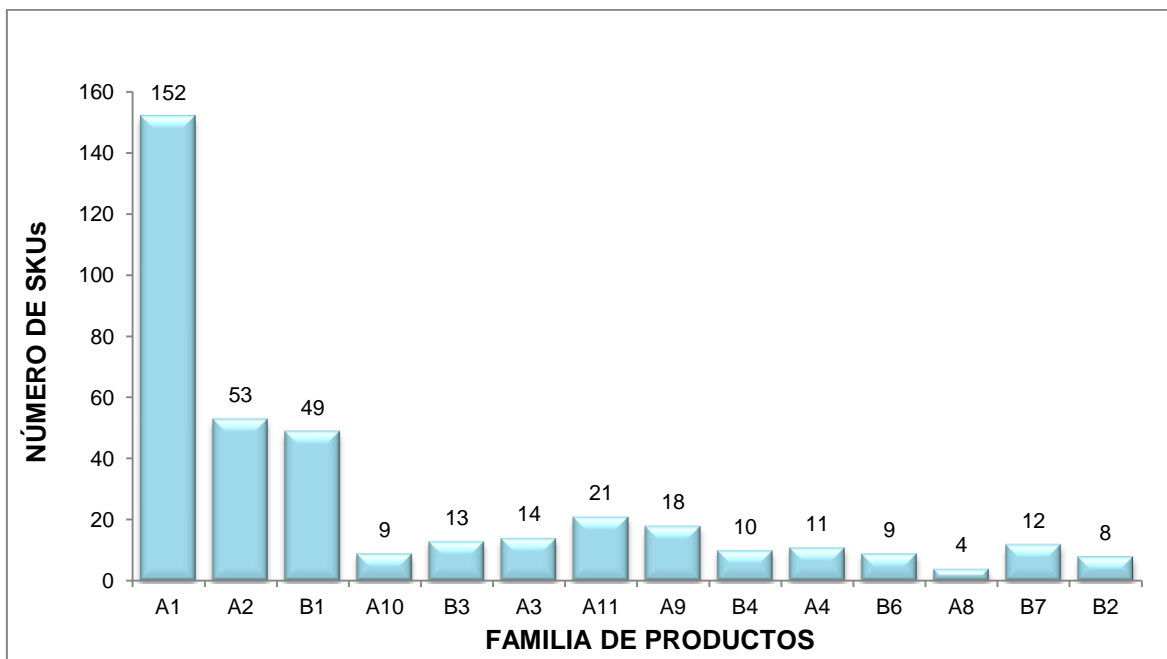
Además, los SKUs que no tienen rotación ni registran venta mantienen en inventario a 5 315 unidades de productos de las diferentes familias, los mismos que se encuentran en la bodega de la empresa en estudio, mientras tanto el inventario obsoleto o dañado equivale a 418 unidades de productos distribuidos en los diferentes SKUs y familias.

Según este análisis en el periodo de enero hasta agosto del año 2015, el costo del inventario de mantener estos SKUs sin rotación es igual a 132 394,4 dólares, mientras que el inventario dañado u obsoleto se sitúa en 21 892,9 dólares, además hay que tomar en cuenta que si el inventario no rota en el corto o mediano plazo, se tendría que dar de baja estos productos.

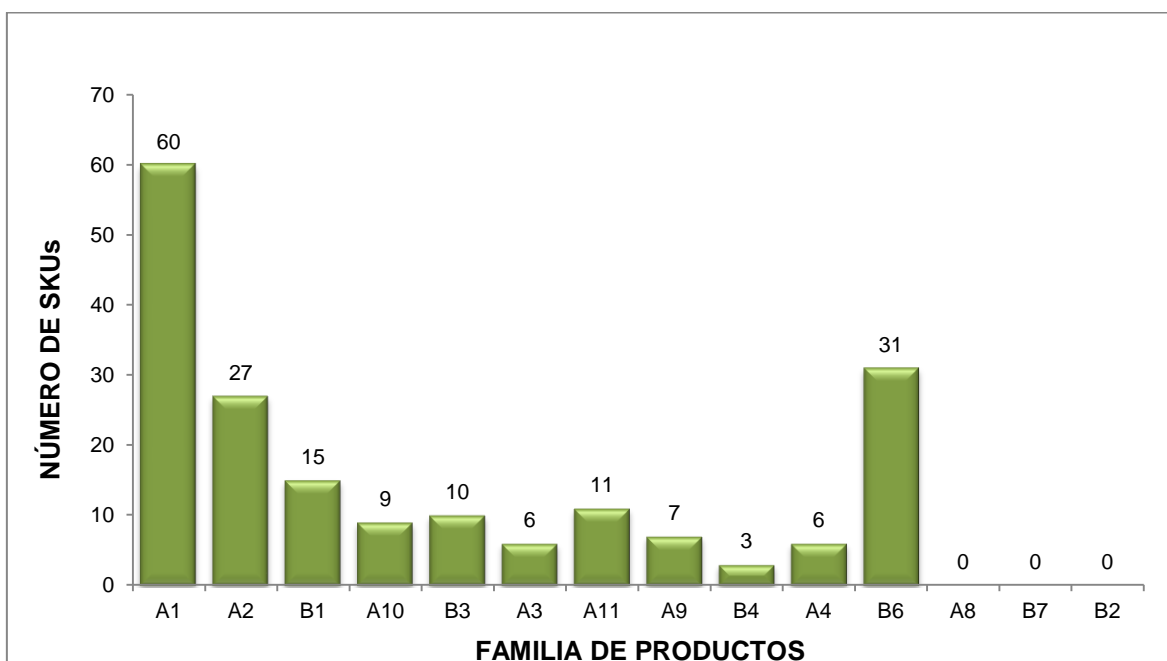
La realización de esta clasificación ABC ha permitido identificar los productos que no tienen rotación a lo largo del periodo que se está estudiando, esto va a permitir tomar acciones para disminuir los costos de inventario por falta de rotación o la posible obsolescencia de los materiales, además de identificar las posibles causas que están afectando al manejo del inventario.

Después se realizó un análisis a los productos categorizados como clase A, En la Figura 3.6. y Figura 3.7. Se muestra el número de SKUs categorizados como clase A y distribuidos por familias, para el año 2014 y para el periodo de enero hasta agosto del año 2015 respectivamente, en ambos periodos los productos clase A representan más del 80% de las ventas totales con el 20% de los SKUs.





**Figura 3.6.** Número de SKUs con clase A, distribuidos por familia de producto año 2014

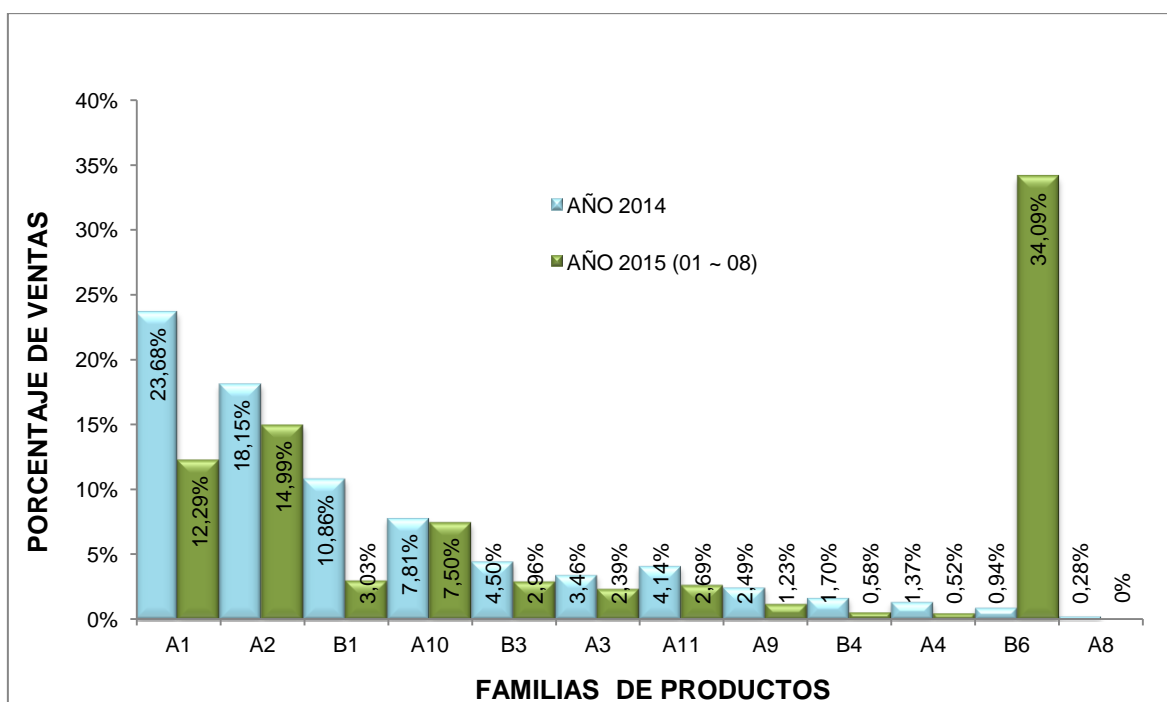


**Figura 3.7.** Número de SKUs con Clase A, distribuidos por familia de producto año 2015

Según el análisis realizado a los SKUs clase A, se puede evidenciar que en el periodo de enero hasta agosto de año 2015, existe una reducción del número SKUs a ser considerados como clase A, es decir pasa de 383 SKUs considerados

en año 2014 a 185 SKUs en el 2015. Se elimina la participación de las familias A8, B7 y B2, Tal como se muestra en la Figura 3.6. y Figura 3.7.

Esta reducción del número de SKUs que se consideran clase A, en el año 2015 se debe en gran medida a que en este año la familia B6 incremento los SKUs y las ventas asociadas a los mismos, pasando de 9 SKUs en el año 2014 a 31 SKUs en el año 2015 (enero ~ agosto) y del 0,94% de las ventas en el año 2014 a 34,09% de las ventas en el año 2015 (enero ~ agosto), eso hace que el porcentaje del resto de familias se vea disminuido y como resultado existe una disminución del número de SKUs, tal como se muestra en la Figura 3.8.



**Figura 3.8.** SKUs Clase A – Porcentaje de participación de cada familia en el total de las ventas de esta categoría, año 2014 y año 2015

De la evaluación realizada a los productos comercializados por la empresa en estudio se puede concluir que es de vital importancia dentro de la clasificación ABC la definición del periodo o los periodos a considerar para el desarrollo de esta metodología, como hemos visto la demanda puede cambiar o redistribuirse y hacer que los productos cambien de categoría, lo que obliga a realizar una

evaluación periódica de los productos a través de esta metodología, con el fin de mantener los controles necesarios para cada categoría de producto.

Esta es la razón por la cual en el estudio de este proyecto se utilizó los datos generados en el periodo de enero hasta agosto del año 2015, por ser los datos más recientes con que cuenta la empresa en estudio y como hemos analizado, existen ciertas diferencias respecto al año 2014, justificándose de esta manera la utilización de estos datos.

Según la metodología desarrollada, los diferentes SKUs requieren de ciertos controles según su clasificación y de ahí la importancia del método, estos controles pueden definirse de la siguiente manera:

#### Productos clase A:

- Revisar frecuente de la demanda a través del desarrollo y evaluación de los pronósticos
- Estricta gestión del inventario
- Mantener la exactitud del inventario, a través de conteos cíclicos mensuales
- Revisar de forma permanente las ordenes de pedido, inventarios de seguridad y ventas
- Controlar el cumplimiento de los tiempos de entrega.

#### Productos clase B:

- Evaluaciones de la demanda menos frecuente
- Conteos cíclicos cada trimestre
- Revisión de las ordenes de pedido, inventarios de seguridad y ventas con menor frecuencia

#### Productos clase B:

- Realizar ordenes de pedido para mantener un inventario alto de seguridad
- Conteos cíclicos semestrales o anuales
- Bajo control del inventario.

### 3.2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

El mercado en el que interactúa la empresa en estudio está sujeto a diferentes factores tanto internos como externos; algunos pueden ser controlables por la empresa y otros dependen del mercado, unos fáciles de predecir y otros un tanto complejos de pronosticar.

La empresa utiliza una filosofía Pull de reaprovisionamiento de productos, por lo que es importante entender como ayuda el crecimiento del mercado automotriz en la venta de repuestos en los últimos años, por efecto del ingreso de un mayor número de vehículos al parque automotor ecuatoriano, especialmente en la provincia de Pichincha, de alguna manera se crea una demanda potencial de estos productos relacionados con sector automotor.

Según los análisis realizados acerca de la demanda, se tiene que esta demanda es del tipo independiente, porque es generada por entes externos a la empresa en estudio y no existe relación entre los productos, es decir, cada producto genera su propia demanda en función de su comportamiento, por lo que se hace necesario el poder proyectar la demanda para cada producto.

Se analizó el patrón de demanda existente en los diferentes productos considerados como clase A, a través de calcular el coeficiente de variación de la demanda, si el valor es mayor o igual a uno se puede considerar como una demanda errática, caso contrario podría considerarse como una demanda estacionaria o perpetua, tal como lo establece (Vidal, 2005, p.28).

Para identificar alguna tendencia en los datos de la demanda se realizó una gráfica con los datos en Microsoft Excel y se agregó una línea de tendencia obteniendo el coeficiente de determinación  $R^2$ , el cual permitió identificar el comportamiento que tiene cada SKU en relación con este factor de tendencia.

Los resultados mostrados en la Tabla 3.10. identifican una demanda estacionaria para los 109 SKUs de los 141 estudiados, y solo 36 SKUs de este total presentan algún tipo de tendencia creciente o decreciente en sus datos.

### **3.2.1. PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA**

Como se señaló en el numeral 2.2.2. Existen diferentes métodos para realizar el análisis de proyección de la demanda, entre ellos se encuentra el método de series de tiempo que utiliza los datos cuantitativos más recientes, y en base al comportamiento de estos datos y a la configuración del modelo, se pronostica la demanda para el siguiente periodo. Se asume que la demanda sigue una distribución normal, debido a que el 90% de los SKUs a pronosticarse tiene este comportamiento según el análisis de normalidad realizado a los datos.

Para la empresa en estudio el obtener una previsión de la demanda a corto plazo es importante al momento de generar las órdenes de compra, basado en esta realidad se definió que el desarrollo de este estudio, no se enfocaría en evaluar la mayor cantidad de métodos de pronóstico, sino por el contrario encontrar el(los) método(s) que sean prácticos, fácil de usarlos y que permitan obtener a corto plazo los resultados esperados, con el menor uso de recursos.

Con este antecedente los métodos que se evaluaron fueron: el promedio móvil simple de tres y cuatro periodos, promedio móvil ponderado de tres y cuatro periodos, suavización exponencial simple y suavización exponencial con ajuste de tendencia. La evaluación de estas técnicas para realizar el pronóstico se desarrolló de manera específica para cada SKU categorizado como clase A,

Para el caso del método de suavizamiento exponencial simple y con ajuste de tendencia, para definir la(s) constante(s) de suavizamiento se utilizó el complemento de Microsoft Excel llamado solver. Este algoritmo busca el valor mínimo de la variable que se defina, en nuestro caso se utilizó la MAD a través de cambiar la(s) constante(s) de suavización, hasta obtener el valor óptimo.

A pesar de encontrar los valores óptimos de esta(s) constante(s), fue necesario que este valor se encuentre dentro de los límites establecidos para TS. Con estas consideraciones y lo definido en el numeral 2.2.2.6., se seleccionó el método más adecuado para realizar el pronóstico de la demanda de los 141 SKUs estudiados, según se muestra en la Tabla 3.10.

**Tabla 3.10.** Resumen del método de pronóstico seleccionado

SKU	CV	T D	TEN	CFE	$\bar{E}$	MSE	$\sigma$	MAD	MAPE	TS	MÉT
P280401LFW	0,79	EST	NO	-7,33	-0,43	152,99	12,74	10,47	45,36	-0,70	PM3
P5137A1LFW	0,82	EST	NO	5,67	0,33	43,07	6,76	4,88	76,76	1,16	PM3
PFW29214	0,98	EST	CR	-0,33	-0,02	25,77	5,23	3,71	46,12	-0,09	PM3
PFW5941	0,70	EST	NO	-38,67	-2,27	849,76	29,96	23,76	113,43	-1,63	PM3
PFW7591	0,94	EST	NO	2,46	0,14	16,75	4,20	2,99	64,93	0,82	PM3
U411900017	0,95	EST	NO	-1,00	-0,06	1,33	1,19	1,04	30,39	-0,96	PM3
C9-O/P1-X	0,39	EST	NO	-516,67	-30,39	28 382,35	170,81	136,27	40,38	-3,79	PM3
L871112-2E021	1,03	ERR	NO	-10,33	-0,61	20,01	4,57	3,90	124,89	-2,65	PM3
LDB106243	0,79	EST	DC	-16,00	-0,94	32,56	5,80	4,31	52,10	-3,71	PM3
PIC-2690	0,45	EST	CR	122,00	7,18	373 522,46	629,93	457,53	36,20	0,27	PM3
I99822185	0,92	EST	NO	-1,00	-0,06	5,78	2,48	1,86	29,42	-0,54	PM3
P039001LFW	0,52	EST	CR	7,25	0,45	243,13	16,10	13,05	58,47	0,56	PM4
P193801LFW	0,85	EST	NO	7,00	0,44	294,53	17,72	13,91	127,98	0,50	PM4
P2827A1LFW	0,68	EST	NO	-5,00	-0,31	20,24	4,64	3,63	134,93	-1,38	PM4
P5242C1LFW	0,83	EST	NO	-12,50	-0,78	176,74	13,71	11,22	152,60	-1,11	PM4
P548701LFW	0,74	EST	NO	-6,00	-0,38	117,42	11,18	9,06	249,05	-0,66	PM4
P558001LFW	0,59	EST	NO	-12,25	-0,77	32,72	5,85	4,73	94,23	-2,59	PM4
P5936C1LFW	0,79	EST	NO	-5,25	-0,33	211,97	15,03	12,20	184,21	-0,43	PM4
P8111,110213	0,88	EST	NO	-0,25	-0,02	45,71	6,98	4,86	130,16	-0,05	PM4
P861101-2E000	0,78	EST	NO	1,00	0,06	62,55	8,17	6,22	141,57	0,16	PM4
P861111-2W000	0,70	EST	DC	-1,25	-0,08	6,80	2,69	2,11	95,78	-0,59	PM4
PDW13813	0,78	EST	NO	7,75	0,48	6,51	2,59	2,05	26,35	3,79	PM4
PDW14511	0,98	EST	NO	3,25	0,20	10,85	3,40	2,23	37,45	1,45	PM4
PFW26015	0,46	EST	NO	-5,75	-0,36	19,61	4,56	3,39	61,48	-1,70	PM4
PFW34812	0,92	EST	NO	0,50	0,03	19,03	4,51	3,28	69,78	0,15	PM4
PFW3971	0,89	EST	NO	-30,25	-1,89	186,52	13,97	11,14	86,11	-2,72	PM4
PFW6191	0,60	EST	NO	13,50	0,84	505,66	23,21	18,09	176,32	0,75	PM4
U412200003	0,93	EST	NO	-2,50	-0,16	22,23	4,87	3,25	79,84	-0,77	PM4
UD2100056-00	0,75	EST	DC	-2,00	-0,13	2,03	1,47	1,16	34,77	-1,73	PM4

Tabla 3.10. Resumen del método de pronóstico seleccionado (continuación...)

SKU	CV	T D	T E	CFE	$\bar{E}$	MSE	$\sigma$	MAD	MAPE	TS	MÉT
C5-T/K1	0,42	EST	CR	450,00	28,13	16 738,28	130,42	92,19	31,02	4,88	PM4
CEM-531	0,63	EST	CR	225,00	14,06	29 609,38	177,12	106,25	44,17	2,12	PM4
CIC-6913	0,76	EST	NO	212,50	13,28	167 861,33	422,92	261,72	54,77	0,81	PM4
CWBL3917	0,45	EST	NO	-24,50	-1,53	82,91	9,27	7,66	96,95	-3,20	PM4
L0801520GA	1,12	ERR	NO	-11,00	-0,69	197,35	14,49	11,25	79,39	-0,98	PM4
L11243248	0,29	EST	CR	546,50	34,16	13 813,05	116,14	89,41	19,84	6,11	PM4
L1402,21824	0,82	EST	CR	26,25	1,64	42,80	6,54	4,70	39,34	5,58	PM4
L1473A2TRW	0,75	EST	NO	-12,00	-0,75	113,45	10,97	9,59	86,28	-1,25	PM4
L1473B2TRW	0,70	EST	NO	-0,25	-0,02	86,91	9,63	7,39	86,32	-0,03	PM4
L871102-1C30	0,99	EST	NO	-1,00	-0,06	41,56	6,66	5,28	121,11	-0,19	PM4
L871102-2B02	1,38	ERR	NO	1,50	0,09	24,34	5,09	3,78	35,83	0,40	PM4
L956272318	0,34	EST	CR	310,00	19,38	12 503,41	113,74	95,06	38,39	3,26	PM4
L966012855	1,48	ERR	NO	5,50	0,34	11,77	3,52	2,69	75,54	2,05	PM4
V11240316	0,92	EST	NO	-60,75	-3,80	2 630,43	52,82	39,83	407,24	-1,53	PM4
V956273319	0,28	EST	CR	173,00	10,81	10 461,98	105,05	82,09	32,17	2,11	PM4
V956273320	0,29	EST	CR	221,50	13,84	10 829,02	106,52	85,28	32,77	2,60	PM4
V11212480	0,87	EST	NO	-44,25	-2,77	2481,09	51,36	37,67	423,05	-1,17	PM4
V11212481	0,92	EST	NO	-56,25	-3,52	2 604,93	52,59	39,17	398,27	-1,44	PM4
II50001BFC22	0,78	EST	DC	-99,00	-6,19	201,26	13,18	11,72	83,78	-8,45	PM4
II70001GFC	1,29	ERR	NO	-5,25	-0,33	39,51	6,48	5,55	70,51	-0,95	PM4
IIRS1010	0,94	EST	DC	-80,25	-5,02	363,03	18,98	16,80	162,37	-4,78	PM4
IISR1	0,53	EST	NO	-44,25	-2,77	282,61	17,13	13,61	271,97	-3,25	PM4
P028101LFW	0,61	EST	NO	29,00	1,81	234,60	15,71	12,72	61,56	2,28	PM4
PFW20716	0,99	EST	NO	-7,27	-0,43	41,47	6,60	4,08	115,27	-1,78	PP3
L3074A2TRW	1,03	ERR	CR	7,80	0,46	89,57	9,74	6,58	37,61	1,19	PP3
PEV-559	0,48	EST	NO	-284,50	-16,74	46 471,13	221,54	165,50	43,70	-1,72	PP3
II30001GC	0,84	EST	NO	-34,70	-2,04	104,67	10,33	8,01	125,66	-4,33	PP3
II70001GC	1,09	ERR	NO	-6,40	-0,38	463,54	22,19	16,92	211,54	-0,38	PP3
IPROTE1KTO	0,73	EST	NO	-17,80	-1,05	633,93	25,93	20,69	91,44	-0,86	PP3
IT8021141	1,13	ERR	NO	-7,90	-0,46	331,77	18,77	14,11	83,03	-0,56	PP3
P861101-1R00	0,92	EST	NO	-2,20	-0,14	45,17	6,94	5,38	97,92	-0,41	PP4
PDW16915	0,71	EST	DC	-34,70	-2,17	149,07	12,41	9,92	218,94	-3,50	PP4
PFW26110	0,85	EST	DC	-58,40	-3,65	229,66	15,19	13,40	379,63	-4,36	PP4
L2010.21823Z	0,72	EST	NO	45,60	2,85	183,17	13,66	9,40	69,38	4,85	PP4
L965412113	1,11	ERR	NO	-7,50	-0,47	32,48	5,87	4,18	76,46	-1,79	PP4
V878204-2E020	1,10	ERR	NO	45,60	2,85	183,17	13,66	9,40	69,38	4,85	PP4

Tabla 3.10. Resumen del método de pronóstico seleccionado (continuación...)

SKU	CV	T D	T E	CFE	$\bar{E}$	MSE	$\sigma$	MAD	MAPE	TS	MÉT
PIC-1090	0,73	EST	NO	-954,90	-59,68	402 968,29	652,71	569,49	5 049,46	-1,68	PP4
P861101-4H010	0,90	EST	NO	19,05	1,12	23,61	4,88	4,07	94,61	4,68	SES
P952731369	1,73	ERR	NO	0,00	0,00	7,38	2,79	1,73	32,43	0,00	SES
PFW7581	0,52	EST	CR	-2,81	-0,17	10,92	3,39	2,73	60,87	-1,03	SES
PFW25319	0,69	EST	NO	13,39	0,79	71,75	8,67	6,80	54,02	1,97	SES
P028201LFW	0,91	EST	NO	2,46	0,14	105,91	10,57	7,56	93,76	0,33	SES
P1298A1LFW	0,81	EST	NO	-0,39	-0,02	35,48	6,12	4,46	188,75	-0,09	SES
P251801LFW	0,68	EST	NO	-10,72	-0,63	54,11	7,54	5,47	124,82	-1,96	SES
PFW26514	0,75	EST	NO	8,12	0,48	11,23	3,42	2,96	75,05	2,74	SES
P2765A1LFW	0,93	EST	NO	-73,79	-4,34	735,12	27,57	21,53	272,55	-3,43	SES
P280301LFW	0,68	EST	NO	-38,09	-2,24	90,57	9,56	7,97	128,75	-4,78	SES
P285101LFW	0,61	EST	NO	-3,06	-0,18	16,88	4,22	3,65	111,71	-0,84	SES
PDW15611	0,75	EST	NO	-20,17	-1,19	1 449,77	39,10	29,42	366,36	-0,69	SES
P307401LFW	1,14	ERR	CR	36,41	2,14	706,25	27,23	17,15	124,44	2,12	SES
P393101LFW	0,69	EST	NO	-1,55	-0,09	14,32	3,89	3,13	46,03	-0,50	SES
P5050B1LFW	1,05	ERR	NO	-11,27	-0,66	278,82	17,14	13,08	204,54	-0,86	SES
P524301LFW	0,77	EST	NO	104,19	6,13	998,98	31,98	24,98	333,17	4,17	SES
P559801LFW	0,75	EST	NO	12,52	0,74	18,32	4,34	3,50	50,81	3,58	SES
P563701LFW	0,92	EST	NO	4,95	0,29	26,99	5,33	3,80	134,51	1,30	SES
P572401LFW	0,89	EST	NO	-55,95	-3,29	233,89	15,42	12,70	232,69	-4,41	SES
P578901LFW	0,53	EST	NO	1,06	0,06	13,14	3,72	2,93	99,39	0,36	SES
P641101LFW	0,76	EST	CR	8,99	0,53	278,63	17,14	12,38	160,30	0,73	SES
P642701LFW	1,69	ERR	NO	0,30	0,02	48,56	7,16	4,64	78,22	0,07	SES
P861101-2B230	0,79	EST	DC	7,75	0,46	19,34	4,50	3,12	94,83	2,49	SES
P861101-2S060	0,86	EST	NO	42,38	2,49	146,87	12,24	9,73	157,36	4,36	SES
P861101-3W040	0,92	EST	CR	2,26	0,13	3,46	1,91	1,58	25,29	1,44	SES
P861101-3X160	2,06	ERR	NO	11,53	0,68	12,27	3,54	1,67	23,13	6,92	SES
PFW21612	0,71	EST	NO	-9,02	-0,53	60,91	8,00	5,05	93,82	-1,79	SES
PFW22112	0,88	EST	NO	-3,67	-0,22	43,09	6,74	5,88	148,50	-0,62	SES
PFW4831	0,51	EST	NO	-20,73	-1,22	39,24	6,34	5,34	167,81	-3,88	SES
PFW5011	1,33	ERR	CR	42,71	2,51	103,10	10,17	5,86	43,86	7,29	SES
PFW5491	1,73	ERR	NO	4,14	0,24	100,56	10,30	5,51	62,31	0,75	SES
PFW6151	0,99	EST	NO	12,87	0,76	405,11	20,67	16,83	342,45	0,76	SES
UU-4280	0,56	EST	NO	3831,00	225,35	1 851 140,1	1 382,4	951,5	87,56	4,03	SES
UD2100073-00	1,64	ERR	NO	4,21	0,25	5,03	3,72	1,22	15,36	3,46	SES
UD2100089-00	1,69	ERR	CR	-5,29	-0,31	1,96	2,21	0,72	46,34	-7,40	SES



**Tabla 3.10.** Resumen del método de pronóstico seleccionado (**continuación...**)

UI-70000IN003	1,51	ERR	NO	-56,66	-3,33	1390,40	62,15	18,51	77,98	-3,06	SES
UL9008001-00	1,86	ERR	NO	-48,43	-2,85	48,74	9,07	2,95	4,46	-16,40	SES
CIC-7617	0,26	EST	DC	-310,20	-18,25	14924,46	124,39	107,05	30,23	-2,90	SES
C69991	0,75	EST	NO	487,80	28,69	44262,24	214,54	160,12	69,92	3,05	SES
CIC-13177	1,50	ERR	CR	182,73	10,75	5512,20	75,64	45,41	41,01	4,02	SES
CIC-6617	0,65	EST	NO	588,42	34,61	1 822 426,3	1 386,60	792,28	72,48	0,74	SES
CIC-7215CC	0,31	EST	NO	-764,93	-45,00	111 458,4	340,50	246,86	30,80	-3,10	SES
L592,12824	0,89	EST	NO	20,33	1,20	228,92	15,51	12,30	129,21	1,65	SES
L592,12873	1,05	ERR	CR	25,17	1,48	58,17	7,72	5,51	98,45	4,57	SES
L8110,21875	1,40	ERR	CR	30,12	1,77	39,85	6,28	4,58	88,79	6,58	SES
L871102-2S020	0,94	EST	NO	-0,30	-0,02	17,70	4,32	3,28	49,55	-0,09	SES
L871102-4H070	1,04	ERR	NO	8,55	0,50	11,05	3,38	2,65	43,39	3,23	SES
LCOF00250GA	0,88	EST	NO	-19,26	-1,13	309,62	18,05	15,47	175,95	-1,24	SES
LFB43320	0,92	EST	NO	-5,46	-0,32	24,83	5,11	4,27	39,17	-1,28	SES
L11212282	0,34	EST	NO	50,89	2,99	25476,12	163,96	108,59	66,14	0,47	SES
L1404,21824	0,86	EST	NO	51,98	3,06	137,29	11,71	9,73	97,61	5,34	SES
L5008,21824	0,58	EST	NO	-122,53	-7,21	1027,74	32,26	25,28	446,85	-4,85	SES
L5248,21824	1,17	ERR	NO	4,93	0,29	53,50	7,51	5,97	115,44	0,83	SES
L565,12824	1,00	EST	NO	13,48	0,79	52,22	7,39	5,98	68,81	2,26	SES
V11240317	0,91	EST	NO	-87,29	-5,13	2633,59	52,51	41,96	378,60	-2,08	SES
VFQ39237	0,68	EST	NO	11,44	0,67	57,18	7,74	6,08	65,85	1,88	SES
VFQ39238	0,91	EST	CR	31,08	1,83	62,34	7,94	5,21	75,88	5,97	SES
V592,34573	1,77	ERR	DC	17,01	1,89	144,96	12,61	9,53	205,66	1,78	SES
V878204-2S010	0,94	EST	NO	-7,11	-0,42	5,48	2,37	2,04	40,24	-3,49	SES
PIC-13951	0,53	EST	NO	-559,99	-32,94	166 031,5	417,54	328,07	75,23	-1,71	SES
PIC-5190	0,38	EST	NO	783,72	46,10	461 391,4	696,58	535,61	54,27	1,46	SES
PEV-2297	0,42	EST	NO	-539,14	-31,71	61 707,13	253,55	182,73	64,67	-2,95	SES
II30001BC	1,05	ERR	NO	33,04	1,94	149,33	12,43	9,46	80,57	3,49	SES
II50001BC	1,05	ERR	NO	-3,70	-0,22	192,55	14,26	10,71	56,48	-0,35	SES
II50001GC	1,22	ERR	NO	-20,43	-1,20	228,13	15,48	11,72	78,24	-1,74	SES
IIMEGA16BC	1,56	ERR	NO	22,35	1,31	75,71	8,86	6,06	55,32	3,69	SES
IMETAL1FL100	0,82	EST	NO	21,74	1,28	209,53	14,83	12,34	38,75	1,76	SES
P279901LFW	0,80	EST	NO	-13,29	-0,70	44,45	6,81	5,24	121,24	-2,54	SET
PFW6631	0,98	EST	NO	-0,19	-0,01	314,59	18,22	12,53	181,60	-0,01	SET
UU-8380	0,56	EST	NO	82,27	4,33	5811,98	78,20	58,55	98,95	1,41	SET
CIC-6912	0,40	EST	CR	1428,5	75,19	176 242,65	424,34	275,20	26,20	5,19	SET
LGOE99254VA	0,81	EST	CR	21,20	1,12	23,30	4,82	4,02	53,69	5,28	SET

**Tabla 3.10.** Resumen del método de pronóstico seleccionado (**continuación...**)

SKU	CV	T D	T E	CFE	$\bar{E}$	MSE	$\sigma$	MAD	MAPE	TS	MÉT
V592,24573	1,78	ERR	DC	7,99	0,89	59,42	8,12	5,27	95,34	1,52	SET
PIC-3897	0,49	EST	CR	-2690,45	-141,60	748 990,40	877,17	660,85	3 038,08	-4,07	SET

T D = Tipo de Demanda T E=Tendencia

ERR=Errática

DC=Decreciente

PM3 y PM4=Promedio móvil 3 y 4 periodos

EST=Estacionaria

TEN=Tendencia

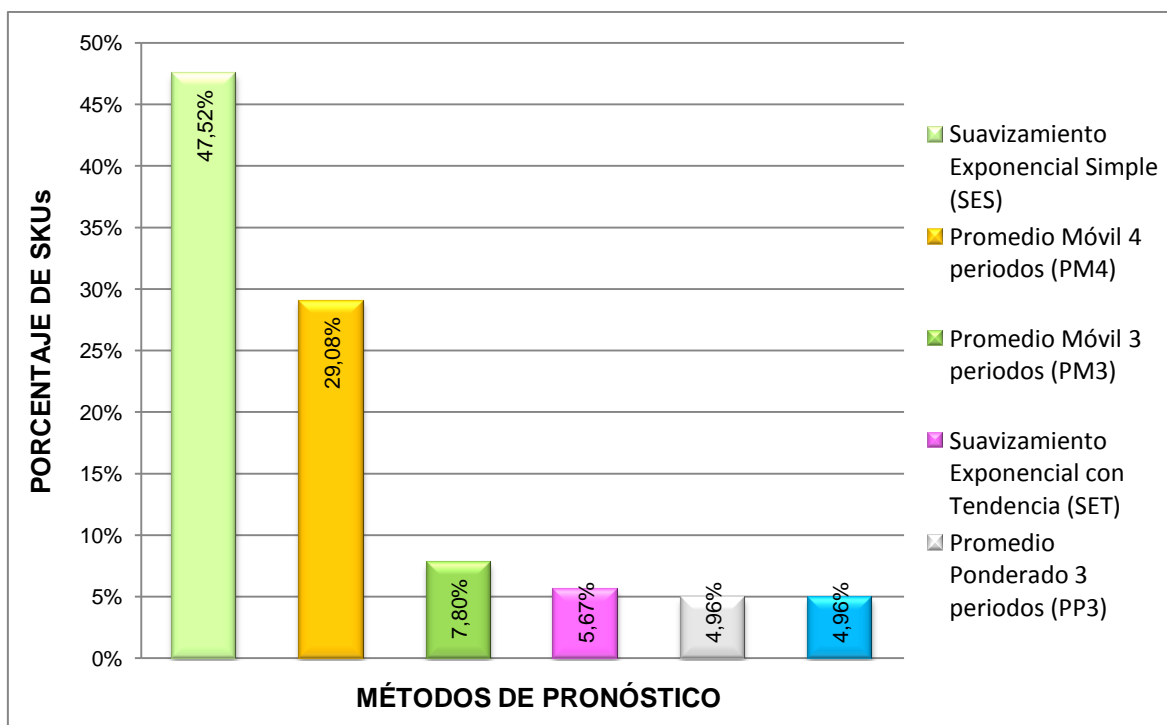
PP3 y PP4=Promedio ponderado 3 y 4 periodos

CR=Creciente

MÉT=Método

SES y SET=Suavizamiento exp. Simple y con tendencia

Durante la evaluación de las diferentes técnicas, no se encontró un método único que se considere el mejor para todos los SKUs evaluados, como se puede observar en detalle en la Tabla 3.10., la técnica de pronóstico seleccionada es específica para cada SKU. La selección realizada muestra una tendencia por determinado método de pronóstico, tal como se observa en la Figura 3.9.

**Figura 3.9.** Tendencia de selección de los métodos de pronóstico

El método de suavizamiento exponencial simple ocupa el primer lugar al momento de seleccionar el método de pronóstico, con un 47,52% del total de los SKUs

evaluados, seguido por el método de promedio móvil de cuatro periodos con 29,08% y con una poca participación del método del promedio ponderado con 4,96%, tanto para tres y cuatro periodos.

Algunos autores de literatura especializada, hacen ciertas sugerencias de los métodos que deberían utilizarse según el patrón de la demanda que se determine, según se muestra en la Tabla 3.11. Además, se manifiesta que esta sugerencia es una aproximación bastante cercana de los sistemas que usan pronósticos, pero que la decisión final al momento de seleccionar el método va a depender de las variables que tenga el sistema que se está evaluando.

**Tabla 3.11.** Los Sistemas de pronósticos y el patrón de demanda

<b>PATRÓN DE DEMANDA</b>	<b>SISTEMA DE PRONÓSTICO RECOMENDADO</b>
Perpetua o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Suavización exponencial doble
Demandas altamente correlacionadas	Métodos integrados de promedios móviles auto-regresivos (ARIMA)
Errática (Ítems clase A de bajo movimiento)	Pronóstico combinado de tiempo entre la ocurrencia de demandas consecutivas y la magnitud de las transacciones individuales

(Vidal, 2005, p.55)

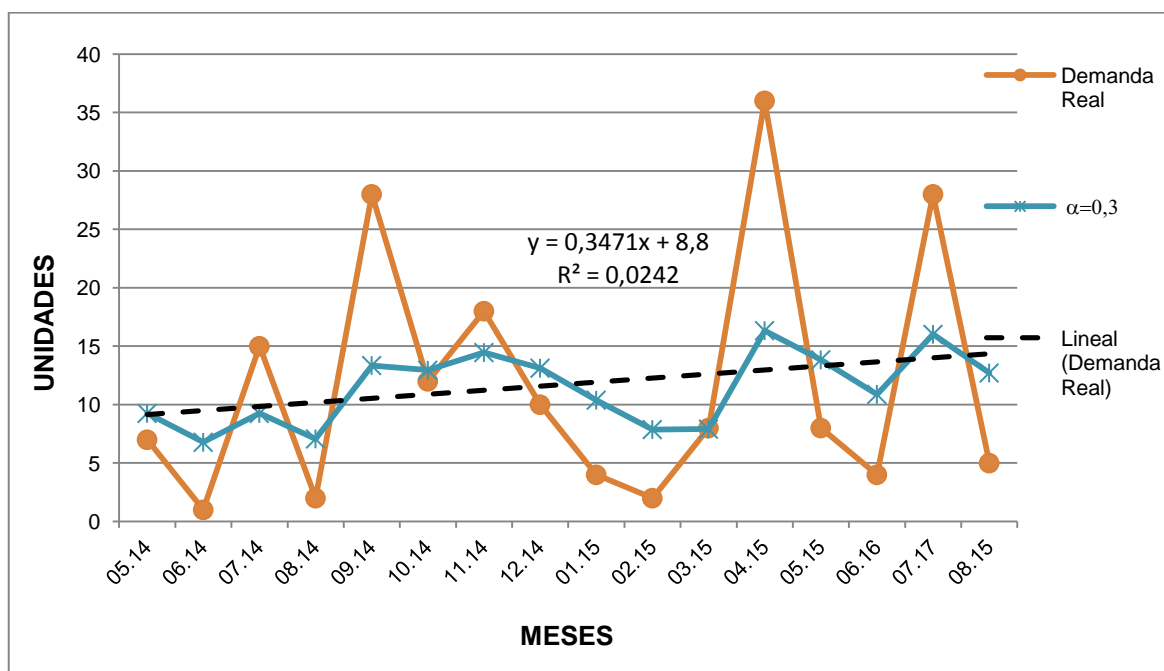
En nuestro caso de estudio los métodos de pronósticos mayormente seleccionados corresponden al promedio móvil y a la suavización exponencial simple, con un porcentaje entre ambos métodos del 83,69% de los SKUs evaluados, dejando al método de suavizamiento exponencial con tendencia con una participación del 6,38% del total de los SKUs.

Las gráficas de la variación entre la demanda real vs la demanda pronosticada con su respectiva línea de tendencia, así como la gráfica de la señal de rastreo con sus respectivos límites para cada SKU, se muestran el anexo magnético 1: Análisis de Pronósticos SKUs Clase A

En la Tabla 3.12., se muestran los SKUs que representan a cada familia de productos y que tienen el mayor porcentaje de aporte al volumen de ventas según la clasificación ABC y cuyas gráficas se muestran a continuación.

**Tabla 3.12.** Grafica de la demanda real vs. Demanda pronosticada – SKU por familia

FAMILIA	A1	A2	A3	A4	A9	A10	A11	B1
SKU	P86110 1-2S060	L11243248	V956273320	V11212480	PIC-2690	UU-4280	CIC- 7215CC	IISR1
ABC %	0,69%	4,63%	0,98%	0,19%	0,29%	3,08%	0,53%	0,67%
MÉTODO	SES	PM4	PM4	PM4	PM3	SES	SES	PM4
ALFA	0,3	-	-	-	-	0,3	0,9	-
CFE	42,3	546,5	221,5	-44,3	122,0	3 831,0	-764,9	-44,3
$\bar{E}$	2,5	34,2	13,8	-2,8	7,2	225,4	-45,0	-2,8
MSE	146,9	13 813,1	10 829,0	2 481,1	373 522,5	1 851 140,4	111 458,5	282,6
s	12,2	116,1	106,5	51,4	629,9	1 382,4	340,5	17,1
MAD	9,7	89,4	85,3	37,7	457,5	951,5	246,9	13,6
MAPE	157,4	19,8	32,8	423,0	36,2	87,6	30,8	272,0
TS	4,4	6,1	2,6	-1,2	0,3	4,0	-3,10	-3,25
FIGURA	3.10. & 3.11	3.12. & 3.13	3.14 & 3.15	3.16. & 3.17	3.18. & 3.19	3.20. & 3.21	3.22. & 3.23	3.24. & 3.25

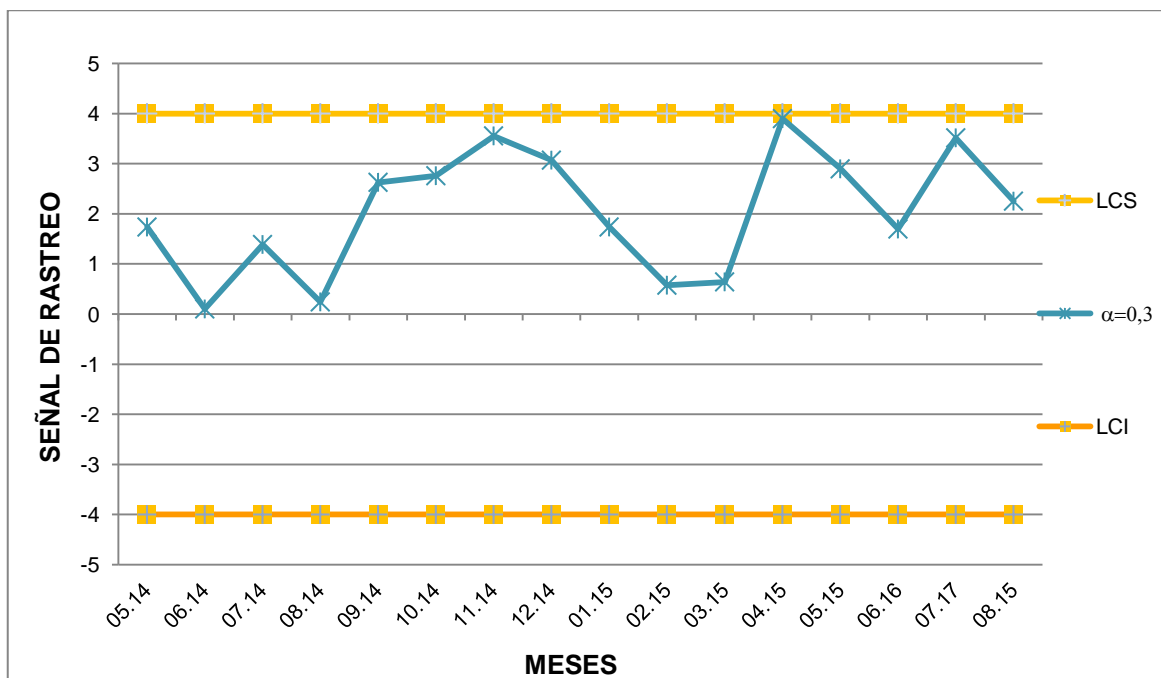


**Figura 3.10.** Método seleccionado SKU: P861101-2S060

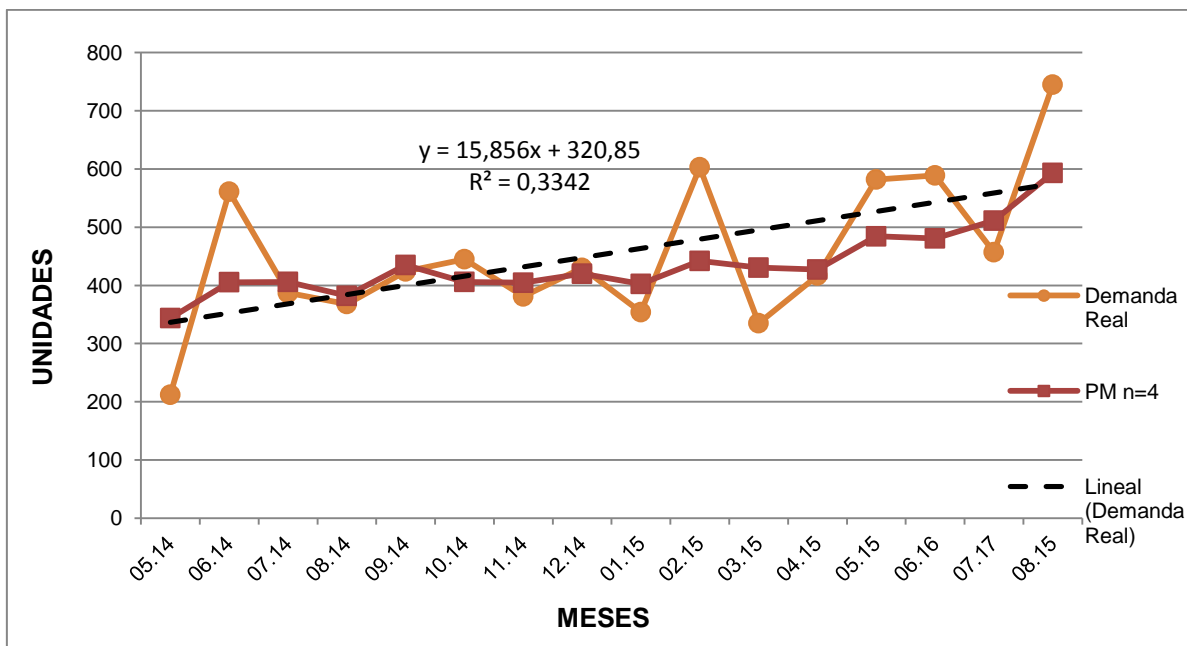
La Figura 3.10. muestra el comportamiento que tiene la demanda para un producto de la familia A1, este SKU tiene un coeficiente de variación igual a 0,86 lo que hace que se considere a esta variación como un patrón de demanda estacionaria.

Además en la figura se observa que no existe una tendencia definida y el método que mejor simula este comportamiento es el suavizamiento exponencial simple, el cual a pesar de no copiar de manera similar esta variación de la demanda es el método que presenta el menor error de pronóstico.

En la Figura 3.11. se compara las señales de rastreo generadas con los límites de control establecidos  $\pm 4$  MAD, esto se constituye en un complemento dentro de la realización de un pronóstico, el salir de estos límites hace que se deba hacer una revisión del método, la constante utilizada o a la forma en que se están realizando los pronósticos, para el caso del SKU: P861101-2S060, los valores de TS calculados se encuentran dentro de los límites, por lo que no se hace necesaria ninguna revisión.

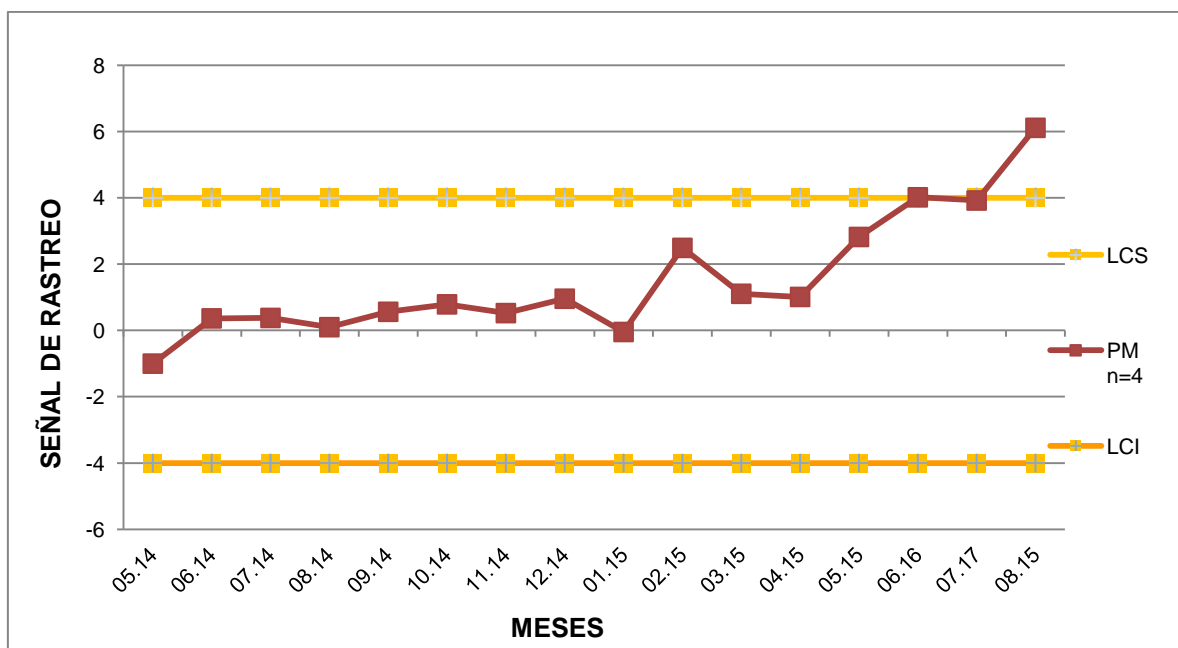


**Figura 3.11.** Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: P861101-2S060



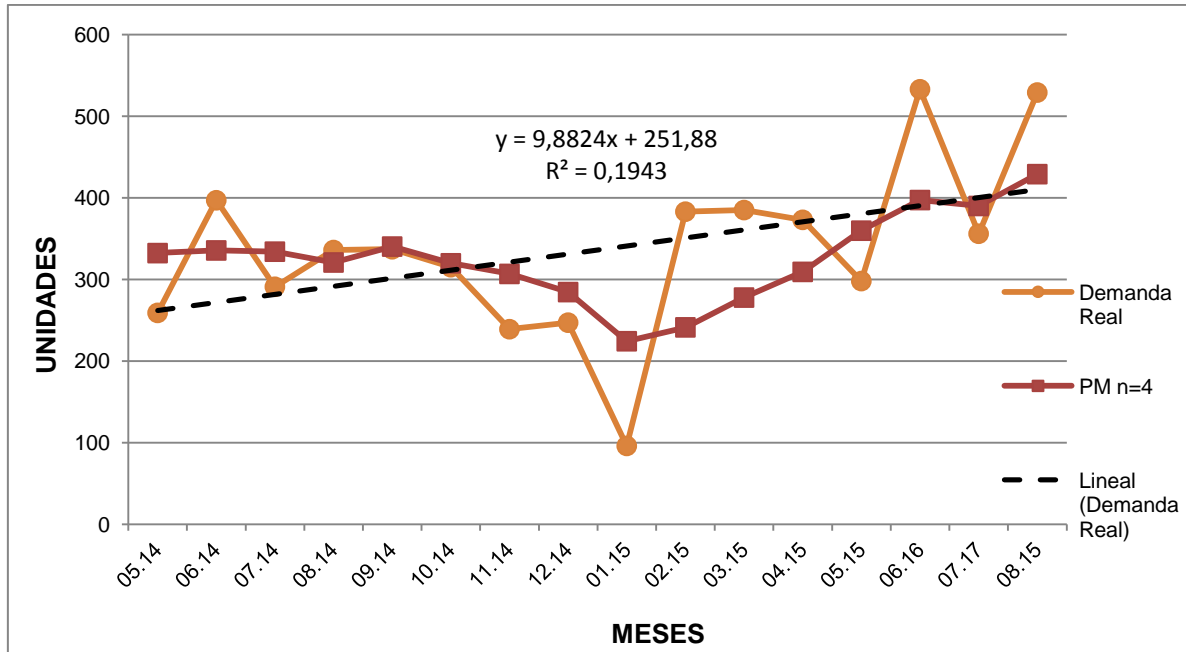
**Figura 3.12.** Método seleccionado SKU: L11243248

La Figura 3.12. muestra el comportamiento de la demanda del SKU: L11243248, con un coeficiente de variación de 0,29, su patrón de demanda es estacionaria con un patrón de tendencia creciente y el método seleccionado corresponde al promedio móvil ponderado de cuatro periodos.



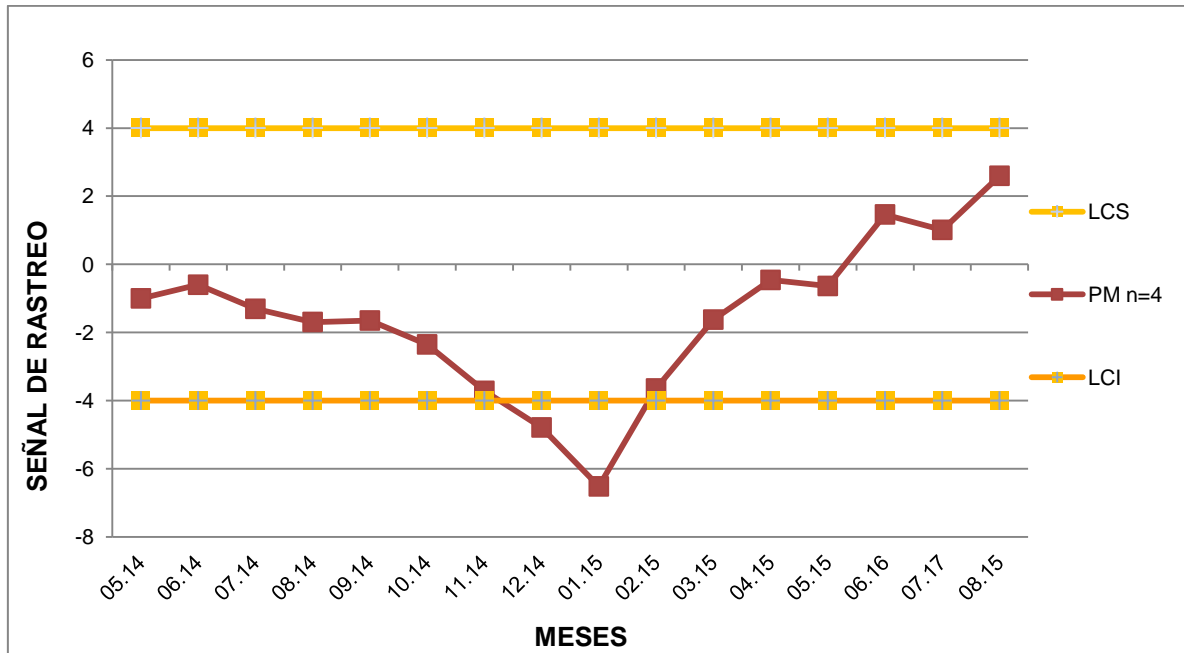
**Figura 3.13.** Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: L11243248

En la Figura 3.13. se muestra que existe un dato que esta fuera de los límites de control al realizar la gráfica de las señales de rastreo (TS), a pesar de seleccionar el método que presenta el menor error de pronóstico, esto hace que se deba revisar este dato puntual de la demanda o el proceso de obtención del pronóstico.



**Figura 3.14.** Método seleccionado SKU: V956273320

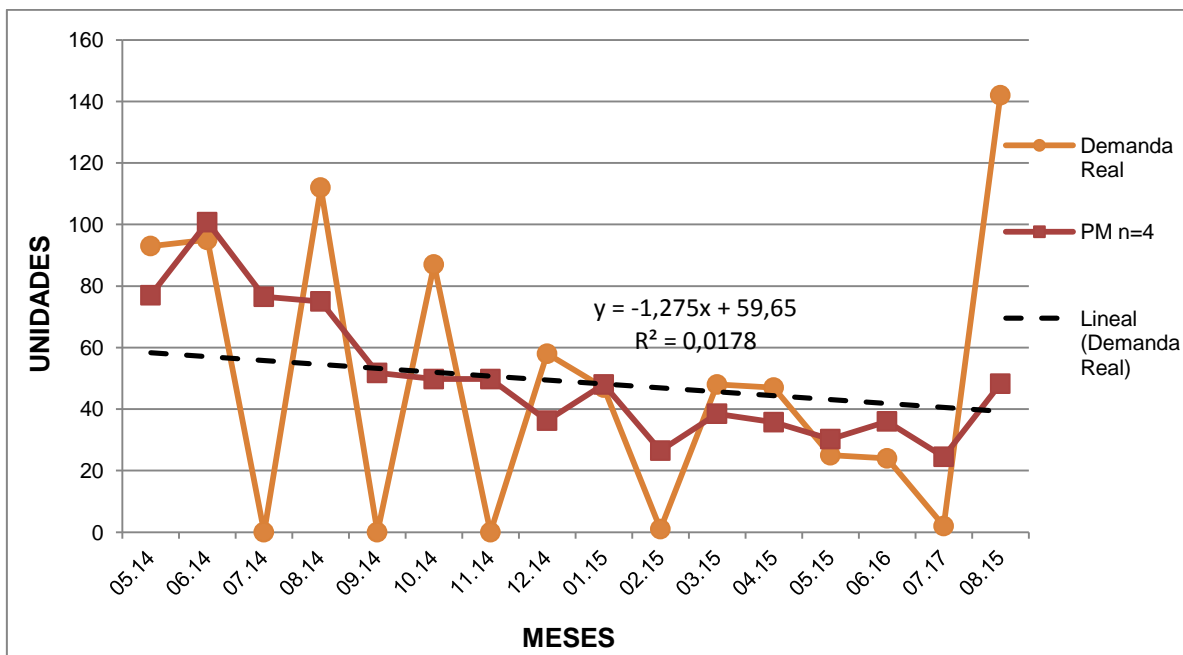
En la Figura 3.14. se puede observar que el SKU: V956273320 presenta un comportamiento de demanda estacionaria debido a que el coeficiente de variación es igual a 0,29, además presenta una tendencia creciente en su comportamiento y el método que presenta el menor error de pronóstico corresponde al promedio móvil ponderado de cuatro periodos, la relación de la demanda real vs la demanda pronosticada.



**Figura 3.15.** Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: V956273320

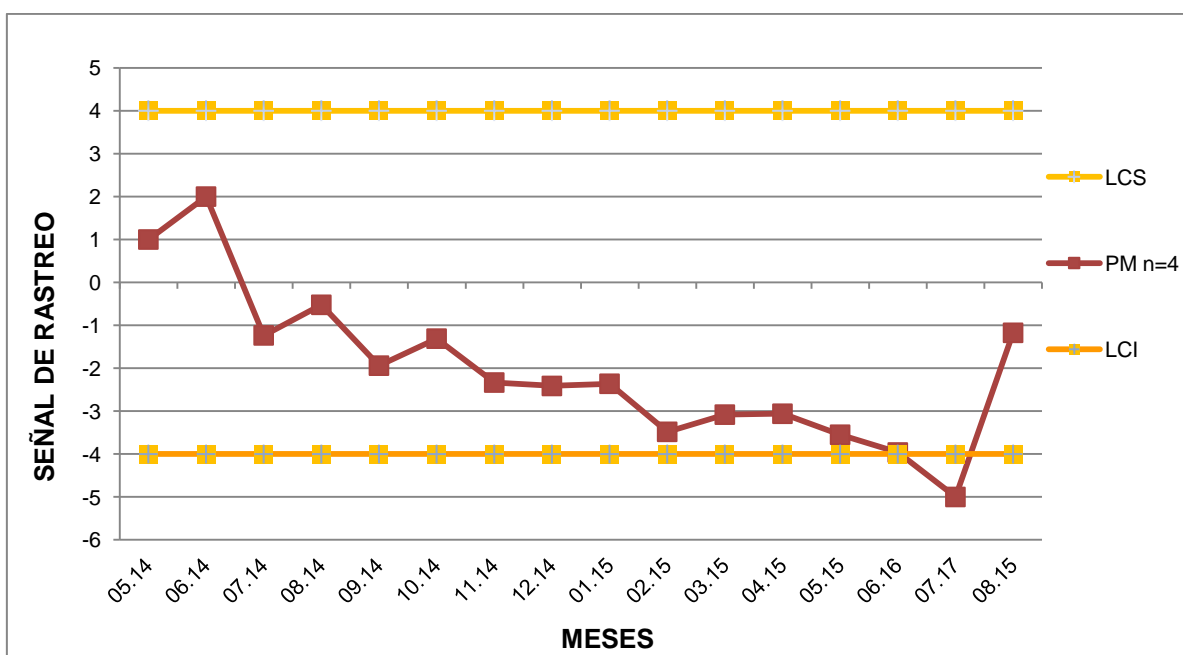
En la Figura 3.15. se observa que al realizar la gráfica de la señal de rastreo (TS) para el SKU: V956273320, existen dos valores que están fuera de estos límites, esto generó una alerta para que se revise todo el proceso del pronóstico de este SKU, pero al revisar no se encontró inconveniente alguno, si esto ocurriera en un proceso normal de control del pronóstico, el administrador es quien debe tomar la decisión de revisar o no el proceso.





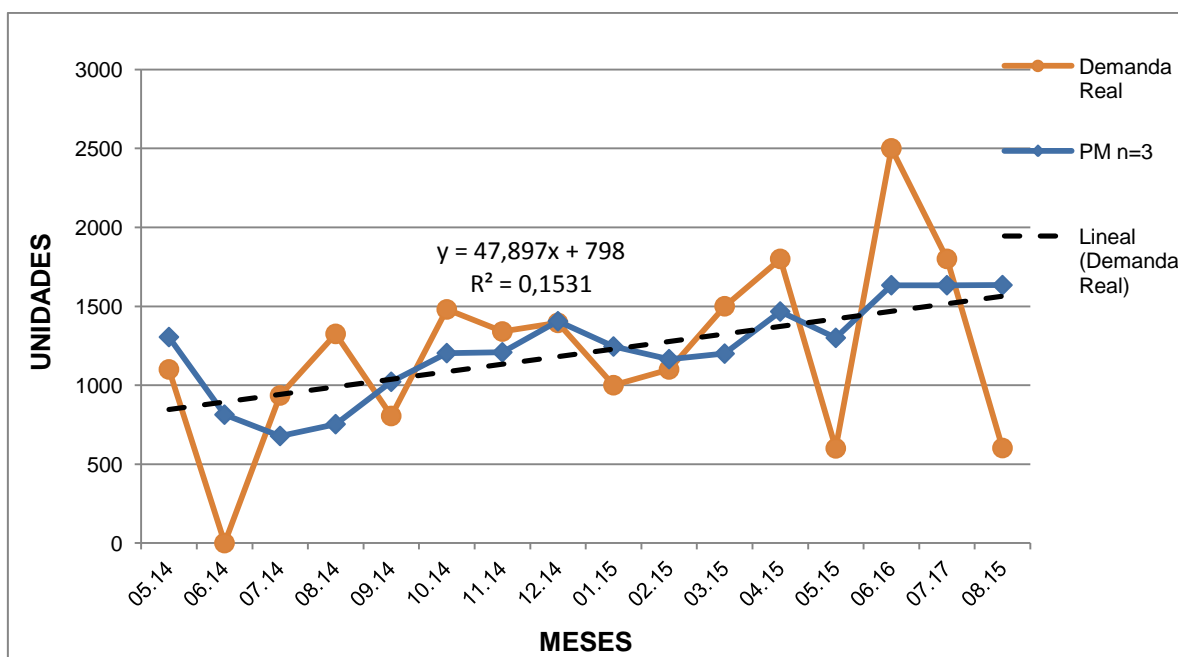
**Figura 3.16.** Método seleccionado SKU: V11212480

La Figura 3.16. muestra que el SKU: V11212480 presenta un patrón de demanda estacionaria, debido a que su coeficiente de variación es 0,87, no se evidencia un patrón de tendencia notorio al graficar los datos históricos de demanda, el método seleccionado corresponde a un promedio móvil de cuatro periodos.



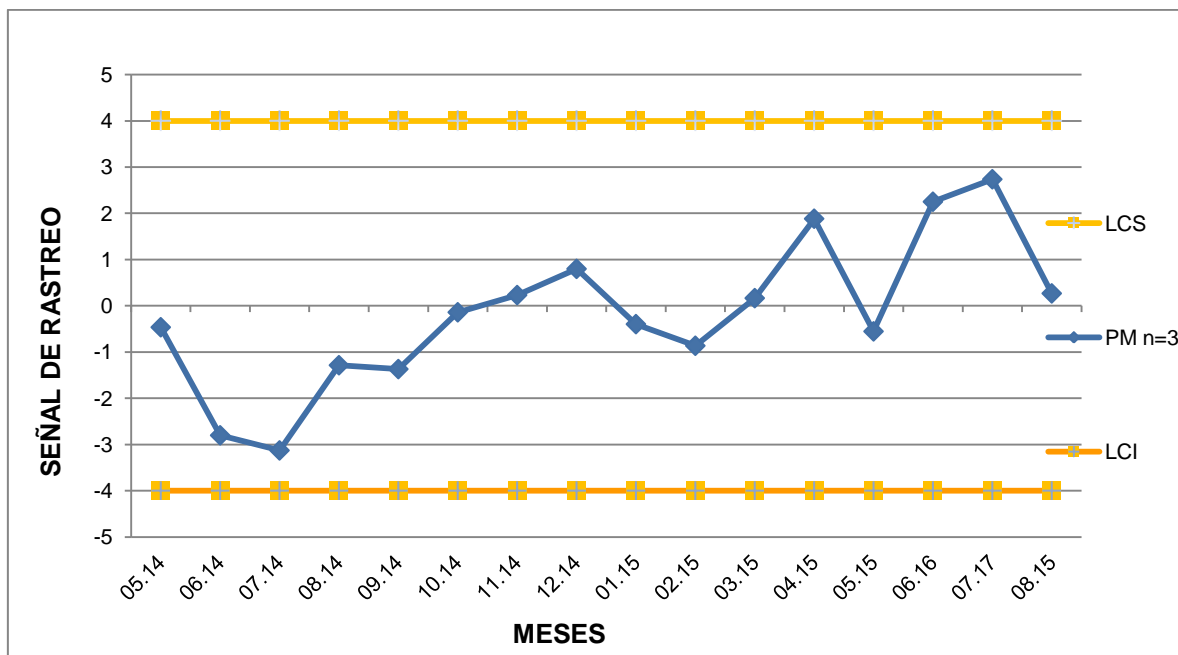
**Figura 3.17.** Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: V11212480

De la misma forma que los anteriores SKUs en la Figura 3.17. se muestra la gráfica de la señal de rastreo (TS) para el SKU: V11212480, observándose que existe un valor fuera de los límites, al igual que los casos anteriores se acepta los valores de pronóstico y el método seleccionado.



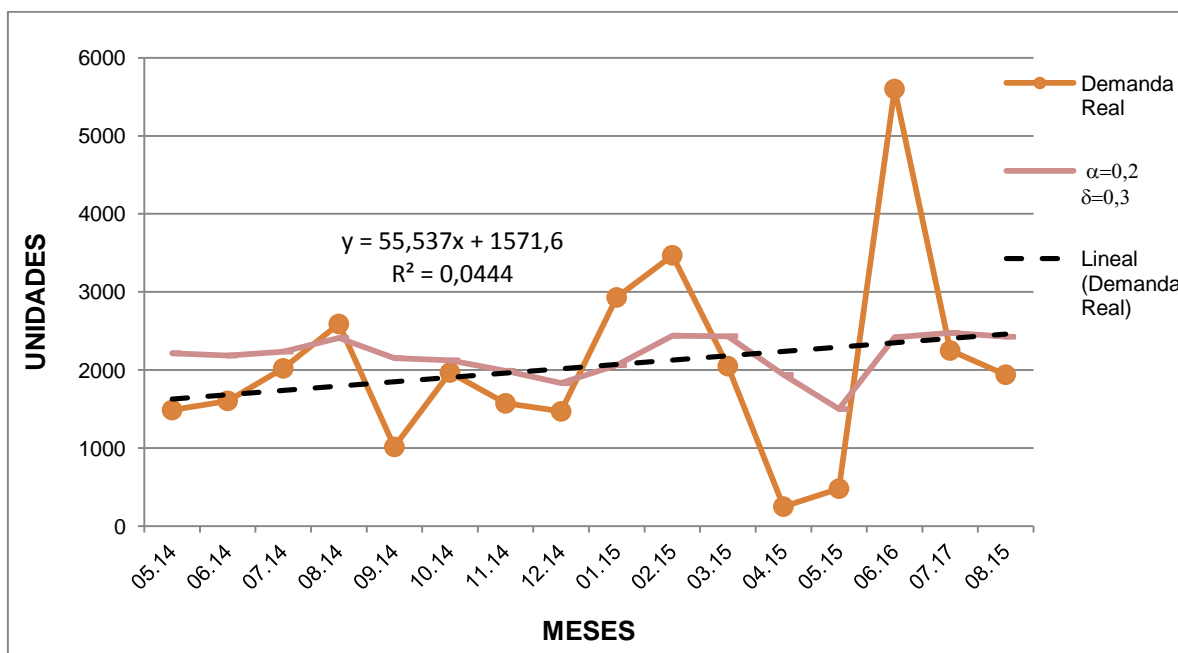
**Figura 3.18.** Método seleccionado SKU: PIC-2690

En la Figura 3.18. Se muestra el comportamiento que tiene la demanda para el SKU: PIC-2690, el mismo que presenta un patrón de demanda estacionaria con una tendencia creciente y con un método de pronóstico seleccionado que corresponde a un promedio móvil de 3 periodos.



**Figura 3.19.** Límite Superior e Inferior - Señal de rastreo (TS); SKU: PIC-2690

En la Figura 3.19. se muestra que las señales de rastreo (TS) se encuentran dentro de los límites de control. No se realizó ninguna revisión al proceso, por no considerar necesario.



**Figura 3.20.** Método seleccionado SKU: UU-4280

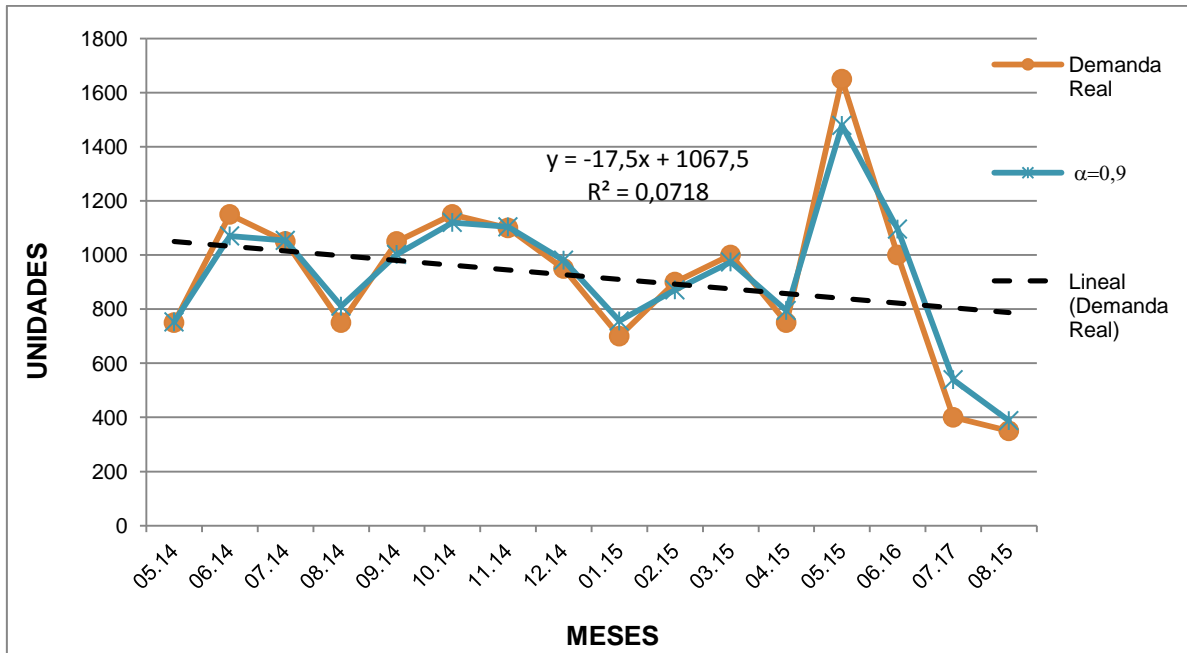


Figura 3.21. Método seleccionado SKU: CIC-7215CC

Los SKUs UU-4280, CIC-7215CC e IISR1, presentan comportamientos muy similares en cuanto a su patrón de demanda, la relación demanda histórica vs demanda pronosticada se muestra en las Figuras 3.20., 3.21. y 3.22.

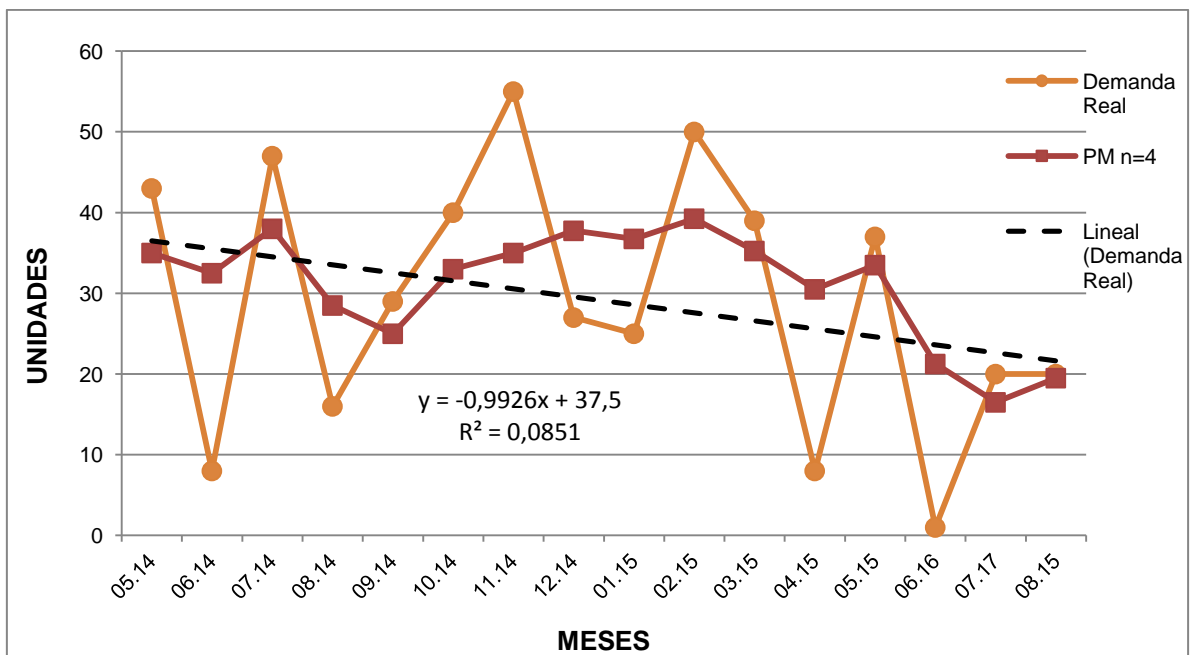
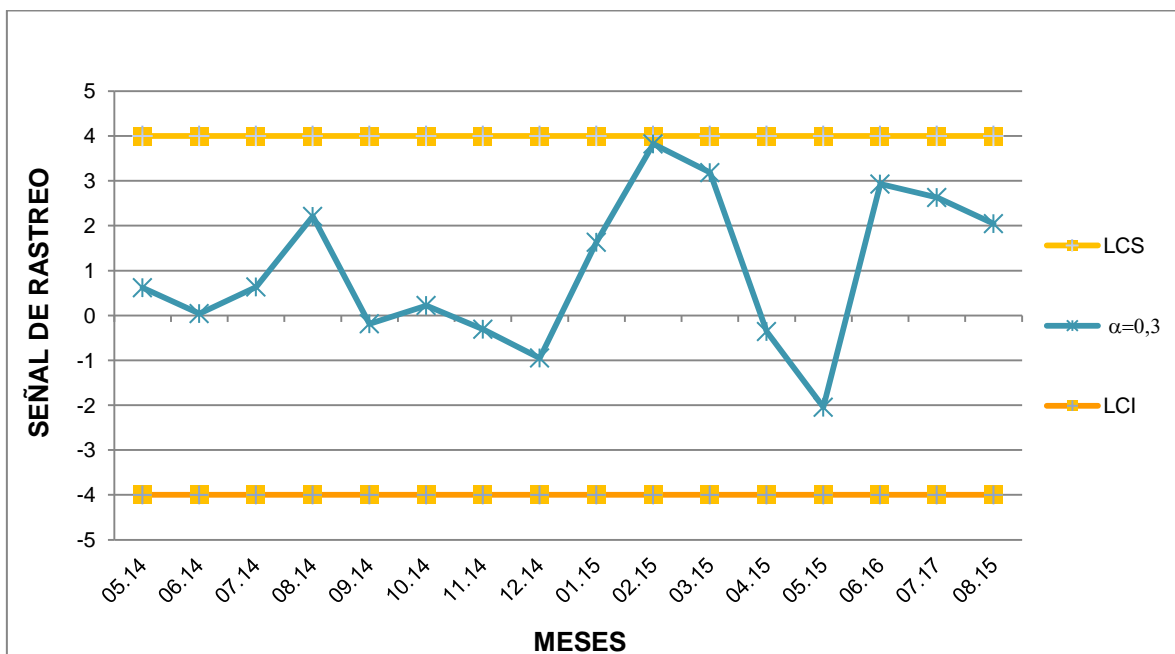
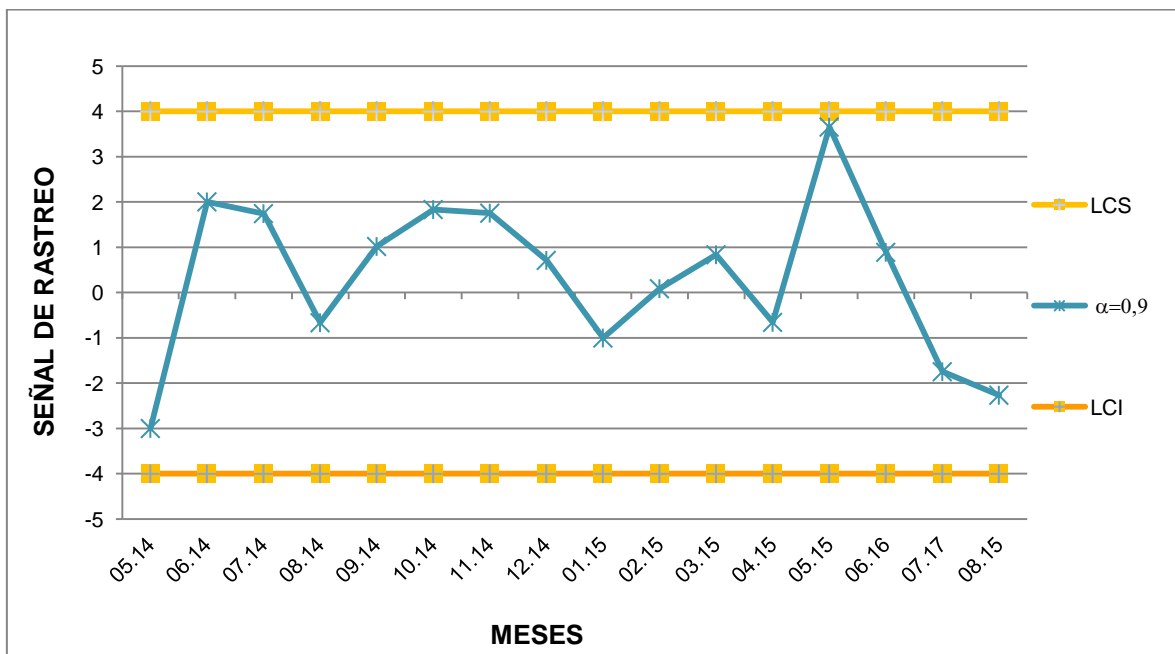


Figura 3.22. Método seleccionado SKU: IISR1

En las Figuras 3.20., 3.21. y 3.22. No se evidencia ninguna tendencia y el método de pronóstico seleccionado correspondió a un suavizamiento exponencial simple para los tres casos.

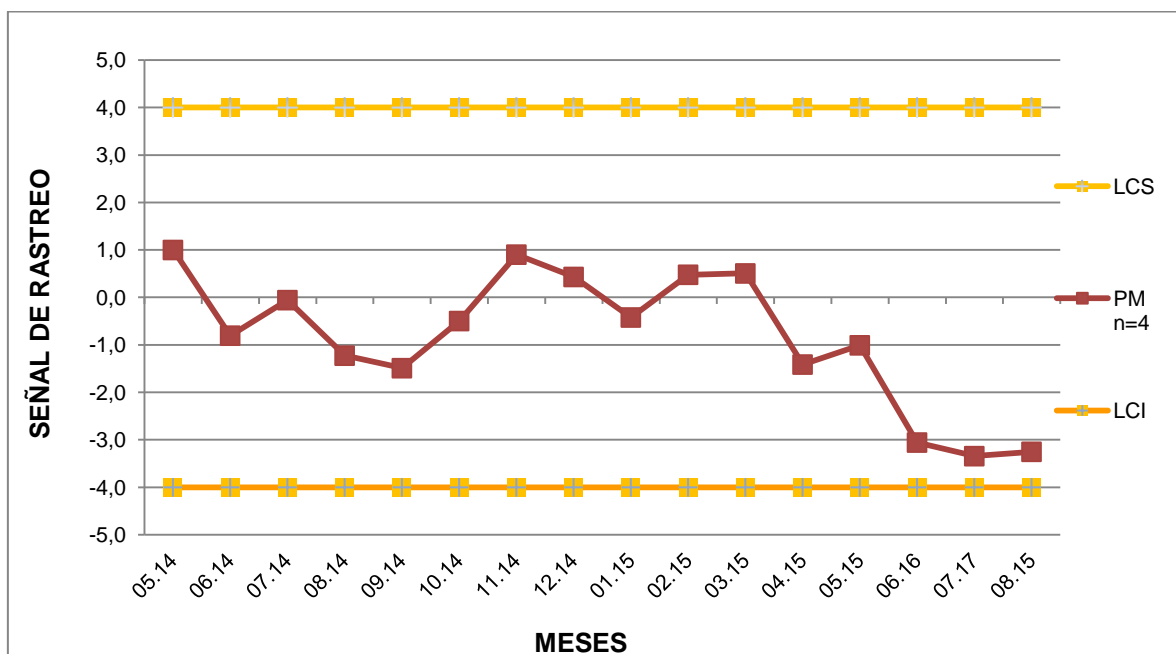


**Figura 3.23.** Límite superior e inferior - señal de rastreo (TS); SKU: UU-4280



**Figura 3.24.** Límite superior e inferior - señal de rastreo (TS); SKU: CIC-7215CC

Las señales de rastreo (TS) se encuentran dentro de los límites de control tal como se muestra en las Figuras 3.23., 3.24. y 3.25.



**Figura 3.25.** Límite superior e inferior - señal de rastreo (TS); SKU: IISR1

Para los productos UU-4280, CIC-7215CC y IISR1 cuyas graficas se muestran en las Figuras 3.23., 3.24. y 3.25. se acepta los valores de pronóstico y el método seleccionado debido a que los datos se encuentran dentro de los límites de control.

Es importante notar que a pesar de existir algunos SKUs con una tendencia creciente o decreciente, el método seleccionado en muchos casos corresponde a un promedio móvil o a la suavización exponencial simple, esto se debe porque no existe una tendencia bastante marcada en los datos que se utilizaron para la evaluación.

Lo mismo ocurre con el patrón de demanda, algunos SKUs tienen un patrón de demanda errática, pero su comportamiento al momento de evaluar los métodos de pronóstico, es similar a un patrón de demanda uniforme debido a que el coeficiente de variabilidad no es muy elevado y está muy cercano a los valores que corresponden a una demanda uniforme.

El análisis de la demanda pronosticada, obtenida a través de cualquiera de los métodos seleccionados, es la función más importante de los administradores del sistema de pronósticos, porque a medida que se van obteniendo nueva información sobre la demanda real, se puede comparar la demanda pronosticada con la demanda real para realizar una retroalimentación al sistema con el fin de corregir si es el caso y volver a evaluar su desempeño.

Si el desempeño no es aceptable para los objetivos de la empresa, es necesario volver a redefinir los parámetros del modelo de pronósticos utilizado actualmente o se debe volver a seleccionar un nuevo modelo, pero si el desempeño es aceptable se realizan los pronósticos requeridos.

Debido a que la previsión de la demanda constituye el pilar fundamental en la administración de los inventarios, es importante que los métodos de pronósticos y los parámetros asociados a estos métodos, se deban revisar de forma continua por las variaciones que puede experimentar la demanda, debido a cambios en el mercado o preferencia de los clientes.

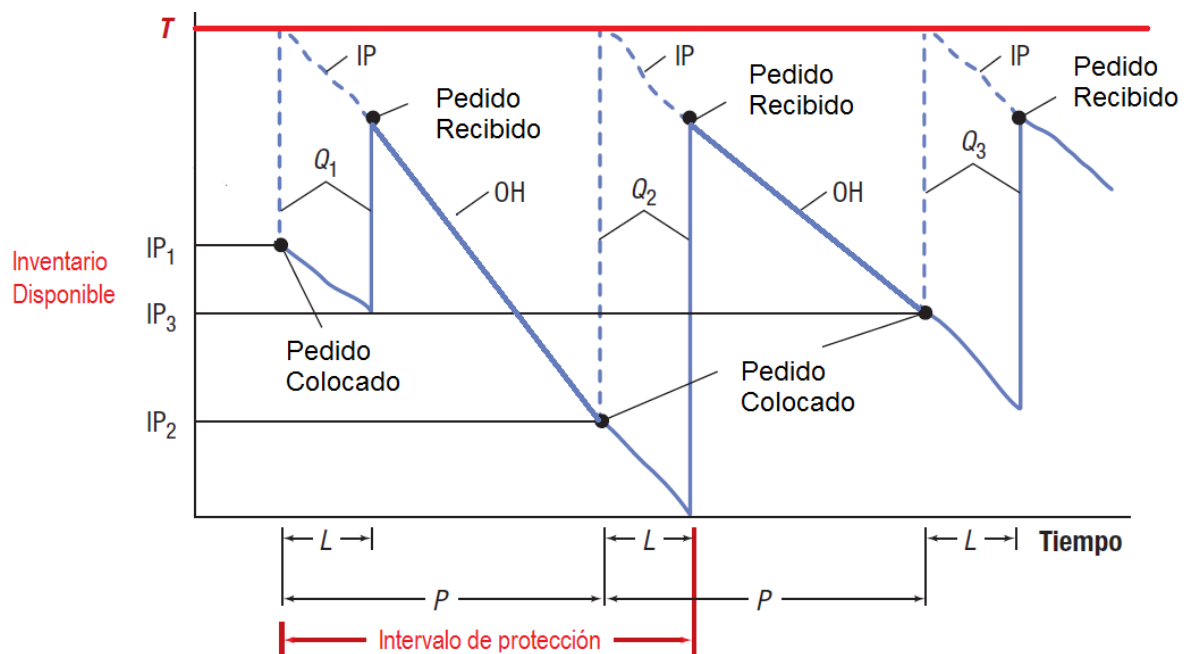
### **3.3. SELECCIÓN DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO**

Dentro de la definición del modelo de administración del inventario, el sistema de revisión periódica fue seleccionado porque el inventario se revisa de forma periódica y no en forma continua, esto es debido a la política comercial que tiene la empresa con sus proveedores y a las restricciones internas propias de la organización, las mismas que fueron ya citadas en el numeral 2.3.2.

Además, un mismo proveedor comercializa muchos productos, y para el transporte de las mercancías se lo debe hacer previa una consolidación de

productos, de manera que se pueda llegar a consolidar como mínimo un contenedor de 20 pies, aunque lo ideal es llegar a uno de 40 pies.

Las restricciones a lo interno de la empresa, se convirtieron en un factor limitante para poder seleccionar otro modelo, mediante el sistema de revisión periódica se va a revisar el inventario en periodos fijos y en cada revisión se va a ordenar una cantidad que permita llegar a un nivel de inventario previamente fijado. El proceso a utilizarse es el que se muestra en la Figura 3.26.



**Figura 3.26.** Sistema P cuando la demanda es incierta  
(Krajewski, et al., 2008, p. 484)

### 3.4. INDICADORES DE GESTIÓN

Para evaluar la situación actual de la empresa en estudio se desarrolló el cálculo de los indicadores de gestión que permitan evidenciar esta situación, tomando como base los datos disponibles al interior de la empresa para el año 2014 y/o el año 2015 (enero ~ agosto), según aplique.



### 3.4.1. ROTACIÓN DEL INVENTARIO (RI)

Para el cálculo de este indicador se utilizó como información las ventas generadas en el año 2014, las mismas que fueron calculadas a precio de costo para el desarrollo de este indicador. Además, se utilizó el valor promedio del inventario agregado en el periodo analizado, toda esta información requerida fue suministrada por el departamento de contabilidad de la empresa en estudio.

En el cálculo de este indicador de rotación del inventario toma en cuenta a los 141 SKUs categorizados como clase A y sujetos a la realización de un pronóstico, tal como se describió en el numeral 2.2.2.2., esto con el propósito de realizar un comparativo con los valores obtenidos luego de la implementación del modelo de gestión del inventario, el cual tiene como eje principal a estos materiales.

El cálculo de este indicador se realizó utilizando la ecuación [1.36] y los resultados obtenidos para este indicador se muestran en la Tabla 3.13.

**Tabla 3.13.** Rotación del inventario SKUs clase A con control de Inventario – año 2014

Ventas anuales al costo (\$)	2 452 288,3
Inventario Medio disponible (\$)	772 762,9
Rotación del Inventario	3,2

(Dicomvissek Cia. Ltda.)

### 3.4.2. EXACTITUD DEL INVENTARIO (EI)

Como parte de este estudio se realizó un inventario físico en septiembre 2015 a los materiales categorizado como clase A, utilizando la ecuación [1.37] se procedió a calcular este indicador, obteniendo el resultado que se muestra en la Tabla 3.14.

**Tabla 3.14.** Cálculo de la exactitud de inventario SKUs clase A – Septiembre 2015

Valor de la diferencia (\$)	1 186
Total Inventario Físico (\$)	1 035 152,91
Exactitud del Inventario	0,11%

(Dicomvissek Cia. Ltda.)

**3.4.3. ÍNDICE DE OBSOLESCENCIA (IO)**

Este índice se determinó a partir de la información suministrada por la empresa, en lo que se refiere a los SKUs que presentan deterioro físico, daño, caducidad, mucho tiempo de permanencia en el inventario sin rotación.

El cálculo de este índice se realizó para el año 2014, utilizando la ecuación [1.39] en donde se incluyó a todos los SKUs que maneja la empresa tal como se muestra en la Tabla 3.15.

**Tabla 3.15.** Índice de obsolescencia total SKUs – año 2014

Inventario Obsoleto (\$)	19 702,14
Total de Inventario (\$)	1 179 453,64
Índice de obsolescencia	1,7%

(Dicomvissek Cia. Ltda.)

En lo que va del año 2015 (enero ~ agosto), con la ayuda del método de clasificación ABC, se identificó los materiales que se encuentran obsoletos y que podrían considerarse para el cálculo de este indicador hasta la fecha, el mismo que se muestra en la Tabla 3.16. Este valor puede variar al final del año por efecto del cambio de las variables que intervienen en la ecuación.

**Tabla 3.16.** Índice de obsolescencia total SKUs – año 2015 (enero ~ agosto)

Inventario Obsoleto (Dólares)	21 892,9
Total de Inventario (Dólares)	1 351 699,0
Índice de obsolescencia	1,6%

(Dicomvissek Cia. Ltda.)

**3.4.4. FILL-RATE (FR)**

Al no contar actualmente la empresa en estudio, con un indicador que mida el nivel de servicio que se entrega al cliente, y el solo contar con estimaciones realizadas al interior de la empresa que indicaban que el Fill-rate se encontraba alrededor del 90%, aproximadamente.

Como una medida alternativa para corroborar esta información se procedió a registrar los faltantes de producto por dos meses consecutivos, con el objetivo contar con otros valores que refuercen las estimaciones obtenidas en la empresa sobre el Fill-rate se está entregando actualmente a sus clientes.

Estos valores fueron registrados por familia de productos, a lo largo de los dos meses de evaluación, periodo en el cual se registró las ventas no realizadas por falta de inventario, y se obtuvo los resultados que se muestran en la Tabla 3.17.

En la misma Tabla 3.17. Se observa que los materiales que pertenecen a la familia de productos, B3 y B4 tienen un Fill-Rate del 100%, esto se debe a que su reaprovisionamiento se lo realiza a partir de una orden previa de pedido realizada por el cliente, Mientras que el resto de familias tienen valores que promedian el 92,2% de Fill-rate.

**Tabla 3.17.** Fill-Rate estimado por familias - año 2014

FAMILIA	VENTAS (UNIDADES)	DEMANDA	FILL-RATE (%)
A1	1 151	1 286	89,50%
A2	3 500	3 855	90,79%
A3	2 137	2 281	93,69%
A4	329	359	91,64%
A9	9 483	10 293	92,13%
A10	4 816	5 265	91,47%
A11	10 365	11 061	93,71%
B1	339	358	94,69%
B3	784	784	100,00%
B4	64	64	100,00%

(Dicomvissek Cia. Ltda.)

Uno de los objetivos que tiene este proyecto, es mejorar en forma general el nivel de servicio (Fill-rate) que proporciona la empresa a sus clientes, esto se logra a través de establecer un equilibrio entre el nivel de servicio de ciclo deseado y los costos asociados al inventario por concepto de mantener un inventario de seguridad que permita cumplir con este nivel de servicio.

### **3.5. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO**

En la práctica la implementación del modelo de administración del inventario no resulto muy fácil debido a las limitantes encontradas, comenzando por la falta de información que existía al interior de la empresa así como por la disponibilidad de recursos requeridos en este proceso.

La implementación del modelo de administración de inventarios comienza con la clasificación ABC de sus productos, para priorizar el control de los artículos clase A dentro de este modelo, seguido de la selección y aplicación del método de

pronóstico y posteriormente el establecimiento del modelo de inventarios mediante el sistema de revisión periódica para finalmente concluir con la puesta en marcha de los indicadores que me permitirán medir la eficiencia y eficacia del modelo que está siendo implementado.

Previo a la implementación del modelo de inventarios se realizó un proceso de simulación del modelo con el fin de analizar el desempeño del sistema y evaluar cambios, optimizar variables, comparar alternativas que permitan que el sistema una vez implementado en la realidad genere los resultados esperados.

### **3.5.1. RESULTADOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

En la actualidad la empresa en estudio no utiliza ningún método formal basado en algún modelo matemático, ni estructurado que permita tomar decisiones de ¿cuánto pedir? y ¿cuándo pedir? de cada producto para reabastecer el inventario, al contrario se basa en la experiencia y el conocimiento de quien administra los inventarios.

La empresa en estudio maneja 18 familias de productos de las cuales, tres no requieren un manejo del inventario (B3, B4 y B6) ya que su reabastecimiento de inventario se lo realiza previo a un pedido del cliente, para el resto de familias de productos el abastecimiento y control del inventario está muy relacionado con la demanda existente.

Los pedidos que se realizan a los diferentes proveedores tienen que acoplarse al esquema definido por ellos, y a la consolidación de productos que se realiza. Esto ocasionaba que los pedidos fueran realizados de manera indistinta en el tiempo, es decir en algunos periodos se realizaba de manera mensual, otros bimensuales y en muchos de los casos para optimizar el costo logístico de mercancías se lo hacía de manera trimestral.

Se privilegiaba el posible ahorro que se podía obtener en la logística externa, pero no se consideraba las repercusiones en los costos anuales del inventario y el valor promedio del inventario agregado, esto sin considerar el Fill-rate que se entrega al cliente final que actualmente se sitúa en 92,20% para los productos Clase A, sujetos al control del inventario.

Según información proporcionada por el gerente de la empresa en estudio al final del periodo del año 2014 registro un inventario de \$1 179 453,64, con un valor promedio de inventario agregado de \$900 268,8 y un costo anual de inventario de \$140 972,7 por año, Estos valores consideran a todos los SKUs que se manejaron en este periodo.

Pero como nuestro estudio basa su análisis principal en los productos clase A, sujetos a control de inventario, según la clasificación ABC realizada. Los valores determinados para este caso son los que se muestran en la Tabla 3.18.

**Tabla 3.18.** Métricas e indicadores de gestión, SKUs clase A sujetos a control de Inventario - año 2014

<b>Variables Evaluadas</b>	<b>Año 2014</b>
Costo Total anual del inventario	124 528,2
Valor promedio del Inventario agregado	772 762,9
Fill-Rate	92,20%
Rotación del Inventario	3,2

(Dicomvissek Cia. Ltda.)

### **3.5.2. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS**

La aplicación de un modelo de simulación resulto de mucha utilidad para evaluar el comportamiento del modelo de administración de inventarios que fue implementado dentro de la empresa en estudio bajo las condiciones y variables que fueron definidas dentro del modelo.

La simulación realizada jugó un rol fundamental a la hora de determinar la robustez del modelo y los parámetros seleccionados, permitiendo evaluar la sensibilidad que tiene el modelo frente a los cambios en los parámetros elegidos.

La simulación permitió realizar el análisis del sistema de revisión periódica implementado bajo diferentes escenarios de nivel de servicio y del tiempo de revisiones con el fin de evaluar el comportamiento del modelo en base al costo total anual del inventario, Valor promedio del inventario agregado, Fill-rate y rotación del inventario.

Al utilizar una demanda aleatoria, la simulación permitió realizar una serie de análisis estadísticos al correr varias réplicas del modelo y permitir comparar de una manera cuantitativa el modelo de revisión periódica bajo diferentes niveles de servicio que la empresa puede ofrecer.

El objetivo de evaluar bajo diferentes niveles de servicio es llegar a un equilibrio entre la maximización del nivel de servicio al cliente, en términos de disponibilidad de producto cuando el cliente lo requiera y la minimización del costo que implica la compra y el manejo del inventario.

En este capítulo, se procederá al análisis de los resultados una vez que se ha realizado la simulación de modelo de inventario basado en el sistema de revisión periódica, la cual comienza por simular la demanda por cada mes, con base en una distribución previamente definida.

La simulación de la demanda se realizó en base al método Montecarlo, asignando a números pseudo-aleatorios generados mediante el programa Microsoft Excel, valores de demanda en función de la distribución de probabilidades desarrollado con base a la demanda real disponible.

El método asigna un intervalo de números pseudo-aleatorios a un valor de demanda, de tal manera que la probabilidad de generar un número pseudo-aleatorio sea igual a la probabilidad del valor de demanda.

A partir de los valores de demanda simulada que se obtuvieron, se realizó la evaluación del modelo bajo diferentes escenarios de revisión del inventario (P) y del nivel de servicio (NS), para cada SKU definido en el modelo, obteniéndose como resultado el Costo total anual del inventario (C), el Fill-rate (FR), la Rotación del Inventario (RI) y El valor promedio del Inventario agregado

### 3.5.2.1. Costo Total Anual del inventario

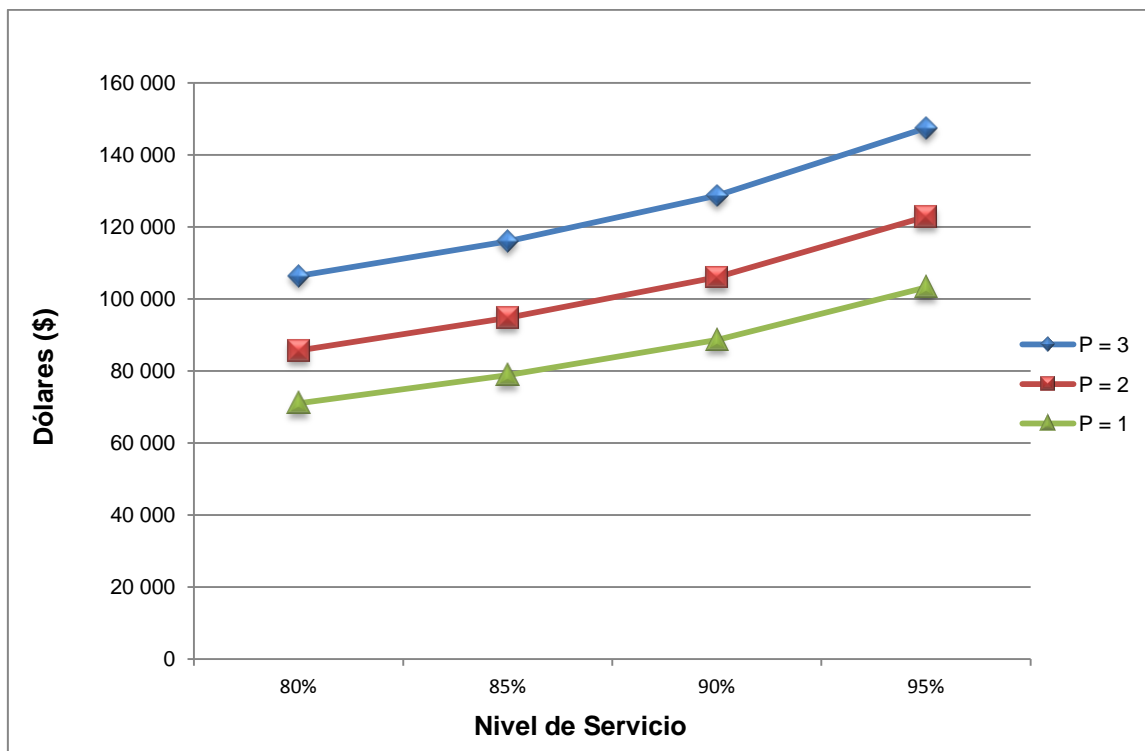
A través de la simulación se calculó el costo total anual que implica manejar el inventario por un año para cada SKU, utilizando un periodo de revisión de tres, dos y un mes; con un nivel de servicio del 80%, 85%, 90% y 95%. El resumen de los resultados parciales se muestra en el Anexo III Tabla A3.1. y la simulación de cada SKU se muestra en el Anexo Magnético 1: Simulación SKUs clase A

En la Tabla 3.19. Se muestra el resultado final obtenido al sumar los resultados parciales de cada uno de los 141 SKUs, que forman parte principal de este modelo de administración de inventarios al simular con tiempos de revisión  $P = 3$ ,  $P = 2$  y  $P = 1$ . Se complementa este análisis con la gráfica de los resultados, los mismos que se muestran en la Figura 3.27.

**Tabla 3.19.** Costo Total anual del inventario calculado a partir de la simulación del modelo de revisión periódica implementado

	<b>Costo Total anual del inventario (\$)</b>			
P = 3	106 427,9	116 036,5	128 694,8	147 456,3
P = 2	85 719,8	94 718,1	106 040,1	122 820,9
P = 1	71 047,9	78 840,6	88 645,7	103 178,3
Nivel de Servicio	80%	85%	90%	95%





**Figura 3.27.** Costo total anual del inventario

En la simulación realizada se puede evidenciar que el costo total anual del inventario se ve influenciado por el nivel de servicio, a medida que subimos el nivel de servicio también sube el costo anual de inventario, tal como se muestra en la Figura 3.27.

Para un tiempo de revisión  $P = 3$ , el costo anual de inventario con un nivel de servicio del 80% es igual a \$106 464,3 por año; y para valores de NS de 85%, 90% y 95% sufren un incremento del 9,02%, 10,90% y 14,57% respectivamente para cada uno de los niveles de servicio, llegando a cuantificarse que para variar del 80% al 95% el nivel de servicio se requiere incrementar el costo en un 38,52%

Lo mismo ocurre para un tiempo de revisión  $P = 2$ , donde un nivel de servicio del 80%, genera un costo anual de inventario de \$85 739,5 por año, con incrementos del 10,49%, 11,95% y 15,82% para llegar a niveles de servicio del 85%, 90% y 95% respectivamente. Para pasar de un NS de 80% al 95% el incremento en el costo es del 43,25% con un valor de \$122 823,5 por año.

Para un tiempo de revisión  $P = 1$ , se tiene un efecto similar que las revisiones anteriores con un costo anual del inventario de \$71 051,2 con un incremento del 45,20% para pasar de un nivel de servicio del 80% al 95%.

Después del análisis se concluye que el tiempo de revisión que genera el menor costo anual del inventario, en los niveles de servicio analizados corresponde al tiempo de revisión  $P = 1$ , es más conveniente realizar ordenes de pedido con un reabastecimiento mensual.

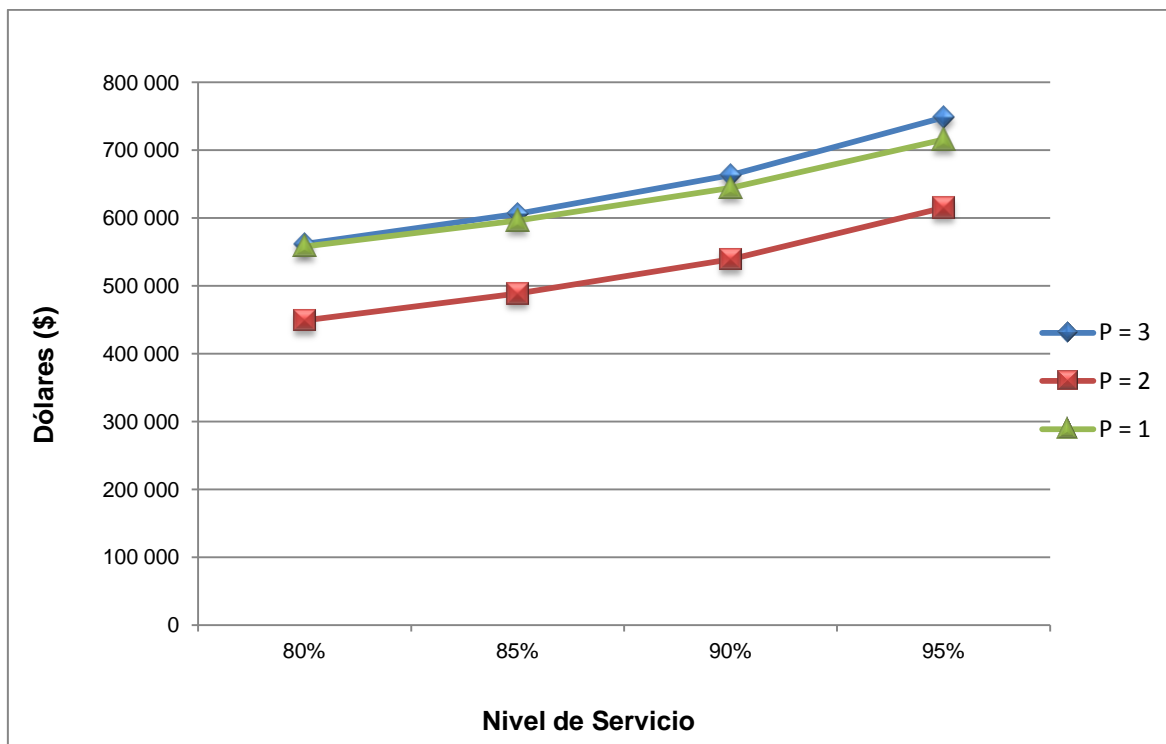
### 3.5.2.2. Valor promedio del inventario agregado

A través de la simulación se calculó el valor promedio del inventario agregado que tiene cada SKU, utilizando un periodo de revisión de tres, dos y un mes; con un nivel de servicio del 80%, 85%, 90% y 95%. El resumen de los resultados parciales se muestra en el Anexo IV Tabla A4.1. y la simulación de cada SKU se muestra en el Anexo Magnético 1: Simulación SKUs clase A

En la Tabla 3.20. Se muestra el resultado final obtenido al sumar los resultados parciales de cada uno de los 141 SKUs, que forman parte principal de este modelo de administración de inventarios al simular con tiempos de revisión  $P = 3$ ,  $P = 2$  y  $P = 1$ . Se complementa este análisis mostrando los resultados en la Figura 3.28.

**Tabla 3.20.** Valor Total promedio del Inventario agregado calculado a partir de la simulación del modelo de revisión periódica implementado

	<b>Valor promedio del Inventario agregado (\$)</b>			
P = 3	561 625,9	606 179,5	663 127,9	748 383,4
P = 2	449 209,1	488 673,3	539 299,1	615 149,0
P = 1	557 961,8	596 249,6	644 372,8	715 788,6
Nivel de Servicio	80%	85%	90%	95%



**Figura 3.28.** Valor promedio del inventario agregado

Los valores obtenidos de la simulación permiten observar en la figura 3.28. Que el valor promedio del inventario agregado también sufre variación dependiendo del nivel de servicio que se esté evaluando, de esta manera a medida que incrementamos el nivel de servicio, también se incrementa el valor promedio del inventario.

El comportamiento en cuanto al valor promedio del inventario es muy similar cuando se usa con tiempos de revisión  $P = 1$  o  $P = 3$ , un nivel de servicio del 80% genera un valor promedio de inventario de \$561 473,1 y \$558 503,1 por año respectivamente, y el pasar del 80% al 95% tiene un incremento en el valor del 33,29% y 28,28% respectivamente.

La revisión que genera el menor valor promedio de inventario agregado corresponde a un tiempo de revisión  $P = 2$ , para un nivel de servicio del 80% el valor de inventario corresponde al \$449 312,3 por año y para pasar a un nivel del 85%, 90% o 95% el incremento correspondiente es igual a 8,77%, 10,36% y 14,05% respectivamente.

En este caso el menor valor del inventario promedio agregado se obtiene a partir de realizar revisiones bimensuales del inventario es decir  $P = 2$ , en cualquiera de los niveles de servicio simulados.

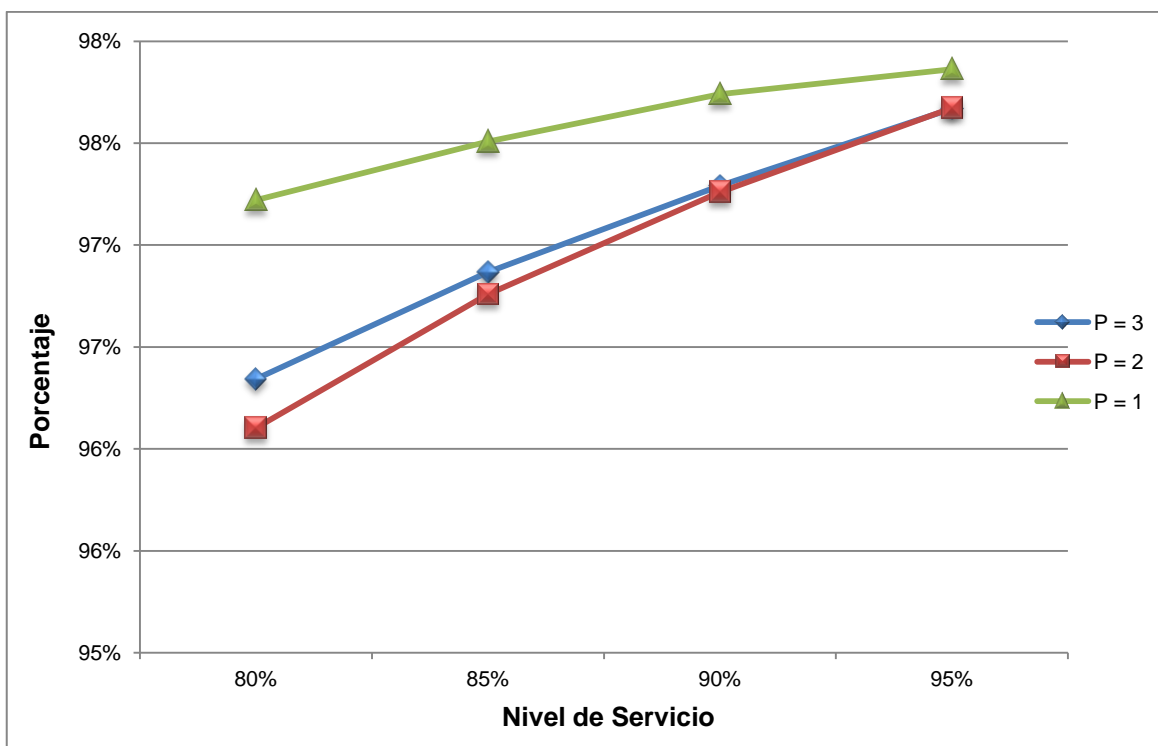
### 3.5.2.3. Fill-Rate

A través de la simulación se calculó el Fill-Rate que genera cada SKU, a través de determinar los faltantes de inventario, utilizando un tiempo de revisión de tres, dos y un mes; con un nivel de servicio del 80%, 85%, 90% y 95%. El resumen de los resultados parciales se muestra en el Anexo I Tabla AI.1. y la simulación de cada SKU se muestra en el Anexo Magnético 1: Simulación SKUs clase A

En la Tabla 3.21. Se muestra el resultado final obtenido al promediar los resultados parciales de cada uno de los 141 SKUs, que forman parte principal de este modelo de administración de inventarios al simular con tiempos de revisión  $P = 3$ ,  $P = 2$  y  $P = 1$ . Este análisis se complementa con la gráfica de los resultados mostrados en la Figura 3.29.

**Tabla 3.21.** Fill-Rate calculado a partir de la simulación del modelo de revisión periódica implementado

	<b>Fill-rate</b>			
P = 3	96,34%	96,87%	97,29%	97,67%
P = 2	96,10%	96,76%	97,26%	97,67%
P = 1	97,22%	97,51%	97,74%	97,86%
Nivel de Servicio	80%	85%	90%	95%



**Figura 3.29.** Fill-Rate Promedio

En cuanto al Fill-rate, la Figura 3.29. Muestra la relación que existe entre el nivel de servicio y el Fill-rate obtenido, a medida que el nivel de servicio aumenta el Fill-rate también aumenta. En teoría según (Chopra, 2008, p. 312), el nivel de servicio debería ser igual al Fill-rate, pero que en la práctica el Fill-Rate se ve incrementado respecto al nivel de servicio por el tamaño de lote utilizado.

El tiempo de revisión que genera un mejor Fill-rate con un nivel de servicio del 80%, 85% y 90% corresponde a un tiempo de revisión  $P = 1$ , mientras que con un nivel de servicio del 95%, el Fill-rate para cada uno de los tiempos de revisión es similar. Los incrementos de Fill-rate para el 85%, 90% y 95%, en el caso de  $P = 1$  corresponden al 0,29%, 0,24% y 0,13% respectivamente.

En el caso de los tiempos de revisión  $P = 2$  y  $P = 3$  los incrementos promedios de Fill-rate que se obtienen al variar el nivel de servicio desde el 80%, 85%, 90% y 95% están alrededor del 0,54% y 0,45% respectivamente. Incrementos que son superiores al utilizar un  $P = 1$  que incrementa en promedio el Fill-rate en 0,22%.

Al comparar el Fill-rate con respecto al valor promedio del inventario agregado, se puede notar que para el caso del tiempo de revisión  $P = 2$  y  $NS = 80\%$ , se tiene un  $FR = 96,10\%$ , cuando llegamos a un  $NS = 95\%$  el  $FR = 97,67\%$ , es decir existe un incremento de Fill-rate del  $1,64\%$ , en cambio el valor promedio de inventario pasa de \$449 312,3 por año a \$615 119,2 por año, se incrementó en un  $36,90\%$ .

Para los periodos de revisiones  $P = 3$  y  $P = 2$  ocurre algo similar ya que para pasar de un  $NS = 80\%$  a un  $NS = 95\%$ , se requieren incrementos en el valor promedio del inventario de  $33,29\%$  y  $28,28\%$  respectivamente, los mismos que generan un incremento en el Fill-rate de  $1,36\%$  y  $0,65\%$  respectivamente.

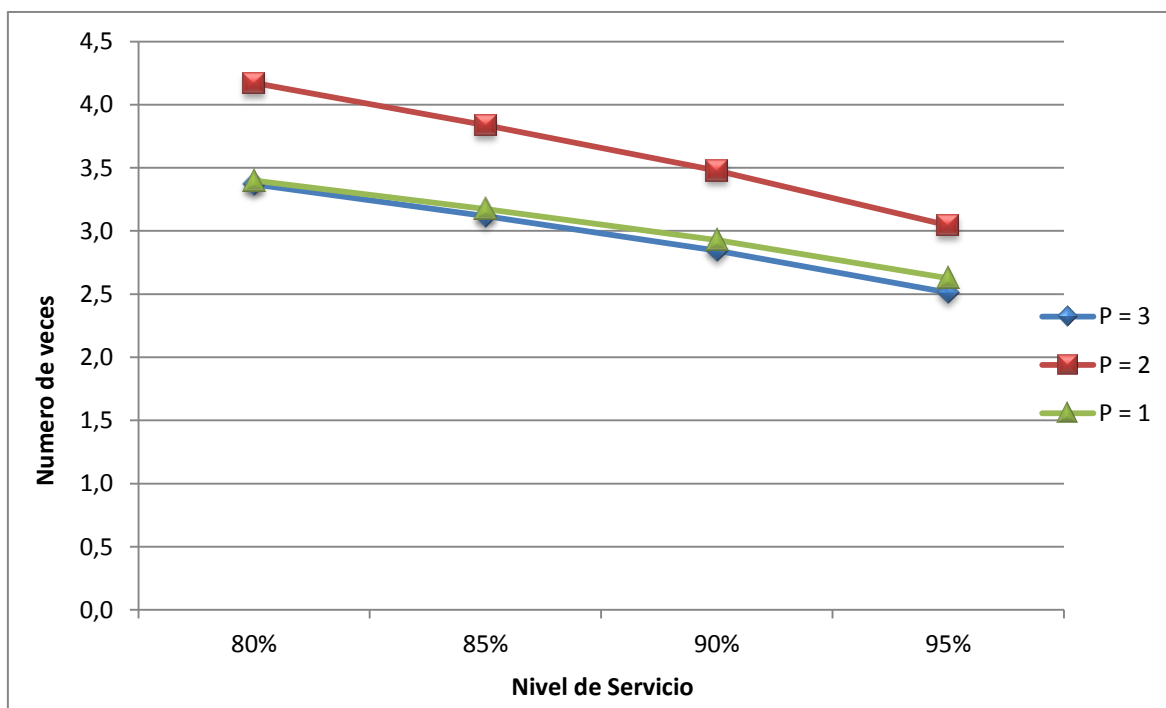
#### **3.5.2.4. Rotación del Inventario**

A través de la simulación se calculó la rotación del inventario que genera cada SKU, utilizando un tiempo de revisión de tres, dos y un mes; con un nivel de servicio del  $80\%$ ,  $85\%$ ,  $90\%$  y  $95\%$ . El resumen de los resultados parciales se muestra en el Anexo II Tabla A2.1. Y la simulación de cada SKU se muestra en el Anexo Magnético 1: Simulación SKUs clase A

En la Tabla 3.22. Se muestra el resultado final obtenido al promediar los resultados parciales de cada uno de los 141 SKUs, que forman parte principal de este modelo de administración de inventarios, al simular con tiempos de revisión  $P = 3$ ,  $P = 2$  y  $P = 1$ . Se complementa este análisis con la gráfica de los resultados que se muestran en la Figura 3.30.

**Tabla 3.22.** Rotación del Inventario calculado a partir de la simulación del modelo de revisión periódica implementado

	Rotación del Inventario			
P = 3	3,4	3,1	2,8	2,5
P = 2	4,2	3,8	3,5	3,0
P = 1	3,4	3,2	2,9	2,6
Nivel de Servicio	80%	85%	90%	95%



**Figura 3.30.** Rotación del inventario Promedio

La Figura 3.30. Muestra cómo se mueven los inventarios dentro de la empresa en estudio respecto al nivel de servicio, a través de calcular la rotación de los inventarios. La rotación del inventario disminuye conforme va aumentando el nivel de servicio.

Para un tiempo de revisión  $P = 1$ , el índice de rotación del inventario con un nivel de servicio del 80% alcanza un índice de 3,4 rotaciones por año, hasta llegar a un índice de 2,5 rotaciones por año con un nivel de servicio del 95%. Estos valores son muy similares a los obtenidos con un tiempo de revisión  $P = 3$ .

Con un tiempo de revisión de  $P = 2$ , se obtiene un índice de 4,2 rotaciones por año al escoger un nivel de servicio del 80%, llegando a un índice del 3,0 rotaciones por año con un servicio del 95%, constituyéndose en el tiempo de revisión que genera el mayor índice de rotación en relación con los otros tiempos de revisión evaluados.

La rotación del inventario va en relación inversa al valor promedio del inventario agregado, es decir, cuanto más alto es el valor de rotación más bajo es el valor promedio de inventario, es así como para un tiempo de revisión  $P = 2$  y  $NS = 80\%$ , la Rotación del Inventario = 4,2 rotaciones/año y genera un valor promedio de inventario de \$449 312,3 por año.

Para un  $NS = 95\%$ , la  $RI = 3,0$  rotaciones/año, generando un valor promedio de inventario de \$615 119,2 por año. Es decir, hay una reducción del 37,02% en el índice de rotación que genera un aumento en el valor promedio del inventario del 36,90%. Se debe tomar en cuenta que una disminución del índice de rotación genera un aumento en el valor promedio del inventario en porcentajes similares.

#### **3.5.2.5. Política del Tiempo de Revisión y el Nivel de Servicio en el modelo de inventarios.**

Una que se ha simulado la implementación del modelo de administración del inventario utilizando el método de revisión periódica bajo diferentes escenarios de nivel de servicio y tiempos de revisión, posterior al análisis y su correspondiente evaluación se llegó a definir que el método implementado debe incluir dentro de su política de inventarios un nivel de servicio del 85% y un tiempo de revisión del inventario de  $P = 2$

Dentro de la política se definió que el tiempo de revisión debe ser  $P = 2$ , porque este tiempo de revisión proporciona el menor valor promedio de valor agregado, en cada uno de los niveles de servicio evaluados y además se obtiene los valores



más altos en el índice rotación de inventario, además, este tiempo genera un equilibrio existente entre el transporte de las mercancías y la frecuencia de los pedidos realizados.

Se ha escogido que el modelo trabaje a un nivel de servicio del 85%, debido a que el sistema actualmente utilizado trabaja con un nivel de servicio estimado del 80%, estimación que fue realizada en función del Fill-rate que se determinó. Este valor no altera de manera significativa los costos asociados al inventario que la empresa desea mantener.

### 3.5.2.6. Comparativo situación actual vs modelo implementado

Se establece un comparativo entre el modelo de revisión periódica implementado y el esquema actual de manejo de inventarios que posee la empresa, con el fin de determinar las ventajas que se generan al implementar un modelo de administración del inventario, tal como se muestra en la Tabla 3.23.

**Tabla 3.23.** Comparación entre el modelo actual vs el modelo de revisión periódica implementado

<b>Variables Evaluadas</b>	<b>Modelo Actual</b>	<b>Modelo Implementado</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Porcentaje de mejora</b>
Costo Total anual del inventario	124 528,2	94 733,7	29 794,5	23,93%
Valor promedio del Inventario agregado	772 762,9	488 716,2	284 046,7	36,76%
Fill-Rate	92,20%	96,76%	4,56%	4,95%
Rotación del Inventario	3,2	3,8	0,6	18,75%

Como se puede observar en la Tabla 3.23. Existe una mejora en la rotación del inventario pasando de 3,2 a 3,8 rotaciones por año, y el Fill-rate también sufre un incremento considerable en este indicador del 4,95% respecto del esquema actual de manejo. Los costos relacionados con este manejo sufren una disminución considerable.

El modelo actual presenta un valor mayor promedio del inventario agregado, pero a pesar de esta situación el Fill-rate es menor al obtenido con la aplicación del modelo propuesto, esto se da porque la reposición del inventario no llegaba en el tiempo requerido o estaba concentrado en productos que no tenían la demanda esperada por lo tanto la rotación era baja.

Con el modelo aplicado se pretende que el inventario disponible en bodegas se concentre o se direcciona hacia los productos que así lo requieran según la demanda, evitando mantener niveles altos de existencias para mantener una rotación del inventario dentro de los límites requeridos.

### **3.5.2.7. Establecimiento del modelo de administración del inventario**

Con base en los resultados obtenidos en la simulación del modelo de administración de inventarios que se implementó en la empresa en estudio, se estableció el procedimiento a seguir dentro de la administración de los inventarios.

Para el modelo de administración de inventario implementado mantenga su eficacia a lo largo del tiempo se debe garantizar la realización de las siguientes actividades:

- Clasificar de forma anual los productos, por su grado de importancia dentro del desempeño financiero de la empresa utilizando la metodología ABC.
- Llevar la administración de los inventarios y el sistema de pronósticos según la clasificación ABC de productos. Para los productos clase B y clase C, no se debe generar ningún tipo de pronóstico de la demanda, al contrario hay que mantener un mínimo de inventario y cuando este baje de ese valor se debe reponer cuando se realice la revisión de los productos clase A.

- Llevar un registro mensual de los datos que genera el sistema que modo que permita calcular las métricas e indicadores de gestión establecidos en el modelo de inventarios aplicado.
- Revisar de forma permanente los pronósticos a través del proceso definido según el esquema mostrado en la Figura 2.4
- Evaluar de forma semestral el modelo de administración de inventarios a través de los indicadores de gestión aplicados.
- Finalmente, mejorar continuamente todo el sistema de administración de inventarios.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

1. La empresa en estudio no cuenta con un sistema formal y estructurado de administración de inventarios, el sistema está basado en el conocimiento y la experiencia de quien la administra. Esta situación se evidencia en el desconocimiento que se tiene de las herramientas y de los modelos matemáticos asociados con la gestión de los inventarios.
2. La clasificación ABC permitió determinar los productos clase A que contribuyen con el mayor porcentaje al desempeño financiero de la empresa, es así como en el año 2014 el 14,84% de los productos generaron el 81,31% de las ventas y en el periodo de enero hasta agosto del año 2015 el 12,18% de los productos generaron el 82,27% de las ventas. A través de la utilización de esta herramienta fue posible definir los productos clase A que son importantes dentro del inventario, razón por la cual el esfuerzo de administración y control se enfocara principalmente a estos materiales.
3. En el año 2014, de los 383 SKUs clase A, el reabastecimiento del inventario del 91,64% de los SKUs se realizó en función de una demanda incierta y desconocida a través de algún proceso de predicción de esta demanda, mientras que el 8,36% de los SKUs fueron reabastecidos en función de una orden previa de pedido por parte del cliente. Mientras en el año 2015 (enero ~ agosto) para los 185 SKUs clase A, el porcentaje de SKUs reabastecidos con una orden previa de pedido por parte del cliente subió al 23,78%, dejando con un porcentaje del 76,22% a los SKUs cuyo reabastecimiento se lo debe hacer a través de la utilización de algún método de pronóstico.
4. Al analizar los datos históricos de la demanda se concluye que de los 141 SKUs clase A considerados en el análisis de demanda e inventario, según el comportamiento de los datos el 77,30% de los SKUs presentan un patrón de

demanda estacionaria, mientras que el 22,70% de los SKUs muestran un patrón de demanda errática. De igual forma al analizar la tendencia, se identifica que de los 141 SKUs, el 25,53% de estos productos tiene algún patrón de tendencia ya sea creciente o decreciente, mientras que el 74,47% no presenta ninguna tendencia.

5. La simulación realizada del pronóstico utilizando los métodos de serie del tiempo permitió seleccionar el método que más se aproxima al comportamiento histórico de tubo la demanda real a través de calcular los errores del pronóstico. Se seleccionó al método que tenía en primer lugar la menor MAD y luego la MSE y finalmente el MAPE dando como resultado que de los 141 SKUs evaluados, 67 SKUs tiene como método de pronóstico al suavizamiento exponencial simple con un 47,52% de participación, seguido del promedio móvil de 3 y 4 periodos con 52 SKUs equivalente al 36,88% del total de SKUs, dejando con un porcentaje pequeño de 5,67% al método de suavizamiento con ajuste de tendencia y el método de promedio ponderado de 3 y 4 periodos con un porcentaje de 9,93%.
6. En este proyecto, a partir del análisis y la evaluación realizada a las variables que afectan al inventario así como de sus restricciones y/o limitaciones propias que tiene la empresa, se seleccionó al sistema de revisión periódica como el modelo de administración de inventarios a ser aplicado en la empresa, en gran parte debido a la restricción que tienen los proveedores de aceptar pedidos solo al inicio de cada mes y al abastecimiento que tienen de muchos SKUs cada uno de los proveedores.
7. Según los resultados obtenidos de la simulación del modelo aplicado, la política a seguir es revisar el inventario cada dos meses y ordenar un pedido de cada SKU cuando la cantidad sea inferior al nivel objetivo del inventario calculado con un nivel de servicio del 85%, donde la cantidad de pedido será igual a la diferencia del nivel del inventario objetivo menos el inventario inicial disponible.

8. Este proyecto utilizó el método de simulación Montecarlo, para predecir en el tiempo el comportamiento cuantitativo del sistema real en el tiempo, una vez implementado el modelo de administración de inventarios basado en el sistema de revisión periódica. Los resultados obtenidos mediante esta técnica permitieron evaluar al modelo propuesto frente al esquema actual de manejo de inventarios. El modelo de simulación aplicado permitió imitar el funcionamiento del sistema real y evaluar sus resultados en un horizonte de tiempo relativamente largo sin necesidad de esperar este periodo para su evaluación.
  
9. La aplicación de las métricas e indicadores de gestión dentro del desarrollo de este trabajo, en concordancia con la clasificación ABC realizada permitieron identificar algunos problemas dentro de la administración del inventario, es así como el índice de obsolescencia para el año 2014 se ubicó en el 1,7% del total del inventario y en lo que va del año 2015 (enero ~ agosto) este índice se sitúa en el 1,6%, y de manera muy similar se determinó el índice de exactitud del inventario para los productos clase A, el mismo que encuentra en el 0,11%. El manejo de estos indicadores va a permitir mejorar el control de los materiales con el fin de evitar su obsolescencia o deterioro, que es uno de los problemas que actualmente la empresa en estudio tiene.
  
10. Al aplicar el modelo de administración del inventario, La rotación del inventario sube de 3,2 a 3,8 rotaciones al año, con un incremento del Fill-rate del 92,2% a 96,76%, este desempeño del modelo genera una reducción en el costo anual del inventario y en el valor promedio del inventario agregado en un 23,93% y 36,76% respectivamente. Los otros indicadores como la exactitud del inventario y el índice de obsolescencia tienden a mejorarse porque la revisión del inventario se va a realizar cada dos meses y esto permitirá tener un mejor control en el manejo de los materiales.

## 4.2. RECOMENDACIONES

1. Mantener un proceso adecuado de toma de datos, ya que la evaluación, retroalimentación y la mejora que se pueda al sistema a lo largo del tiempo dependerán en gran medida de la calidad de los datos obtenidos en el proceso de administración de los inventarios
2. Revisar la clasificación ABC de manera semestral, con el fin de determinar nuevos productos clase A que requirieran atención especial en su inventario y a su vez identificar productos que por alguna razón dejaron de tener rotación en su inventario.
3. Evaluar de forma mensual los pronósticos de la demanda, así como el desempeño que tiene el método utilizado a través de los errores de pronóstico, de tal manera que se puedan realizar ajustes al sistema en caso detectar inconsistencias o desviaciones en el método utilizado a través de seguir el proceso de un sistema de pronósticos el mismo que esta esquematizado en la Figura 2.4. del presente trabajo
4. Los métodos de pronóstico definidos dentro de este proyecto son relativamente fáciles de usar por la poca complejidad que involucran, si a futuro es requerido la utilización de métodos más avanzados, su uso debería darse siempre que la evaluación del costo – beneficio sea favorable.
5. Implementar una política de conteo cíclico basado en la importancia de los productos según la clasificación ABC, esto con el fin de garantizar la exactitud y confiabilidad de los datos que permitan la toma de decisiones oportunas respecto del inventario.
6. Una vez que se definieron las métricas y los indicadores de gestión definidos deben ser revisados y evaluados de manera periódica esto con el fin de identificar desviaciones en los objetivos trazados de manera que se pueda implementar acciones tendientes a mejorar la métrica y/o indicador.

7. La administración del inventario es un proceso dinámico debido a los factores que lo afectan, se hace necesario mantener actualizado de manera periódica la información de las variables que afectan al modelo, con el fin de garantizar que los resultados obtenidos en este proyecto sigan siendo sostenibles en el tiempo.
  
8. Establecer una política de comunicación entre las áreas relacionadas con el manejo, control y reabastecimiento del inventario así como con el área de contabilidad y caja, donde se establezcan de manera clara los roles que cada uno tiene dentro del modelo aplicado.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adam, E. y Ebert, R. (1991). *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*. (4ta ed.). México: Prentice Hall. Recuperado de [https://books.google.com.mx/books/about/Administraci%C3%B3n\\_de\\_la\\_prducci%C3%B3n\\_y\\_las.html?hl=fr&id=FI1wYyoz8-oC](https://books.google.com.mx/books/about/Administraci%C3%B3n_de_la_prducci%C3%B3n_y_las.html?hl=fr&id=FI1wYyoz8-oC)
2. Anderson, D., Sweeney, D. y Williams, T. (2004). *Métodos cuantitativos para los negocios*. (9ma ed.). México: International Thomson Editores, S.A.
3. Aguirre, S. y Franco, C. (2005). *Diseño de un modelo de inventarios para la operación logística de una compañía farmacéutica*. Revista científica de la Pontificia Universidad Javeriana, 9(1) ,29-45. Recuperado de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/iyu/article/view/900/500> (Febrero, 2015).
4. Ballou, R. (2004). Logística. *Administración de la Cadena de Suministro*. (5ta ed.). Recuperado de <http://www.freelibros.org/administracion/logistica-administracion-de-la-cadena-de-suministro-5ta-edicion-ronald-h-ballou.html> (Febrero, 2015).
5. Beltrán, J. (2006). *Indicadores de gestión: Herramienta clave para el logro de la competitividad*. (2da ed.). Bogotá: 3R editores.
6. Brahm, F. y Flore, S. (2013). *Inventario cero: ¿una alternativa factible?*. *Logistec*. 78(4), 12-14. Recuperado de [http://www.revistalogistec.com/ediciones\\_pdf/edicion\\_78\\_lgt.pdf](http://www.revistalogistec.com/ediciones_pdf/edicion_78_lgt.pdf).
7. Bonini, C., Hausman, W. y Bierman, H. (2000). *Análisis cuantitativo para los negocios*. (9na ed.). Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, S.A.

8. Chase, R., Jacobs, F. y Aquilano, N. (2000). *Administración de Producción y Operaciones*. (8va ed.). México: McGraw-Hill.
9. Chase R., Jacobs, F. y Aquilano N. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. (12va ed.). México: Mc Graw-Hill.
10. Chopra, S. y Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro*. (3ra ed.). México: Pearson Educación.
11. Chunawalla, S. (2008). *Materials and Purchasing Management*. (1st edition). India: Himalaya Publishing House.
12. De Navascués, R. y Pau Cos, J. (2001). *Manual de logística integral*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
13. Eppen, G., Gould, F., Schmidt, C., Moore, J. y Weatherford, L. (2000). *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. México: Prentice-Hall.
14. García, J., Albarracín, J. y Cardós, M. (2004). *Gestión de Stocks de Demanda Independiente*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
15. Guerra, Y., Valdés P. (2014). *Modelos y sistemas de inventarios: Incluye ejercicios resueltos*. España: Createspace
16. Heizer, J. y Render, B. (2004). *Principios de Administración De Operaciones*. (5ta ed.). México: Pearson Educación
17. Heizer, J. y Render, B. (2009). *Principios de Administración De Operaciones*. (7ma ed.). México: Pearson Educación.
18. Hillier, F. y Lieberman, G. (2010). *Introducción A La Investigación De Operaciones*. (9na ed.). Recuperado de

- <http://es.slideshare.net/waltervillarreal376/introduccion-a-la-investigacion-de-operaciones-9na-edicion-frederick-s-hillier-gerald-j-lieberman> (Febrero, 2015).
19. Krajewski, L., Ritzman, L. y Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones*. (8va ed.). Recuperado de <http://www.freelibros.org/administracion/administracion-de-operaciones-8va-edicion-lee-j-krajewski-l-p-ritzman-m-k-malhotra.html> (Febrero, 2015).
  20. Mora, L. (2010). *Gestión logística integral*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
  21. Mora, L. (2011). *Diccionario de Supply Chain management: terminología de la cadena de abastecimientos*. (1era ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones.
  22. Mora, L. (2012). *Indicadores de la gestión logística*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
  23. Moya, M. (1999). *Investigación de operaciones, fascículo n° 4. Control de inventarios y teoría de colas*. Costa Rica: EUNED.
  24. Muller, M. (2004). *Fundamentos de Administración de Inventarios*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
  25. Muñoz, D. (2009). *Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*. (1era ed.). México: Cengage Learning.
  26. Ochoa, C., Díaz, P., Cilleruelo, E., Ruiz, P., Zarrabeita, E., Alvarez, I. y Heras, I. (2010). *Cuarta conferencia internacional sobre ingeniería industrial y de gestión industrial. XIV congreso ingeniería de Organización*. Donostia - San Sebastián. España. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu>. (Junio, 2015).

27. Pérez, P. y Múnera, F. (2007). *Reflexiones para implementar un sistema de gestión de calidad (ISO 9001:2000)*. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia.
28. Pinzón, I., Pérez, G. y Arango, M. (2010). *Mejoramiento de la gestión de inventarios*. Revista Universidad EAFIT, 46(160), 9-21. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/751/662> (Febrero, 2015).
29. Render, B., Stair, R. y Hanna, M. (2012). *Métodos cuantitativos para los negocios*. (11va ed.). México: Pearson Educación.
30. Torres, M. (2008). *Gestión de Stock. Excel como herramienta de análisis*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
31. Suarez, M. (2012). *Gestión de inventarios*. Bogotá: Editorial Ediciones de La U.
32. Schroeder R., Goldstein, S. y Rungtusanatham, M. (1996). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos*. (5ta ed.). México: McGraw-Hill.
33. Vidal, C. (2005). *Fundamentos de Gestión de Inventarios*. (3era ed.). Colombia: Artes Gráficas de la Facultad de Ingeniería – Universidad del Valle.
34. Wee, H. (2011). *Inventory Systems: Modeling and Research Methods*. USA, New York: Nova Science Publishers, Inc.
35. Waters, D. (2003). *Inventory Control and Management*. (2nd edition) India: Wiley

## **ANEXOS**

## ANEXO I

### CÁLCULO DEL FILL-RATE

**Tabla AI.1.** Cálculo de Fill-Rate (FR) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95%

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P861101-2S060	97,89%	98,08%	98,08%	98,08%	94,31%	95,66%	96,56%	97,66%	97,07%	97,33%	97,65%	98,08%
PDW15611	98,38%	98,67%	98,71%	98,71%	97,72%	98,09%	98,41%	98,71%	98,71%	98,71%	98,71%	98,71%
PFW5941	97,80%	97,80%	97,80%	97,80%	97,36%	97,66%	97,80%	97,80%	97,80%	97,80%	97,80%	97,80%
P641101LFW	96,54%	97,15%	97,89%	98,45%	96,61%	97,15%	97,82%	98,81%	98,16%	98,40%	98,69%	98,88%
P307401LFW	96,48%	96,87%	96,87%	96,87%	93,95%	95,21%	96,29%	96,87%	96,87%	96,87%	96,87%	96,87%
P524301LFW	98,20%	98,51%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%
P028101LFW	95,58%	96,17%	96,64%	97,35%	96,08%	96,56%	96,98%	97,61%	96,98%	97,27%	97,73%	98,22%
PFW6191	99,23%	99,23%	99,23%	99,23%	98,50%	98,75%	99,05%	99,23%	99,23%	99,23%	99,23%	99,23%
P861101-2E000	97,82%	98,15%	98,58%	99,20%	96,90%	97,50%	97,88%	98,44%	99,34%	99,34%	99,34%	99,34%
P039001LFW	98,17%	98,38%	98,64%	98,99%	98,51%	98,70%	98,93%	98,99%	98,99%	98,99%	98,99%	98,99%
P5936C1LFW	96,95%	97,63%	98,05%	98,66%	98,04%	98,34%	98,71%	97,09%	98,67%	98,92%	99,03%	99,03%
P861101-4H010	99,28%	99,58%	99,58%	99,58%	95,77%	97,32%	98,87%	99,57%	98,42%	98,71%	99,09%	99,58%
P861101-1R000	97,27%	98,62%	99,01%	99,01%	96,62%	97,83%	98,91%	99,01%	96,17%	97,43%	98,54%	99,01%
PFW26110	97,77%	98,38%	98,81%	98,87%	98,80%	98,87%	98,87%	98,87%	97,63%	98,10%	98,43%	98,87%
P2765A1LFW	98,29%	98,53%	98,53%	98,53%	98,23%	98,53%	98,53%	98,53%	98,53%	98,53%	98,53%	98,53%
P193801LFW	95,04%	95,53%	95,94%	96,56%	95,82%	96,12%	96,49%	96,81%	95,67%	96,00%	96,33%	96,80%
PFW6151	94,73%	95,44%	96,01%	96,67%	95,43%	96,06%	96,86%	98,04%	96,92%	97,49%	97,84%	98,49%
P861101-2B230	96,93%	97,25%	97,65%	97,74%	97,52%	97,74%	97,74%	97,74%	97,74%	97,74%	97,74%	97,74%
PFW25319	96,45%	96,97%	97,35%	97,93%	97,44%	97,87%	98,21%	98,72%	98,56%	98,83%	98,88%	98,88%

**Tabla AI.1.** Cálculo de Fill-Rate (FR) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P548701LFW	95,54%	95,88%	96,31%	96,95%	94,31%	94,92%	95,69%	96,83%	98,47%	98,65%	98,65%	98,65%
P861101-2S060	97,89%	98,08%	98,08%	98,08%	94,31%	95,66%	96,56%	97,66%	97,07%	97,33%	97,65%	98,08%
PDW15611	98,38%	98,67%	98,71%	98,71%	97,72%	98,09%	98,41%	98,71%	98,71%	98,71%	98,71%	98,71%
PFW5941	97,80%	97,80%	97,80%	97,80%	97,36%	97,66%	97,80%	97,80%	97,80%	97,80%	97,80%	97,80%
P641101LFW	96,54%	97,15%	97,89%	98,45%	96,61%	97,15%	97,82%	98,81%	98,16%	98,40%	98,69%	98,88%
P307401LFW	96,48%	96,87%	96,87%	96,87%	93,95%	95,21%	96,29%	96,87%	96,87%	96,87%	96,87%	96,87%
P524301LFW	98,20%	98,51%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%	98,68%
P028101LFW	95,58%	96,17%	96,64%	97,35%	96,08%	96,56%	96,98%	97,61%	96,98%	97,27%	97,73%	98,22%
PFW6631	93,75%	94,25%	94,71%	95,39%	95,77%	96,76%	96,98%	96,98%	96,98%	96,98%	96,98%	96,98%
P280401LFW	96,46%	96,90%	96,97%	96,97%	95,95%	96,67%	96,97%	96,97%	96,97%	96,97%	96,97%	96,97%
P861101-3X160	83,69%	85,45%	87,67%	90,96%	82,67%	84,25%	86,23%	89,17%	85,11%	86,48%	88,20%	90,74%
CP861111-2W000	95,90%	95,90%	95,90%	95,90%	95,55%	95,84%	95,90%	95,90%	95,90%	95,90%	95,90%	95,90%
P280301LFW	96,29%	96,60%	96,98%	97,33%	96,05%	96,59%	97,14%	97,33%	97,33%	97,33%	97,33%	97,33%
PDW16915	97,93%	98,13%	98,13%	98,13%	97,88%	98,13%	98,13%	98,13%	98,13%	98,13%	98,13%	98,13%
P5050B1LFW	97,87%	98,98%	99,56%	99,73%	93,52%	95,07%	96,61%	98,74%	97,61%	98,96%	99,70%	99,73%
P572401LFW	96,15%	96,47%	96,62%	96,62%	95,00%	95,58%	96,03%	96,57%	96,10%	96,60%	96,62%	96,62%
P5242C1LFW	97,58%	97,58%	97,58%	97,58%	97,18%	97,48%	97,58%	97,58%	96,91%	97,19%	97,52%	97,58%
PFW29214	95,35%	96,32%	97,13%	97,33%	95,12%	96,18%	96,70%	97,33%	97,25%	97,33%	97,33%	97,33%
PDW14511	93,34%	94,15%	95,16%	96,66%	93,28%	94,29%	95,20%	98,38%	94,08%	94,70%	95,66%	6,54%
PFW21612	97,54%	98,31%	99,03%	99,70%	95,89%	96,92%	98,21%	99,37%	98,91%	99,14%	99,42%	99,70%
PDW13813	94,90%	95,79%	96,39%	96,80%	95,36%	96,15%	96,72%	96,80%	96,72%	96,80%	96,80%	96,80%
P558001LFW	98,32%	98,55%	98,74%	98,74%	98,32%	98,68%	98,74%	98,74%	98,72%	98,74%	98,74%	98,74%

**Tabla AI.1.** Cálculo de Fill-Rate (FR) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
PFW34812	96,58%	97,38%	97,99%	98,39%	97,01%	98,14%	98,39%	98,39%	96,95%	97,88%	98,34%	98,39%
P559801LFW	99,32%	99,59%	99,59%	99,59%	99,30%	99,59%	99,59%	99,59%	99,31%	99,56%	99,59%	99,59%
PFW5011	96,59%	97,40%	97,40%	97,40%	94,27%	96,20%	97,40%	97,40%	95,47%	96,84%	97,40%	97,40%
PFW7581	96,67%	96,67%	96,67%	96,67%	96,67%	96,67%	96,67%	96,67%	96,67%	96,67%	96,67%	96,67%
PFW26015	98,19%	98,19%	98,19%	98,19%	98,19%	98,19%	98,19%	98,19%	98,19%	98,19%	98,19%	98,19%
PFW3971	98,98%	98,98%	98,98%	98,98%	98,82%	98,98%	97,06%	98,98%	98,98%	98,98%	98,98%	98,98%
P028201LFW	95,40%	95,87%	96,33%	97,01%	93,84%	94,99%	95,59%	96,19%	97,04%	97,04%	97,04%	97,04%
P251801LFW	97,25%	97,72%	98,13%	98,72%	98,67%	98,98%	99,34%	99,36%	99,32%	99,36%	99,36%	99,36%
P578901LFW	99,57%	99,82%	99,82%	99,82%	99,82%	99,82%	99,82%	99,82%	99,82%	99,82%	99,82%	99,82%
PFW5491	89,87%	91,14%	92,05%	92,61%	82,93%	84,89%	86,48%	87,70%	88,78%	90,20%	91,19%	92,24%
PFW26514	96,52%	97,08%	97,66%	97,76%	97,17%	97,49%	97,76%	97,76%	97,76%	97,76%	97,76%	97,76%
P563701LFW	96,07%	97,34%	98,27%	98,76%	92,74%	94,26%	95,89%	98,01%	98,62%	98,76%	98,76%	98,76%
P861101-3W040	98,46%	99,10%	99,63%	100,00%	99,66%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
PFW20716	94,99%	95,80%	96,82%	97,88%	94,71%	95,47%	96,38%	97,23%	95,52%	96,27%	97,22%	97,49%
PFW7591	94,73%	95,45%	95,93%	96,51%	94,13%	94,80%	95,65%	96,38%	95,98%	96,27%	96,51%	96,51%
P5137A1LFW	95,89%	96,97%	97,91%	98,44%	94,42%	95,65%	96,81%	98,06%	96,88%	97,46%	98,19%	98,44%
PFW4831	96,43%	96,93%	97,41%	97,88%	97,56%	97,78%	98,06%	98,07%	98,07%	98,07%	98,07%	98,07%
P642701LFW	85,33%	87,14%	88,18%	89,72%	88,76%	92,00%	92,31%	92,31%	88,72%	90,83%	92,31%	92,31%
P1298A1LFW	97,98%	98,32%	98,76%	99,41%	98,06%	98,37%	98,76%	99,34%	99,17%	99,46%	99,64%	99,64%
P2827A1LFW	96,86%	97,58%	97,96%	98,50%	96,33%	96,85%	97,51%	98,48%	98,38%	98,60%	98,72%	98,72%
P279901LFW	98,01%	98,01%	98,01%	98,01%	96,94%	97,76%	98,01%	98,01%	96,87%	97,19%	97,54%	98,01%
P8111,110213	94,62%	95,31%	96,19%	96,63%	95,46%	95,46%	95,46%	95,54%	93,99%	94,74%	95,54%	96,50%



**Tabla AI.1.** Cálculo de Fill-Rate (FR) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P952731369	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	88,86%	91,46%	94,07%	97,13%	96,36%	97,68%	99,60%	100,00%
P393101LFW	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	97,90%	98,15%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%
PFW22112	94,18%	95,02%	96,08%	97,20%	96,01%	96,76%	97,23%	97,93%	99,35%	99,35%	99,35%	99,35%
P285101LFW	95,76%	96,72%	97,45%	98,08%	96,58%	97,08%	97,46%	98,02%	97,60%	98,12%	98,40%	98,40%
UU-4280	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%
UL9008001-00	97,43%	97,53%	97,53%	97,53%	96,91%	97,27%	97,53%	97,53%	97,53%	97,53%	97,53%	97,53%
U412200003	92,33%	92,77%	93,33%	93,99%	90,75%	91,94%	93,05%	93,99%	93,76%	93,99%	93,99%	93,99%
UD2100073-00	96,04%	96,20%	96,20%	96,20%	95,98%	96,20%	96,20%	96,20%	96,20%	96,20%	96,20%	96,20%
UI-70000IN003	96,75%	97,20%	97,77%	98,41%	97,79%	97,99%	98,25%	98,62%	98,71%	98,71%	98,71%	98,71%
UU-8380	96,91%	97,16%	97,47%	97,56%	96,95%	97,17%	97,44%	97,56%	97,56%	97,56%	97,56%	97,56%
UD2100089-00	95,82%	96,33%	96,54%	96,54%	96,54%	96,54%	96,54%	96,54%	96,54%	96,54%	96,54%	96,54%
UD2100056-00	96,47%	96,78%	97,04%	97,04%	96,32%	96,59%	96,94%	97,04%	97,04%	97,04%	97,04%	97,04%
U411900017	99,34%	99,71%	100,00%	100,00%	99,36%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
CIC-7215CC	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%	98,26%
CIC-6617	98,17%	98,71%	99,28%	99,32%	98,35%	98,59%	98,89%	99,32%	99,32%	99,32%	99,32%	99,32%
CIC-6912	97,39%	97,39%	97,39%	97,39%	97,02%	97,17%	97,36%	97,39%	97,39%	97,39%	97,39%	97,39%
C9-O/P1-X	98,24%	98,24%	98,24%	98,24%	98,16%	98,24%	98,24%	98,24%	98,24%	98,24%	98,24%	98,24%
CEM-531	95,88%	96,46%	97,16%	97,92%	95,79%	96,29%	96,92%	97,75%	96,58%	97,15%	97,56%	97,96%
C5-T/K1	97,99%	98,17%	98,38%	98,38%	98,21%	98,36%	98,38%	98,38%	98,38%	98,38%	98,38%	98,38%
CIC-6913	98,23%	98,23%	98,23%	98,23%	97,92%	98,18%	98,23%	98,23%	97,88%	98,10%	98,23%	98,23%
C69991	93,60%	93,91%	94,30%	94,55%	92,65%	93,20%	93,77%	94,28%	93,80%	94,04%	94,34%	94,55%
CIC-7617	98,32%	98,32%	98,32%	98,32%	98,32%	98,32%	98,32%	98,32%	98,32%	98,32%	98,32%	98,32%

**Tabla AI.1.** Cálculo de Fill-Rate (FR) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
CIC-13177	95,77%	97,44%	98,35%	99,51%	93,37%	95,61%	98,34%	99,79%	97,97%	98,82%	99,43%	99,79%
CWBL3917	97,44%	97,44%	97,44%	97,44%	97,44%	97,44%	97,44%	97,44%	97,44%	97,44%	97,44%	97,44%
L11243248	97,79%	97,79%	97,79%	97,79%	97,79%	97,79%	97,79%	97,79%	97,79%	97,79%	97,79%	97,79%
L956272318	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%
L11212282	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%	98,63%
LCOF00250GA	94,21%	95,20%	95,67%	95,92%	93,25%	93,96%	94,76%	95,72%	95,55%	95,92%	95,92%	95,92%
L5008,21824	97,98%	98,27%	98,63%	99,16%	98,76%	99,01%	99,33%	99,80%	99,80%	99,80%	99,80%	99,80%
L2010.21823Z	97,96%	98,47%	98,67%	98,67%	98,45%	98,67%	98,67%	98,67%	98,46%	98,67%	98,67%	98,67%
L1404,21824	99,05%	99,61%	99,61%	99,61%	96,71%	98,17%	99,26%	99,61%	98,83%	99,13%	99,52%	99,61%
L592,12824	86,50%	86,54%	86,54%	86,54%	93,82%	93,95%	93,95%	93,95%	92,39%	92,39%	92,46%	92,35%
L1402,21824	94,50%	95,81%	96,78%	98,21%	95,19%	95,89%	96,58%	97,23%	97,48%	97,77%	98,27%	98,70%
LGOE99254VA	93,99%	94,98%	95,66%	96,43%	94,31%	95,38%	96,21%	96,73%	96,73%	96,73%	96,73%	96,73%
L8110,21875	92,90%	93,46%	94,18%	95,24%	93,76%	95,42%	96,20%	96,20%	94,98%	95,42%	95,98%	96,20%
L0801520GATP	96,11%	96,92%	97,59%	98,35%	95,68%	96,41%	97,32%	98,11%	98,01%	98,33%	98,72%	98,88%
L1473A2TRW	98,74%	99,04%	99,41%	99,95%	98,28%	99,27%	99,76%	100,00%	99,88%	100,00%	100,00%	100,00%
L592,12873	93,67%	94,13%	94,53%	94,53%	93,04%	93,74%	94,51%	94,53%	94,53%	94,53%	94,53%	94,53%
L5248,21824	98,94%	99,42%	99,51%	99,51%	98,20%	98,96%	99,50%	99,51%	99,51%	99,51%	99,51%	99,51%
L871102-2S020	96,46%	97,19%	97,70%	97,97%	95,70%	96,58%	97,12%	97,73%	97,16%	97,51%	97,86%	97,97%
L965412113	98,23%	98,86%	99,45%	100,00%	97,03%	97,60%	98,13%	98,91%	97,93%	98,97%	99,43%	100,00%
L565,12824	92,09%	94,45%	96,74%	98,34%	93,10%	94,66%	96,25%	98,20%	96,46%	97,03%	97,21%	98,04%
L871112-2E021	99,25%	99,71%	99,77%	99,77%	95,89%	97,67%	98,97%	99,73%	98,38%	99,09%	99,77%	99,77%
L3074A2TRW	92,57%	93,71%	95,15%	97,28%	94,73%	95,86%	96,72%	97,50%	95,58%	96,77%	97,38%	97,55%

**Tabla AI.1.** Cálculo de Fill-Rate (FR) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
<b>LFB43320</b>	<b>96,31%</b>	<b>96,73%</b>	<b>97,26%</b>	<b>98,03%</b>	<b>95,92%</b>	<b>97,41%</b>	<b>98,64%</b>	<b>98,77%</b>	<b>96,81%</b>	<b>97,51%</b>	<b>98,32%</b>	<b>98,77%</b>
L1473B2TRW	96,33%	96,79%	97,02%	97,02%	96,85%	97,02%	97,02%	97,02%	96,79%	96,99%	97,02%	97,02%
L871102-2B020	92,94%	94,67%	96,06%	96,21%	92,94%	94,49%	96,01%	96,21%	94,90%	95,35%	95,91%	96,21%
L966012855	92,24%	93,51%	94,83%	96,02%	90,67%	92,28%	93,39%	94,45%	92,94%	93,74%	94,37%	95,29%
LDB106243	97,60%	98,23%	98,31%	98,31%	97,68%	98,02%	98,31%	98,31%	98,31%	98,31%	98,31%	98,31%
L871102-1C300	95,09%	95,96%	96,82%	97,63%	96,59%	97,47%	97,96%	98,05%	98,05%	98,05%	98,05%	98,05%
L871102-4H070	96,36%	97,39%	98,19%	98,35%	95,30%	96,70%	97,75%	98,35%	97,28%	97,54%	97,88%	98,35%
V956273320	98,30%	98,30%	98,30%	98,30%	98,30%	98,30%	98,30%	98,30%	98,30%	98,30%	98,30%	98,30%
V956273319	97,81%	97,81%	97,81%	97,81%	97,81%	97,81%	97,81%	97,81%	97,81%	97,81%	97,81%	97,81%
V11240316	94,25%	95,19%	95,77%	96,44%	95,44%	96,08%	96,76%	96,81%	96,61%	96,81%	96,81%	96,81%
V11240317	97,06%	97,07%	97,07%	97,07%	95,62%	96,17%	96,79%	97,07%	97,07%	97,07%	97,07%	97,07%
VFQ39238	96,77%	97,16%	97,65%	98,36%	95,28%	95,97%	96,83%	97,76%	96,71%	97,31%	98,06%	98,52%
VFQ39237	97,36%	97,88%	98,23%	98,75%	98,43%	98,83%	98,83%	98,83%	98,56%	98,77%	98,83%	98,83%
V11212480	96,89%	97,53%	98,20%	98,28%	97,01%	97,58%	98,16%	98,28%	97,53%	97,78%	98,09%	98,28%
V11212481	98,68%	98,98%	98,98%	98,98%	97,36%	97,89%	98,32%	98,97%	98,36%	98,66%	98,98%	98,98%
V592,34573	96,26%	97,03%	97,58%	97,58%	93,97%	94,73%	95,25%	96,01%	94,15%	94,83%	95,27%	95,93%
V592,24573	89,94%	91,27%	92,92%	95,04%	89,32%	90,89%	92,46%	94,07%	93,32%	94,42%	95,70%	97,32%
V878204-2S010	96,50%	97,86%	99,20%	100,00%	96,26%	98,09%	99,11%	100,00%	99,28%	99,79%	100,00%	100,00%
V878204-2E020	95,52%	96,10%	96,10%	96,10%	94,69%	95,25%	95,63%	96,10%	96,10%	96,10%	96,10%	92,44%
PIC-2690	97,71%	97,71%	97,71%	97,71%	97,71%	97,71%	97,71%	97,71%	97,71%	97,71%	97,71%	97,71%
PIC-5190	98,25%	98,25%	98,25%	98,25%	98,25%	98,25%	98,25%	98,25%	98,25%	98,25%	98,25%	98,25%
PIC-3897	98,13%	98,13%	98,13%	98,13%	97,45%	97,66%	97,93%	98,13%	98,13%	98,13%	98,13%	98,13%

**Tabla AI.1.** Cálculo de Fill-Rate (FR) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
PEV-559	96,29%	96,67%	96,92%	97,28%	97,18%	97,36%	97,46%	97,46%	97,46%	97,46%	97,46%	97,46%
PIC-1090	99,02%	99,36%	99,75%	100,00%	99,13%	99,58%	99,92%	100,00%	99,89%	100,00%	100,00%	100,00%
PIC-13951	97,84%	97,89%	97,89%	97,89%	97,52%	97,76%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%	97,89%
PEV-2297	98,48%	98,50%	98,50%	98,50%	98,42%	98,50%	98,50%	98,50%	98,50%	98,50%	98,50%	98,50%
IISR1	97,53%	97,77%	98,07%	98,21%	98,21%	98,21%	98,21%	98,21%	98,18%	98,21%	98,21%	98,21%
I99822185	96,29%	96,82%	96,96%	96,96%	96,59%	96,96%	96,96%	96,96%	95,95%	96,25%	96,64%	96,96%
II50001GC	93,32%	94,48%	95,83%	97,84%	94,92%	96,36%	98,10%	98,49%	97,96%	98,37%	98,49%	98,49%
II50001BFC22L	93,54%	94,47%	94,99%	95,63%	93,80%	94,72%	95,50%	96,07%	97,00%	97,00%	97,00%	97,00%
II50001BC	97,91%	97,91%	97,91%	97,91%	97,91%	97,91%	97,91%	97,91%	97,91%	97,91%	97,91%	97,91%
IPROTE1KTOR2.5	98,01%	98,42%	98,43%	98,43%	98,37%	98,43%	98,43%	98,43%	98,43%	98,43%	98,43%	98,43%
IT8021141	95,10%	96,08%	97,31%	97,66%	95,49%	96,59%	97,29%	97,66%	97,66%	97,66%	97,66%	97,66%
IMETAL1FL100	95,89%	96,32%	96,86%	97,05%	95,22%	95,99%	96,57%	97,05%	96,74%	97,05%	97,05%	97,05%
II70001GC	95,95%	96,76%	97,31%	97,31%	95,32%	96,57%	97,30%	97,31%	96,06%	96,81%	97,31%	97,31%
IISC1	96,65%	96,90%	97,22%	97,69%	97,41%	97,64%	97,92%	98,12%	98,12%	98,12%	98,12%	98,12%
II30001GC	98,03%	98,15%	98,15%	98,15%	98,15%	98,15%	98,15%	98,15%	97,24%	97,74%	98,15%	98,15%
II30001BC	94,57%	95,49%	96,66%	98,39%	94,76%	95,95%	96,99%	98,18%	96,61%	97,33%	98,22%	98,89%
IIRS1010	99,24%	99,62%	99,83%	99,83%	99,83%	99,83%	99,83%	99,83%	99,22%	99,52%	99,83%	99,83%
IIMEGA16BC	97,98%	99,13%	100,00%	100,00%	95,04%	97,36%	98,74%	99,88%	96,86%	98,45%	99,57%	100,00%
II70001GFC	93,78%	94,33%	95,02%	96,05%	95,45%	96,47%	97,09%	97,36%	96,32%	96,74%	97,28%	97,36%
<b>PROMEDIO TOTAL</b>	<b>96,37%</b>	<b>96,90%</b>	<b>97,31%</b>	<b>97,68%</b>	<b>96,10%</b>	<b>96,76%</b>	<b>97,26%</b>	<b>97,67%</b>	<b>97,22%</b>	<b>97,51%</b>	<b>97,74%</b>	<b>97,86%</b>

## ANEXO II

### CÁLCULO DE LA ROTACIÓN DEL INVENTARIO

**Tabla AII.1.** Cálculo de la Rotación de Inventario (RI) mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95%

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P861101-2S060	3,4	3,2	2,8	2,5	4,0	3,8	3,4	3,0	3,3	3,0	2,8	2,5
PDW15611	3,6	3,3	3,0	2,7	4,6	4,2	3,8	3,3	3,7	3,5	3,2	2,8
PFW5941	3,6	3,3	3,0	2,6	4,5	4,1	3,7	3,2	3,5	3,3	3,1	2,7
P641101LFW	3,5	3,2	3,0	2,6	4,4	4,0	3,6	3,2	3,6	3,4	3,1	2,8
P307401LFW	2,8	2,5	2,2	1,9	3,3	3,0	2,7	2,3	3,0	2,7	2,4	2,1
P524301LFW	3,4	3,2	2,9	2,5	4,5	4,0	3,6	3,1	3,6	3,3	3,0	2,7
P028101LFW	3,2	2,9	2,6	2,3	3,9	3,6	3,2	2,8	3,1	2,9	2,6	2,3
PFW6191	3,8	3,5	3,2	2,8	4,7	4,3	3,9	3,4	3,9	3,6	3,4	3,0
P861101-2E000	3,4	3,1	2,9	2,5	4,3	3,9	3,5	3,1	3,6	3,3	3,0	2,7
P039001LFW	4,1	3,9	3,6	3,2	5,3	4,9	4,5	4,0	4,3	4,1	3,8	3,5
P5936C1LFW	3,4	3,2	2,9	2,5	4,3	3,9	3,5	3,3	3,6	3,3	3,0	2,7
P861101-4H010	3,4	3,1	2,7	2,4	3,8	3,5	3,2	2,8	3,1	2,9	2,7	2,4
P861101-1R000	3,0	2,8	2,5	2,1	3,6	3,3	2,9	2,5	2,7	2,5	2,3	2,0
PFW26110	3,4	3,2	2,9	2,5	4,2	3,8	3,4	3,0	3,3	3,1	2,8	2,5
P2765A1LFW	3,6	3,3	3,0	2,6	4,3	3,9	3,5	3,0	3,5	3,3	3,0	2,7
P193801LFW	3,2	3,0	2,7	2,4	4,0	3,6	3,3	2,9	3,2	3,0	2,8	2,5
PFW6151	3,1	2,8	2,6	2,3	3,9	3,5	3,2	2,8	3,2	2,9	2,7	2,4
P861101-2B230	3,4	3,2	2,9	2,5	4,2	3,8	3,5	3,0	3,5	3,2	3,0	2,7
PFW25319	3,4	3,2	2,9	2,6	4,4	4,1	3,7	3,2	3,4	3,2	2,9	2,6

**Tabla AII.1.** Cálculo de la Rotación de Inventario (RI) mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P548701LFW	3,2	2,9	2,6	2,3	4,0	3,6	3,3	2,9	3,4	3,1	2,9	2,6
P861101-2S060	3,4	3,2	2,8	2,5	4,0	3,8	3,4	3,0	3,3	3,0	2,8	2,5
PDW15611	3,6	3,3	3,0	2,7	4,6	4,2	3,8	3,3	3,7	3,5	3,2	2,8
PFW5941	3,6	3,3	3,0	2,6	4,5	4,1	3,7	3,2	3,5	3,3	3,1	2,7
P641101LFW	3,5	3,2	3,0	2,6	4,4	4,0	3,6	3,2	3,6	3,4	3,1	2,8
P307401LFW	2,8	2,5	2,2	1,9	3,3	3,0	2,7	2,3	3,0	2,7	2,4	2,1
P524301LFW	3,4	3,2	2,9	2,5	4,5	4,0	3,6	3,1	3,6	3,3	3,0	2,7
P028101LFW	3,2	2,9	2,6	2,3	3,9	3,6	3,2	2,8	3,1	2,9	2,6	2,3
PFW6631	3,1	2,8	2,5	2,2	3,8	3,5	3,1	2,7	3,2	3,0	2,7	2,4
P280401LFW	3,5	3,3	3,0	2,6	4,4	4,1	3,7	3,2	3,4	3,2	3,0	2,7
P861101-3X160	1,7	1,5	1,3	1,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,7	1,6	1,4	1,2
P861111-2W000	3,6	3,3	3,0	2,6	4,5	4,1	3,7	3,2	3,6	3,4	3,1	2,8
P280301LFW	3,4	3,2	2,9	2,6	4,2	3,9	3,6	3,1	3,6	3,3	3,1	2,7
PDW16915	3,6	3,3	3,0	2,7	4,6	4,2	3,7	3,2	3,6	3,4	3,1	2,8
P5050B1LFW	2,9	2,7	2,4	2,1	3,5	3,2	2,9	2,5	2,8	2,6	2,4	2,1
P572401LFW	3,3	3,1	2,8	2,4	4,1	3,8	3,4	3,0	3,4	3,1	2,9	2,6
P5242C1LFW	3,3	3,0	2,7	2,4	4,1	3,7	3,3	2,9	3,3	3,0	2,8	2,5
PFW29214	3,1	2,9	2,6	2,3	3,9	3,6	3,2	2,8	3,2	3,0	2,7	2,4
PDW14511	2,8	2,6	2,4	2,1	3,6	3,3	3,0	2,5	2,9	2,7	2,5	2,2
PFW21612	3,6	3,4	3,1	2,8	4,4	4,1	3,8	3,4	3,7	3,4	3,2	2,9
PDW13813	3,0	2,8	2,5	2,2	3,6	3,3	3,0	2,6	2,9	2,7	2,5	2,2
P558001LFW	3,9	3,7	3,4	3,0	5,0	4,7	4,2	3,7	3,9	3,7	3,4	3,1

**Tabla AII.1.** Cálculo de la Rotación de Inventario (RI) mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
PFW34812	3,1	2,9	2,6	2,2	3,8	3,5	3,1	2,6	3,2	2,9	2,7	2,4
P559801LFW	3,6	3,3	3,0	2,6	4,5	4,1	3,7	3,2	3,5	3,2	3,0	2,6
PFW5011	2,7	2,4	2,1	1,8	3,1	2,8	2,5	2,1	2,5	2,3	2,1	1,8
PFW7581	3,8	3,5	3,2	2,9	4,9	4,5	4,1	3,6	4,0	3,7	3,5	3,1
PFW26015	4,2	3,9	3,6	3,3	5,2	4,9	4,5	4,0	4,1	3,9	3,7	3,4
PFW3971	3,4	3,1	2,8	2,4	4,2	3,8	3,6	2,9	3,4	3,2	2,9	2,6
P028201LFW	3,1	2,8	2,6	2,3	3,8	3,8	3,2	2,7	3,2	3,0	2,7	2,4
P251801LFW	3,4	3,1	2,9	2,5	4,4	4,0	3,6	3,1	3,5	3,3	3,0	2,7
P578901LFW	4,0	3,7	3,4	3,0	5,0	4,6	4,1	3,6	3,8	3,6	3,3	3,0
PFW5491	2,0	1,8	1,6	1,3	2,1	1,9	1,7	1,5	2,0	1,8	1,6	1,4
PFW26514	3,6	3,3	3,1	2,7	4,5	4,2	3,8	3,3	3,5	3,3	3,0	2,8
P563701LFW	2,9	2,7	2,5	2,1	3,5	3,3	3,0	2,6	3,0	2,8	2,5	2,3
P861101-3W040	3,1	2,9	2,6	2,2	3,9	3,5	3,1	2,6	3,1	2,9	2,6	2,3
PFW20716	3,0	2,7	2,5	2,2	3,6	3,3	3,0	2,6	3,0	2,7	2,5	2,2
PFW7591	3,2	2,9	2,6	2,3	3,7	3,4	3,1	2,7	3,1	2,8	2,6	2,3
P5137A1LFW	3,1	2,9	2,7	2,3	3,8	3,5	3,2	2,8	3,1	2,9	2,6	2,4
PFW4831	3,7	3,4	3,2	2,8	4,7	4,4	4,0	3,5	3,8	3,6	3,4	3,0
P642701LFW	1,8	1,6	1,4	1,2	2,1	1,9	1,7	1,4	1,7	1,6	1,4	1,2
P1298A1LFW	3,3	3,0	2,7	2,4	4,2	3,8	3,4	3,0	3,3	3,1	2,8	2,5
P2827A1LFW	3,5	3,3	3,0	2,7	4,4	4,1	3,7	3,3	3,6	3,3	3,1	2,8
P279901LFW	3,2	2,9	2,7	2,3	4,0	3,7	3,3	2,8	3,2	2,9	2,7	2,4
P8111,110213	3,1	2,9	2,6	2,3	2,6	2,6	2,5	2,8	3,2	3,0	2,7	2,4

**Tabla AII.1.** Cálculo de la Rotación de Inventario (RI) mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P952731369	2,3	2,0	1,7	1,4	2,3	2,1	1,9	1,6	2,0	1,8	1,7	1,4
P393101LFW	3,8	3,5	3,1	2,8	4,6	4,2	3,8	3,3	4,0	3,7	3,4	3,1
PFW22112	2,9	2,7	2,4	2,1	3,7	3,3	3,0	2,6	3,1	2,9	2,6	2,3
P285101LFW	3,3	3,0	2,8	2,5	4,2	3,8	3,4	3,0	3,5	3,3	3,0	2,6
UU-4280	4,1	3,8	3,6	3,2	5,2	4,9	4,5	4,0	4,2	4,0	3,8	3,5
UL9008001-00	3,2	2,9	2,6	2,2	3,9	3,5	3,1	2,6	3,0	2,8	2,6	2,3
U412200003	2,7	2,4	2,2	1,9	3,2	2,9	2,7	2,3	2,8	2,6	2,3	2,1
UD2100073-00	3,4	3,1	2,8	2,5	4,1	3,8	3,4	2,9	3,5	3,3	3,0	2,7
UI-70000IN003	3,8	3,6	3,4	3,1	5,0	4,6	4,2	3,7	4,0	3,8	3,5	3,2
UU-8380	3,8	3,6	3,3	2,9	4,7	4,3	4,0	3,5	3,9	3,7	3,4	3,1
UD2100089-00	3,3	3,1	2,8	2,5	4,3	3,9	3,4	3,0	3,4	3,2	2,9	2,6
UD2100056-00	3,5	3,2	2,9	2,6	4,4	4,0	3,6	3,1	3,6	3,3	3,1	2,7
U411900017	3,4	3,1	2,8	2,4	4,2	3,8	3,4	2,9	3,3	3,1	2,8	2,5
CIC-7215CC	4,5	4,3	4,0	3,7	5,8	5,5	5,1	4,6	4,6	4,4	4,1	3,8
CIC-6617	3,8	3,5	3,3	2,9	4,8	4,4	4,0	3,5	3,8	3,6	3,3	3,0
CIC-6912	4,3	4,0	3,7	3,4	5,4	5,0	4,7	4,2	4,4	4,2	3,9	3,6
C9-O/P1-X	4,4	4,2	3,9	3,6	5,8	5,4	5,0	4,6	4,6	4,4	4,1	3,8
CEM-531	3,6	3,4	3,1	2,8	4,3	4,0	3,6	3,2	3,5	3,3	3,1	2,8
C5-T/K1	4,3	4,0	3,8	3,4	5,4	5,1	4,7	4,2	4,4	4,2	3,9	3,6
CIC-6913	3,6	3,3	3,0	2,6	4,6	4,2	3,7	3,3	3,6	3,4	3,1	2,8
C69991	3,3	3,0	2,8	2,4	4,0	3,7	3,4	3,0	3,3	3,1	2,9	2,6
CIC-7617	4,8	4,6	4,3	4,0	6,2	5,9	5,6	5,1	4,8	4,7	4,5	4,2



**Tabla AII.1.** Cálculo de la Rotación de Inventario (RI) mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
CIC-13177	2,5	2,3	2,0	1,7	2,8	2,6	2,3	2,0	2,6	2,4	2,1	1,8
CWBL3917	3,9	3,7	3,4	3,0	5,0	4,6	4,2	3,7	4,1	3,9	3,6	3,3
L11243248	4,8	4,6	4,4	4,1	6,1	5,8	5,5	5,1	4,8	4,7	4,5	4,2
L956272318	4,4	4,2	3,9	3,6	5,7	5,3	5,0	4,5	4,5	4,3	4,1	3,8
L11212282	4,4	4,2	3,9	3,6	5,8	5,5	5,1	4,6	4,5	4,3	4,1	3,8
LCOF00250GA	3,1	2,9	2,6	2,3	3,8	3,5	3,1	2,8	3,1	2,9	2,7	2,4
L5008,21824	3,7	3,5	3,2	2,8	4,7	4,3	3,9	3,4	3,8	3,5	3,3	2,9
L2010.21823Z	3,6	3,3	3,0	2,6	4,4	4,0	3,6	3,1	3,4	3,2	3,0	2,6
L1404,21824	3,4	3,1	2,7	2,4	3,9	3,6	3,2	2,8	3,1	2,9	2,6	2,3
L592,12824	3,3	3,0	2,8	2,4	4,5	4,1	3,7	3,2	3,3	3,1	2,8	2,4
L1402,21824	3,0	2,8	2,6	2,3	3,7	3,4	3,1	2,7	3,1	2,9	2,7	2,3
LGOE99254VA	3,0	2,8	2,5	2,2	3,7	3,3	3,0	2,6	3,0	2,8	2,5	2,2
L8110,21875	2,4	2,2	2,0	1,7	3,1	2,8	2,4	2,0	2,3	2,1	1,9	1,7
L0801520GATP	3,0	2,8	2,5	2,2	3,7	3,4	3,0	2,6	3,1	2,9	2,6	2,3
L1473A2TRW	3,7	3,5	3,1	2,8	4,5	4,2	3,8	3,3	3,5	3,3	3,0	2,7
L592,12873	3,0	2,7	2,5	2,1	3,6	3,3	3,0	2,5	3,0	2,8	2,6	2,3
L5248,21824	2,8	2,5	2,3	1,9	3,6	3,2	2,8	2,4	2,9	2,7	2,4	2,1
L871102-2S020	3,2	2,9	2,7	2,3	3,9	3,6	3,2	2,8	3,4	3,1	2,9	2,5
L965412113	2,9	2,7	2,4	2,1	3,4	3,0	2,7	2,3	2,8	2,6	2,4	2,1
L565,12824	2,7	2,5	2,3	2,0	3,2	3,0	2,7	2,4	2,8	2,5	2,3	2,0
L871112-2E021	3,0	2,7	2,4	2,1	3,5	3,2	2,9	2,5	2,9	2,7	2,4	2,1
L3074A2TRW	3,0	2,8	2,6	2,3	3,7	3,4	3,1	2,7	3,0	2,9	2,7	2,4

**Tabla AII.1.** Cálculo de la Rotación de Inventario (RI) mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
LFB43320	3,0	2,7	2,4	2,1	3,7	3,4	3,1	2,6	2,9	2,7	2,4	2,2
L1473B2TRW	3,8	3,5	3,2	2,8	4,6	4,3	3,8	3,4	3,8	3,5	3,3	2,9
L871102-2B020	2,4	2,2	2,0	1,7	3,0	2,7	2,4	2,0	2,4	2,2	2,0	1,7
L966012855	2,2	2,0	1,8	1,5	2,7	2,4	2,1	1,8	2,3	2,1	1,9	1,7
LDB106243	3,4	3,1	2,8	2,4	4,1	3,7	3,4	2,9	3,4	3,1	2,9	2,6
L871102-1C300	2,9	2,7	2,4	2,1	3,7	3,3	3,0	2,5	2,9	2,6	2,4	2,1
L871102-4H070	3,3	3,0	2,8	2,4	3,9	3,6	3,3	2,9	3,3	3,1	2,8	2,5
V956273320	4,7	4,5	4,3	4,0	6,2	5,9	5,5	5,1	4,9	4,7	4,5	4,2
V956273319	4,8	4,6	4,4	4,1	6,1	5,9	5,5	5,1	4,9	4,7	4,5	4,2
V11240316	3,1	2,8	2,6	2,3	3,9	3,6	3,2	2,8	3,3	3,0	2,7	2,4
V11240317	3,5	3,2	2,9	2,6	4,2	3,9	3,5	3,1	3,6	3,3	3,1	2,8
VFQ39238	3,2	2,9	2,6	2,3	3,7	3,4	3,1	2,7	3,0	2,8	2,6	2,3
VFQ39237	3,7	3,5	3,2	2,8	4,6	4,2	3,8	3,3	3,7	3,4	3,2	2,9
V11212480	3,5	3,2	2,9	2,6	4,2	3,9	3,5	3,1	3,4	3,2	2,9	2,6
V11212481	3,2	2,9	2,6	2,3	4,0	3,6	3,2	2,8	3,1	2,9	2,6	2,3
V592,34573	2,9	2,7	2,4	2,0	3,4	3,1	2,7	2,3	2,8	2,5	2,3	2,0
V592,24573	2,7	2,5	2,3	2,0	3,2	3,0	2,7	2,4	2,8	2,6	2,3	2,1
V878204-2S010	2,9	2,7	2,4	2,1	3,6	3,3	3,0	2,5	2,8	2,6	2,3	2,1
V878204-2E020	3,3	3,1	2,8	2,5	4,1	3,8	3,4	3,0	3,5	3,3	3,0	2,5
PIC-2690	4,3	4,0	3,7	3,4	5,5	5,1	4,7	4,2	4,3	4,1	3,8	3,5
PIC-5190	4,2	4,0	3,7	3,4	5,4	5,1	4,7	4,2	4,4	4,2	4,0	3,6
PIC-3897	3,9	3,6	3,3	2,9	4,9	4,5	4,1	3,6	4,0	3,8	3,6	3,2

**Tabla AII.1.** Cálculo de la Rotación de Inventario (RI) mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
PEV-559	4,0	3,8	3,5	3,2	5,1	4,8	4,4	3,9	4,2	3,9	3,7	3,4
PIC-1090	3,6	3,3	3,0	2,6	4,5	4,1	3,7	3,2	3,6	3,4	3,1	2,8
PIC-13951	3,7	3,4	3,1	2,8	4,8	4,4	4,0	3,5	3,8	3,5	3,3	2,9
PEV-2297	4,4	4,2	3,9	3,5	5,6	5,2	4,8	4,4	4,5	4,3	4,1	3,7
IISR1	3,9	3,6	3,3	3,0	4,9	4,5	4,1	3,6	3,9	3,6	3,4	3,1
I99822185	3,1	2,8	2,5	2,2	3,8	3,5	3,1	2,6	3,1	2,9	2,6	2,3
II50001GC	2,6	2,4	2,1	1,9	3,1	2,8	2,5	2,1	2,6	2,4	2,1	1,8
II50001BFC22L	3,1	2,9	2,7	2,3	3,8	3,5	3,2	2,8	3,5	3,3	3,0	2,7
II50001BC	5,0	4,8	4,6	4,4	6,5	6,2	5,9	5,5	5,2	5,0	4,9	4,6
IPROTE1KTOR2.5	3,7	3,5	3,2	2,8	4,7	4,3	3,8	3,4	3,9	3,6	3,4	3,0
IT8021141	2,9	2,6	2,3	2,0	3,4	3,1	2,7	2,3	2,8	2,6	2,3	2,0
IMETAL1FL100	2,9	2,6	2,3	2,0	3,6	3,3	2,9	2,5	2,9	2,6	2,4	2,1
II70001GC	2,8	2,6	2,3	2,0	3,3	3,0	2,7	2,3	2,8	2,5	2,3	2,0
IISC1	3,7	3,4	3,2	2,9	4,7	4,3	4,0	3,5	3,9	3,7	3,4	3,1
II30001GC	3,5	3,2	2,9	2,5	4,2	3,8	3,4	3,0	3,4	3,2	2,9	2,6
II30001BC	2,7	2,5	2,3	2,0	3,3	3,0	2,7	2,4	2,7	2,5	2,3	2,0
IIRS1010	3,3	3,0	2,7	2,3	4,1	3,7	3,3	2,8	3,3	3,1	2,8	2,5
IIMEGA16BC	2,4	2,1	1,9	1,6	2,8	2,5	2,2	1,9	2,2	2,1	1,9	1,6
II70001GFC	2,6	2,4	2,1	1,8	3,1	2,8	2,5	2,1	2,4	2,2	2,0	1,8
<b>PROMEDIO TOTAL</b>	<b>3,4</b>	<b>3,1</b>	<b>2,8</b>	<b>2,5</b>	<b>4,2</b>	<b>3,8</b>	<b>3,5</b>	<b>3,0</b>	<b>3,4</b>	<b>3,2</b>	<b>2,9</b>	<b>2,6</b>

## ANEXO III

### CÁLCULO DEL COSTO TOTAL ANUAL

**Tabla AIII.1.** Cálculo del Costo Total Anual (C) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95%

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P861101-2S060	2 194,5	2 436,9	2 741,8	3 193,7	1 738,1	1 954,9	2 227,6	2 631,8	1 310,8	1 498,5	1 734,7	2 084,7
PDW15611	1 344,2	1 480,9	1 652,9	1 907,8	1 067,3	1 189,6	1 343,4	1 571,3	826,0	931,8	1 065,0	1 262,4
PFW5941	1 175,4	1 295,9	1 447,4	1 672,0	938,8	1 046,5	1 182,1	1 383,0	738,8	832,1	949,5	1 123,5
P641101LFW	729,0	802,8	895,6	1 033,1	595,3	661,2	744,2	867,2	500,9	558,0	629,9	736,4
P307401LFW	837,3	942,8	1 075,6	1 272,4	698,7	793,1	911,8	1 087,9	597,6	679,3	782,2	934,6
P524301LFW	1 173,0	1 297,7	1 454,7	1 687,4	941,4	1 053,0	1 193,4	1 401,5	746,2	842,8	964,4	1 144,7
P028101LFW	470,6	522,0	586,8	682,8	401,0	447,1	505,0	590,9	372,3	412,2	462,4	536,7
PFW6191	847,3	928,9	1 031,6	1 183,8	681,8	754,8	846,7	982,8	555,3	618,6	698,1	816,0
P861101-2E000	1 007,1	1 116,7	1 254,6	1 459,0	815,9	914,0	1 037,3	1 220,2	662,0	746,9	853,7	1 012,1
P039001LFW	674,7	729,5	798,4	900,5	540,4	589,3	651,0	742,3	446,6	489,1	542,5	621,6
P5936C1LFW	888,1	983,3	1 103,0	1 280,4	722,4	807,5	914,5	1 073,2	594,7	668,4	761,1	898,6
P861101-4H010	872,2	972,9	1 099,7	1 287,6	717,3	807,4	920,8	1 088,8	600,1	678,2	776,4	921,9
P861101-1R000	1 015,3	1 142,5	1 302,6	1 539,8	838,7	952,5	1 095,6	1 307,8	698,3	796,8	920,8	1 104,5
PFW26110	858,2	951,5	1 068,8	1 242,8	700,6	784,0	889,0	1 044,5	581,2	653,5	744,4	879,1
P2765A1LFW	897,0	991,5	1 110,3	1 286,5	727,6	812,1	918,4	1 076,0	596,4	669,6	761,6	898,1
P193801LFW	468,7	516,7	577,1	666,7	396,4	439,3	493,4	573,5	365,1	402,3	449,1	518,5
PFW6151	560,7	621,1	697,0	809,5	469,9	523,8	591,8	692,4	419,3	466,0	524,9	612,0
P861101-2B230	638,0	703,7	786,5	909,1	526,7	585,5	659,5	769,2	455,3	506,3	570,4	665,3
PFW25319	498,0	547,3	609,3	701,2	417,2	461,2	516,7	598,9	377,3	415,5	463,5	534,7

**Tabla AIII.1.** Cálculo del Costo Total Anual (C) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P548701LFW	571,6	632,3	708,6	821,7	477,4	531,7	599,9	701,1	423,5	470,5	529,6	617,2
P861101-2S060	2 194,5	2 436,9	2 741,8	3 193,7	1 738,1	1 954,9	2 227,6	2 631,8	1 310,8	1 498,5	1 734,7	2 084,7
PDW15611	1 344,2	1 480,9	1 652,9	1 907,8	1 067,3	1 189,6	1 343,4	1 571,3	826,0	931,8	1 065,0	1 262,4
PFW5941	1 175,4	1 295,9	1 447,4	1 672,0	938,8	1 046,5	1 182,1	1 383,0	738,8	832,1	949,5	1 123,5
P641101LFW	729,0	802,8	895,6	1 033,1	595,3	661,2	744,2	867,2	500,9	558,0	629,9	736,4
P307401LFW	837,3	942,8	1 075,6	1 272,4	698,7	793,1	911,8	1 087,9	597,6	679,3	782,2	934,6
P524301LFW	1 173,0	1 297,7	1 454,7	1 687,4	941,4	1 053,0	1 193,4	1 401,5	746,2	842,8	964,4	1 144,7
P028101LFW	470,6	522,0	586,8	682,8	401,0	447,1	505,0	590,9	372,3	412,2	462,4	536,7
PFW6631	582,8	646,8	727,4	846,9	488,2	545,5	617,6	724,5	433,7	483,3	545,8	638,3
P280401LFW	647,5	711,7	792,5	912,3	531,5	589,0	661,3	768,4	455,6	505,4	568,0	660,8
P861101-3X160	362,6	415,5	482,1	580,7	330,4	377,8	437,3	525,6	339,1	380,0	431,6	508,0
P861111-2W000	756,9	830,5	923,2	1 060,5	613,7	679,6	762,4	885,2	510,0	567,0	638,8	745,2
P280301LFW	623,3	686,0	764,8	881,8	513,9	569,9	640,5	745,1	444,6	493,2	554,3	644,8
PDW16915	633,5	696,5	775,8	893,3	521,0	577,4	648,3	753,3	448,6	497,4	558,8	649,8
P5050B1LFW	690,1	775,0	881,7	1 039,9	580,2	656,1	751,6	893,1	509,1	574,8	657,5	780,0
P572401LFW	513,4	565,9	631,9	729,8	430,6	477,5	536,6	624,2	388,5	429,2	480,4	556,2
P5242C1LFW	576,1	636,7	713,0	826,0	480,4	534,6	602,8	703,9	424,9	471,9	530,9	618,5
PFW29214	1 308,4	954,6	1 077,8	1 260,5	704,1	791,8	902,0	1 065,4	589,6	665,5	761,0	902,5
PDW14511	330,4	366,0	410,8	477,1	292,0	323,8	363,8	423,1	295,3	322,8	357,5	408,9
PFW21612	355,7	388,4	429,5	490,5	306,0	335,2	372,0	426,5	298,2	323,5	355,4	402,6
PDW13813	263,5	290,5	324,4	374,8	238,9	263,0	293,4	338,4	256,6	277,5	303,8	342,8
P558001LFW	322,4	348,3	380,9	429,2	277,1	300,2	329,4	372,6	274,2	294,3	319,5	356,9

**Tabla AIII.1.** Cálculo del Costo Total Anual (C) mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
PFW34812	229,7	252,8	281,8	324,8	212,5	233,1	259,1	297,5	237,9	255,7	278,2	311,5
P559801LFW	286,5	313,5	347,4	397,7	254,2	278,3	308,7	353,7	264,2	285,1	311,4	350,4
PFW5011	306,8	343,9	390,6	459,7	277,7	310,9	352,6	414,5	290,3	319,0	355,2	408,8
PFW7581	262,5	282,7	308,1	345,8	231,6	249,6	272,4	306,1	243,3	259,0	278,7	307,9
PFW26015	270,8	289,6	313,1	348,1	235,7	252,4	273,5	304,8	243,4	257,9	276,2	303,3
PFW3971	397,5	438,6	490,2	566,7	342,1	378,8	425,0	493,4	328,1	359,9	399,9	459,1
P028201LFW	506,0	560,7	629,6	731,7	427,9	476,8	538,4	629,7	390,4	432,8	486,1	565,2
P251801LFW	302,9	331,6	367,7	421,3	266,8	292,5	324,8	372,7	273,0	295,3	323,2	364,7
P578901LFW	264,2	285,6	312,6	352,7	233,9	253,1	277,3	313,1	246,3	262,9	283,9	314,9
PFW5491	224,6	252,9	288,6	341,4	214,3	239,6	271,5	318,7	246,2	268,1	295,7	336,6
PFW26514	223,1	241,6	264,8	299,2	203,6	220,1	240,8	271,6	226,9	241,2	259,1	285,8
P563701LFW	221,2	243,7	272,1	314,1	206,3	226,5	251,8	289,5	234,0	251,5	273,5	306,1
P861101-3W040	291,6	322,8	362,1	420,4	261,8	289,7	324,9	377,0	274,1	298,3	328,7	373,8
PFW20716	216,6	238,1	265,3	305,5	202,3	221,6	245,8	281,8	230,6	247,3	268,3	299,5
PFW7591	282,9	311,6	347,8	401,4	253,5	279,3	311,6	359,6	266,4	288,7	316,7	358,3
P5137A1LFW	322,7	356,2	398,3	460,8	284,7	314,7	352,4	408,3	288,7	314,7	347,3	395,7
PFW4831	237,2	256,0	279,6	314,7	213,3	230,1	251,3	282,6	232,2	246,8	265,1	292,3
P642701LFW	287,3	327,0	376,9	450,8	267,2	302,7	347,3	413,5	288,7	319,4	358,1	415,4
P1298A1LFW	256,0	280,5	311,4	357,1	231,5	253,4	281,0	322,0	249,4	268,4	292,4	327,8
P2827A1LFW	257,9	280,5	308,9	351,1	230,8	251,0	276,5	314,2	246,4	263,9	285,9	318,5
P279901LFW	313,4	345,1	384,9	444,0	276,8	305,1	340,7	393,5	282,2	306,7	337,5	383,3
P8111,110213	245,8	269,1	298,5	342,0	223,5	244,4	270,7	309,6	243,8	261,9	284,6	318,4

**Tabla AIII.1.** Cálculo del Costo Total Anual (C) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P952731369	425,2	486,1	562,7	676,2	380,0	434,5	503,0	604,6	375,1	422,3	481,7	569,6
P393101LFW	278,4	302,5	332,9	377,9	246,0	267,6	294,7	335,0	256,1	274,8	298,3	333,2
PFW22112	268,8	297,3	333,2	386,3	243,9	269,4	301,5	349,0	261,3	283,3	311,1	352,3
P285101LFW	266,9	292,3	324,2	371,4	239,6	262,2	290,7	333,0	254,6	274,3	299,0	335,6
UU-4280	5 208,7	5 635,4	6 172,2	6 967,9	3 929,0	4 310,6	4 790,7	5 502,4	2 666,9	2 997,4	3 413,3	4 029,6
UL9008001-00	3 176,1	3 565,2	4 054,9	4 780,5	2 537,0	2 885,0	3 322,9	3 972,0	1 917,8	2 219,3	2 598,5	3 160,6
U412200003	2 775,8	3 130,7	3 577,2	4 239,0	2 236,4	2 553,8	2 953,2	3 545,1	1 719,1	1 994,0	2 339,9	2 852,5
UD2100073-00	1 714,7	1 899,2	2 131,2	2 475,1	1 361,3	1 526,2	1 733,8	2 041,4	1 040,5	1 183,3	1 363,1	1 629,5
UI-70000IN003	1 582,1	1 722,7	1 899,6	2 161,8	1 229,8	1 355,5	1 513,7	1 748,2	912,7	1 021,6	1 158,6	1 361,7
UU-8380	710,3	774,1	854,3	973,3	572,9	630,0	701,8	808,2	475,7	525,1	587,2	679,4
UD2100089-00	573,9	633,1	707,5	817,9	477,5	530,4	597,0	695,7	421,4	467,3	524,9	610,4
UD2100056-00	697,3	768,3	857,7	990,1	571,4	634,9	714,8	833,2	485,1	540,1	609,3	711,9
U411900017	493,7	547,5	615,1	715,4	418,7	466,8	527,3	617,0	384,4	426,0	478,4	556,1
CIC-7215CC	1 040,0	1 109,8	1 197,7	1 327,9	798,7	861,2	939,8	1 056,2	597,1	651,2	719,3	820,1
CIC-6617	970,9	1 064,6	1 182,5	1 357,2	776,1	859,9	965,4	1 121,7	619,6	692,2	783,5	918,9
CIC-6912	628,1	672,8	729,1	812,5	499,4	539,4	589,7	664,4	412,0	446,6	490,2	554,8
C9-O/P1-X	510,7	544,0	585,9	647,9	409,9	439,7	477,1	532,7	351,0	376,8	409,3	457,4
CEM-531	371,5	405,3	447,9	511,0	317,6	347,9	386,0	442,4	305,7	331,9	364,9	413,8
C5-T/K1	354,7	378,9	409,3	454,4	296,9	318,5	345,7	386,0	281,6	300,4	323,9	358,8
CIC-6913	323,7	353,2	390,4	445,5	281,5	308,0	341,2	390,5	281,6	304,5	333,3	376,0
C69991	282,0	307,9	340,5	388,8	250,1	273,3	302,5	345,6	260,7	280,8	306,0	343,4
CIC-7617	260,1	272,1	287,2	309,6	221,8	232,6	246,1	266,1	226,9	236,2	247,9	265,2

**Tabla AIII.1.** Cálculo del Costo Total Anual (C) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
CIC-13177	222,4	248,9	282,3	331,8	211,0	234,8	264,6	308,9	242,1	262,6	288,5	326,8
CWBL3917	240,6	258,2	280,5	313,4	214,4	230,2	250,1	279,6	231,2	244,9	262,1	287,6
L11243248	6 545,7	6 908,0	7 363,7	8 039,2	4 756,9	5 080,9	5 488,5	6 092,6	2 989,7	3 270,3	3 623,3	4 146,5
L956272318	5 337,0	5 713,8	6 187,9	6 890,5	3 965,4	4 302,4	4 726,4	5 354,9	2 614,6	2 906,4	3 273,6	3 817,9
L11212282	6 835,8	7 312,4	7 912,1	8 800,9	5 062,8	5 489,1	6 025,5	6 820,4	3 304,5	3 673,7	4 138,2	4 826,6
LCOF00250GA	1 058,0	1 176,3	1 325,2	1 546,0	858,4	964,3	1 097,5	1 294,9	695,6	787,3	902,6	1 073,6
L5008,21824	964,8	1 061,0	1 181,9	1 361,1	774,5	860,4	968,6	1 128,9	622,2	696,6	790,3	929,1
L2010,21823Z	682,2	752,1	840,1	970,5	560,3	622,8	701,5	818,1	478,0	532,2	600,3	701,3
L1404,21824	701,0	781,9	883,7	1 034,7	583,6	656,0	747,1	882,1	505,3	568,0	646,8	763,8
L592,12824	554,5	611,7	683,7	790,4	462,6	513,8	578,2	673,6	411,2	455,5	511,3	593,9
L1402,21824	443,4	492,0	553,1	643,7	380,1	423,5	478,2	559,2	357,7	395,4	442,7	512,9
LGOE99254VA	321,5	356,4	400,4	465,6	285,4	316,6	356,0	414,2	291,1	318,2	352,2	402,7
L8110,21875	460,0	519,8	595,0	706,4	402,2	455,6	522,9	622,5	384,6	430,9	489,1	575,5
L0801520GATP	575,0	641,3	724,8	848,5	485,3	544,6	619,3	729,9	435,5	486,9	551,5	647,4
L1473A2TRW	489,5	536,7	596,2	684,3	409,5	451,7	504,9	583,7	370,6	407,2	453,2	521,5
L592,12873	343,4	380,1	426,3	494,8	301,7	334,6	375,9	437,2	301,8	330,3	366,0	419,1
L5248,21824	300,3	334,7	377,9	442,1	270,7	301,4	340,1	397,5	283,0	309,6	343,1	392,8
L871102-2S020	500,6	554,6	622,5	723,2	423,5	471,8	532,5	622,6	387,1	428,9	481,5	559,5
L965412113	479,6	537,5	610,3	718,2	413,4	465,1	530,2	626,8	387,5	432,3	488,7	572,3
L565,12824	244,1	270,8	304,4	354,1	225,7	249,5	279,6	324,1	249,6	270,2	296,3	334,8
L871112-2E021	359,9	401,5	453,8	531,4	317,5	354,7	401,5	470,9	316,6	348,8	389,3	449,4
L3074A2TRW	203,9	223,2	247,6	283,7	191,6	208,9	230,7	263,0	222,2	237,2	256,1	284,0



**Tabla AIII.1.** Cálculo del Costo Total Anual (C) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
LFB43320	236,0	260,2	290,8	336,0	217,8	239,6	266,9	307,3	242,2	261,0	284,7	319,8
L1473B2TRW	273,9	296,9	325,9	368,8	241,9	262,5	288,4	326,8	252,5	270,3	292,8	326,0
L871102-2B020	376,6	424,6	485,1	574,7	335,0	378,0	432,1	512,2	334,5	371,7	418,5	488,0
L966012855	236,8	265,6	302,0	355,8	222,9	248,7	281,2	329,4	251,3	273,7	301,8	343,5
LDB106243	299,2	328,7	365,8	420,8	265,1	291,5	324,7	374,0	273,3	296,2	324,9	367,5
L871102-1C300	343,7	382,3	430,9	502,8	303,8	338,3	381,7	446,1	305,5	335,3	373,0	428,7
L871102-4H070	303,1	332,9	370,4	425,9	268,0	294,7	328,2	377,9	275,1	298,2	327,2	370,3
V956273320	1 555,2	1 642,6	1 752,5	1 915,5	1 159,4	1 237,6	1 336,0	1 481,8	802,3	870,0	955,2	1 081,5
V956273319	1 663,5	1 752,3	1 864,1	2 029,7	1 233,1	1 312,5	1 412,5	1 560,7	841,2	910,0	996,6	1 124,9
V11240316	599,6	664,9	747,1	868,8	500,7	559,1	632,5	741,4	441,7	492,3	555,9	650,2
V11240317	605,2	666,1	742,8	856,4	500,1	554,6	623,2	724,8	435,2	482,4	541,8	629,9
VFQ39238	164,0	178,5	196,9	224,0	160,3	173,3	189,7	214,0	199,8	211,0	225,2	246,3
V11212480	723,2	798,6	893,4	1 034,0	593,0	660,4	745,2	870,9	502,1	560,5	633,9	742,8
V11212481	655,7	730,4	824,4	963,8	547,3	614,1	698,2	822,8	478,3	536,2	609,0	716,9
V592,34573	167,4	183,6	203,9	234,1	164,2	178,7	196,9	223,9	204,0	216,5	232,3	255,7
V592,24573	120,7	130,6	143,1	161,6	126,9	135,8	146,9	163,5	176,5	184,1	193,8	208,1
V878204-2S010	139,4	151,9	167,6	190,9	141,9	153,1	167,1	188,0	187,6	197,3	209,5	227,5
V878204-2E020	547,4	602,9	672,8	776,4	456,2	505,9	568,4	661,1	405,7	448,7	502,8	583,1
PIC-2690	553,6	594,5	645,9	722,2	446,0	482,5	528,5	596,7	379,8	411,5	451,3	510,4
PIC-5190	553,6	593,6	643,8	718,4	445,1	480,8	525,8	592,4	378,0	409,0	447,9	505,7
PIC-3897	476,5	517,0	568,1	643,7	394,2	430,5	476,2	543,8	353,5	384,9	424,4	483,0
PEV-559	353,6	379,5	412,1	460,4	297,9	321,1	350,2	393,4	284,6	304,6	329,9	367,3

**Tabla AIII.1.** Cálculo del Costo Total Anual (C) mediante simulación con P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
PEV-559	353,6	379,5	412,1	460,4	297,9	321,1	350,2	393,4	284,6	304,6	329,9	367,3
PIC-1090	400,3	439,2	488,2	560,7	341,8	376,6	420,4	485,3	324,9	355,1	393,0	449,2
PIC-13951	254,2	275,2	301,7	341,0	226,8	245,7	269,4	304,5	242,2	258,5	279,0	309,4
PEV-2297	264,4	280,8	301,6	332,3	229,1	243,9	262,4	289,9	236,9	249,6	265,7	289,5
IISR1	1 637,9	1 787,4	1 975,6	2 254,6	1 275,7	1 409,5	1 577,9	1 827,3	948,4	1 064,3	1 210,0	1 426,1
I99822185	1 782,9	1 996,6	2 265,5	2 664,1	1 435,6	1 626,7	1 867,2	2 223,7	1 119,0	1 284,6	1 492,9	1 801,6
II50001GC	746,1	845,0	969,3	1 153,6	631,3	719,7	831,0	995,8	554,5	631,0	727,3	870,1
II50001BFC22L	1 447,1	1 608,3	1 811,2	2 111,8	1 160,0	1 304,2	1 485,7	1 754,6	907,0	1 031,9	1 189,1	1 421,9
II50001BC	832,0	867,0	911,0	976,3	625,8	657,1	696,5	754,8	461,4	488,5	522,6	573,1
IPROTEIKTOR2.5	654,5	717,0	795,6	912,1	534,5	590,3	660,6	764,8	454,6	503,0	563,8	654,0
IT8021141	483,1	542,5	617,3	728,2	417,2	470,4	537,3	636,4	391,7	437,7	495,7	581,5
IMETAL1FL100	411,6	458,6	517,8	605,5	357,3	399,4	452,3	530,8	344,2	380,6	426,5	494,4
II70001GC	1 158,1	1 308,6	1 497,9	1 778,4	956,8	1 091,3	1 260,7	1 511,6	790,2	906,7	1 053,4	1 270,7
II5C1	452,6	492,2	542,2	616,1	377,4	412,9	457,5	523,7	343,8	374,6	413,2	470,5
II30001GC	494,3	544,8	608,3	702,4	415,9	461,0	517,8	602,0	378,3	417,4	466,7	539,6
II30001BC	449,3	502,9	570,4	670,5	389,0	437,0	497,4	586,9	369,4	411,0	463,3	540,8
IIRS1010	541,2	601,4	677,1	789,3	456,7	510,5	578,2	678,6	412,5	459,1	517,7	604,6
IIMEGA16BC	289,1	326,7	374,1	444,3	266,4	300,1	342,4	405,2	285,4	314,6	351,3	405,6
II70001GFC	372,7	419,3	477,9	564,8	331,0	372,7	425,1	502,9	330,4	366,5	411,9	479,3
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>106 464,3</b>	<b>116 068,2</b>	<b>128 720,7</b>	<b>147 473,6</b>	<b>85 739,5</b>	<b>94 733,7</b>	<b>106 050,4</b>	<b>122 823,5</b>	<b>71 051,2</b>	<b>78 840,3</b>	<b>88 640,9</b>	<b>103 166,8</b>

## ANEXO IV

### VALOR PROMEDIO DEL INVENTARIO AGREGADO

**Tabla AIV.1.** Valor Promedio del Inventario Agregado mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95%

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P861101-2S060	9 558,0	10 447,4	11 585,6	13 272,5	7 882,0	8 578,0	9 520,0	10 936,5	9 952,1	10 752,9	11 760,5	13 259,1
PDW15611	7 422,4	8 034,2	8 832,3	10 021,7	5 740,5	6 285,6	6 981,4	8 025,0	7 189,8	7 731,9	8 429,7	9 423,7
PFW5941	6 342,9	6 905,0	7 612,3	8 660,6	5 092,0	5 577,3	6 201,9	7 139,5	6 413,7	6 866,8	7 437,1	8 306,8
P641101LFW	3 859,9	4 175,9	4 574,4	5 190,0	3 095,2	3 387,1	3 753,0	4 292,7	3 816,6	4 100,1	4 451,9	4 983,8
P307401LFW	4 481,6	4 957,1	5 576,7	6 495,2	3 647,5	4 047,5	4 567,2	5 369,9	4 209,4	4 625,8	5 150,7	5 941,9
P524301LFW	6 432,1	6 990,6	7 710,8	8 796,7	4 977,0	5 497,8	6 153,1	7 124,3	6 208,5	6 687,1	7 289,4	8 182,5
P028101LFW	2 348,3	2 578,2	2 868,3	3 298,0	1 892,9	2 098,5	2 360,6	2 749,1	2 461,1	2 654,3	2 894,8	3 259,1
PFW6191	4 512,3	4 893,1	5 372,3	6 082,5	3 614,1	3 944,3	4 359,7	4 987,1	4 376,5	4 682,0	5 060,8	5 622,1
P861101-2E000	5 329,3	5 819,9	6 437,3	7 352,3	4 196,8	4 626,6	5 184,6	6 011,7	5 179,9	5 620,7	6 169,2	6 965,3
P039001LFW	3 583,6	3 828,8	4 137,3	4 596,6	2 795,7	3 017,3	3 296,1	3 720,4	3 447,0	3 649,1	3 902,7	4 287,2
P5936C1LFW	4 785,8	5 192,3	5 728,1	6 522,2	3 831,9	4 216,8	4 701,2	4 997,8	4 636,6	5 001,5	5 460,7	6 142,6
P861101-4H010	4 383,9	4 845,3	5 436,9	6 313,7	3 760,6	4 123,1	4 594,3	5 352,5	4 703,0	5 078,3	5 554,0	6 280,9
P861101-1R000	5 226,2	5 747,1	6 473,4	7 580,4	4 282,0	4 766,7	5 391,6	6 377,7	5 664,9	6 184,3	6 830,5	7 790,3
PFW26110	4 467,7	4 871,3	5 396,6	6 205,0	3 646,3	4 032,6	4 522,5	5 248,5	4 635,3	4 996,9	5 451,2	6 119,6
P2765A1LFW	4 657,5	5 084,7	5 639,3	6 461,3	3 879,1	4 260,6	4 756,6	5 491,9	4 781,4	5 122,9	5 555,6	6 210,2
P193801LFW	3 121,7	3 396,1	3 744,0	4 254,7	2 544,0	2 791,6	3 103,0	3 570,8	3 120,8	3 352,9	3 642,5	4 074,0
PFW6151	3 003,8	3 273,2	3 610,3	4 114,1	2 402,7	2 639,2	2 936,7	3 377,8	2 996,4	3 247,8	3 548,3	3 969,1
P861101-2B230	3 329,9	3 624,3	3 994,6	4 563,2	2 729,6	2 997,6	3 343,0	3 854,8	3 307,2	3 557,0	3 871,3	4 340,7
PFW25319	2 577,3	2 793,8	3 071,3	3 482,7	2 020,9	2 216,7	2 467,6	2 839,5	2 690,3	2 879,0	3 117,3	3 469,8

**Tabla AIV.1.** Valor Promedio del Inventario Agregado mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P548701LFW	3 067,7	3 339,2	3 680,7	4 187,0	2 404,1	2 642,4	2 941,4	3 384,5	2 950,5	3 176,1	3 459,4	3 882,3
P861101-2S060	9 558,0	10 447,4	11 585,6	13 272,5	7 882,0	8 578,0	9 520,0	10 936,5	9 952,1	10 752,9	11 760,5	13 259,1
PDW15611	7 422,4	8 034,2	8 832,3	10 021,7	5 740,5	6 285,6	6 981,4	8 025,0	7 189,8	7 731,9	8 429,7	9 423,7
PFW5941	6 342,9	6 905,0	7 612,3	8 660,6	5 092,0	5 577,3	6 201,9	7 139,5	6 413,7	6 866,8	7 437,1	8 306,8
P641101LFW	3 859,9	4 175,9	4 574,4	5 190,0	3 095,2	3 387,1	3 753,0	4 292,7	3 816,6	4 100,1	4 451,9	4 983,8
P307401LFW	4 481,6	4 957,1	5 576,7	6 495,2	3 647,5	4 047,5	4 567,2	5 369,9	4 209,4	4 625,8	5 150,7	5 941,9
P524301LFW	6 432,1	6 990,6	7 710,8	8 796,7	4 977,0	5 497,8	6 153,1	7 124,3	6 208,5	6 687,1	7 289,4	8 182,5
P028101LFW	2 348,3	2 578,2	2 868,3	3 298,0	1 892,9	2 098,5	2 360,6	2 749,1	2 461,1	2 654,3	2 894,8	3 259,1
PFW6631	3 064,3	3 346,8	3 707,6	4 242,4	2 512,6	2 760,9	3 093,0	3 591,7	3 007,5	3 246,2	3 546,5	3 990,0
P280401LFW	3 400,8	3 682,4	4 056,9	4 615,9	2 705,1	2 950,7	3 278,8	3 778,8	3 521,0	3 757,3	4 049,4	4 487,5
P861101-3X160	1 716,6	1 945,9	2 234,4	2 661,9	1 509,2	1 718,7	1 982,4	2 373,2	1 682,5	1 910,2	2 208,9	2 662,7
P861111-2W000	4 045,8	4 389,4	4 821,7	5 462,5	3 210,6	3 506,8	3 891,5	4 464,6	3 977,9	4 254,9	4 603,5	5 122,8
P280301LFW	3 312,3	3 592,9	3 946,0	4 477,8	2 656,4	2 902,1	3 215,1	3 697,5	3 221,2	3 450,1	3 737,9	4 163,3
PDW16915	3 264,7	3 551,0	3 920,9	4 469,2	2 599,8	2 855,3	3 186,2	3 676,6	3 281,0	3 520,3	3 821,5	4 267,9
P5050B1LFW	3 573,7	3 936,1	4 413,6	5 145,8	2 885,8	3 198,5	3 603,1	4 206,6	3 683,1	4 029,1	4 473,2	5 133,9
P572401LFW	2 657,8	2 892,8	3 196,3	3 653,2	2 126,7	2 332,4	2 597,7	2 993,8	2 627,0	2 839,2	3 093,4	3 469,0
P5242C1LFW	3 020,9	3 303,8	3 659,7	4 187,2	2 445,2	2 690,5	3 006,3	3 478,1	3 065,1	3 288,3	3 565,4	3 993,7
PFW29214	1 487,3	1 621,0	1 795,9	2 071,2	1 186,7	1 307,4	1 469,2	1 710,8	1 458,3	1 576,5	1 726,6	1 948,9
PDW14511	1 670,5	1 823,6	2 015,5	2 299,7	1 319,4	1 455,1	1 630,4	2 011,2	1 645,6	1 790,1	1 965,1	2 213,4
PFW21612	1 765,0	1 900,9	2 077,1	2 347,0	1 417,4	1 537,1	1 687,7	1 923,3	1 745,1	1 871,2	2 030,4	2 265,1
PDW13813	1 223,5	1 337,9	1 488,5	1 718,0	1 032,5	1 137,5	1 273,7	1 482,9	1 312,2	1 414,2	1 542,0	1 726,5
P558001LFW	1 580,7	1 696,7	1 844,9	2 070,4	1 239,9	1 342,3	1 477,6	1 679,3	1 596,6	1 696,2	1 821,2	2 004,9

**Tabla AIV.1.** Valor Promedio del Inventario Agregado mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
PFW34812	1 017,1	1 115,9	1 244,7	1 441,0	835,9	923,1	1 042,1	1 221,6	1 004,5	1 092,8	1 205,0	1 370,2
P559801LFW	1 328,5	1 450,1	1 608,4	1 843,2	1 054,7	1 163,8	1 305,5	1 515,5	1 381,1	1 486,5	1 615,7	1 808,2
PFW5011	1 414,3	1 577,5	1 795,3	2 118,1	1 195,5	1 331,4	1 514,5	1 803,3	1 483,3	1 637,9	1 817,6	2 083,9
PFW7581	1 288,2	1 382,5	1 501,1	1 676,8	992,5	1 076,8	1 182,9	1 340,2	1 216,4	1 292,8	1 390,3	1 534,8
PFW26015	1 307,7	1 395,2	1 505,3	1 668,5	1 041,2	1 119,4	1 217,9	1 363,9	1 317,3	1 387,2	1 475,1	1 605,4
PFW3971	1 963,1	2 154,6	2 395,6	2 752,7	1 588,5	1 757,2	1 790,8	2 292,1	1 935,7	2 090,0	2 284,3	2 571,1
P028201LFW	2 644,2	2 891,2	3 206,1	3 666,1	2 122,5	2 160,4	2 601,1	3 014,2	2 575,2	2 783,2	3 044,9	3 432,8
P251801LFW	1 473,4	1 599,2	1 760,9	2 000,5	1 150,4	1 266,2	1 412,4	1 635,6	1 443,4	1 547,4	1 680,2	1 880,5
P578901LFW	1 202,6	1 298,7	1 424,8	1 611,6	969,0	1 058,6	1 171,3	1 338,4	1 259,3	1 342,5	1 447,1	1 602,2
PFW5491	1 004,8	1 129,6	1 289,1	1 531,5	870,5	978,9	1 118,8	1 332,5	989,4	1 100,4	1 234,2	1 444,1
PFW26514	1 029,1	1 108,2	1 209,1	1 368,3	815,8	889,8	984,1	1 127,7	1 067,7	1 132,8	1 214,8	1 337,3
P563701LFW	989,6	1 081,9	1 204,9	1 396,2	793,7	876,3	982,4	1 141,8	991,4	1 074,6	1 178,2	1 331,8
P861101-3W040	1 349,0	1 487,1	1 663,0	1 929,5	1 095,0	1 221,7	1 385,8	1 628,9	1 365,3	1 487,4	1 642,8	1 874,9
PFW20716	972,2	1 068,6	1 187,4	1 364,7	787,8	873,0	979,4	1 140,8	979,2	1 063,6	1 177,6	1 335,6
PFW7591	1 304,8	1 429,7	1 591,6	1 833,3	1 107,1	1 219,7	1 361,5	1 577,3	1 372,9	1 485,3	1 625,9	1 831,5
P5137A1LFW	1 554,2	1 694,9	1 875,5	2 158,1	1 266,8	1 390,9	1 552,0	1 796,8	1 612,5	1 740,9	1 902,6	2 135,9
PFW4831	1 124,8	1 205,4	1 309,0	1 466,0	877,6	953,7	1 049,4	1 195,8	1 087,7	1 157,8	1 246,0	1 377,6
P642701LFW	1 303,5	1 475,7	1 703,8	2 041,9	1 169,2	1 317,2	1 523,3	1 832,0	1 435,5	1 590,4	1 804,5	2 082,3
P1298A1LFW	1 198,7	1 310,9	1 449,7	1 654,5	942,9	1 042,2	1 167,2	1 352,4	1 211,8	1 302,9	1 418,9	1 592,8
P2827A1LFW	1 213,0	1 308,8	1 435,9	1 624,5	970,8	1 059,3	1 170,7	1 335,8	1 221,0	1 306,8	1 414,8	1 571,0
P279901LFW	1 532,8	1 680,5	1 866,4	2 141,9	1 228,5	1 350,4	1 513,4	1 759,8	1 541,5	1 672,4	1 831,1	2 054,6
P8111,110213	1 168,5	1 272,8	1 401,9	1 600,4	1 417,0	1 435,4	1 461,4	1 305,7	1 122,1	1 219,1	1 343,2	1 518,8

**Tabla AIV.1.** Valor Promedio del Inventario Agregado mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
P952731369	1 990,7	2 274,9	2 632,5	3 162,4	1 762,8	1 987,7	2 278,1	2 717,8	2 198,7	2 439,2	2 693,3	3 122,4
P393101LFW	1 297,7	1 410,3	1 552,0	1 762,0	1 059,6	1 157,2	1 282,7	1 470,6	1 223,9	1 312,7	1 425,2	1 591,2
PFW22112	1 253,9	1 376,0	1 529,6	1 763,0	1 008,0	1 120,9	1 265,9	1 480,9	1 229,2	1 342,5	1 490,3	1 703,3
P285101LFW	1 268,7	1 378,0	1 518,2	1 729,7	997,7	1 098,0	1 227,1	1 418,3	1 214,2	1 304,4	1 423,8	1 607,3
UU-4280	30 050,9	32 042,0	34 547,2	38 260,4	23 558,1	25 339,0	27 579,8	30 900,9	28 961,6	30 530,2	32 530,2	35 494,4
UL9008001-00	16 815,6	18 612,3	20 897,1	24 283,6	13 899,8	15 473,9	17 481,8	20 510,8	17 832,9	19 296,9	21 139,0	23 858,8
U412200003	15 711,6	17 328,9	19 327,6	22 315,2	12 920,6	14 277,0	16 014,1	18 669,5	15 107,1	16 506,2	18 268,5	20 884,7
UD2100073-00	9 353,8	10 197,3	11 280,2	12 885,1	7 716,2	8 480,1	9 448,7	10 884,2	9 061,1	9 811,0	10 761,0	12 081,6
UI-70000IN003	8 927,9	9 530,3	10 288,4	11 437,0	6 984,3	7 553,1	8 268,8	9 329,5	8 785,4	9 329,8	10 015,8	11 020,5
UU-8380	3 776,4	4 061,9	4 421,1	4 971,5	3 072,8	3 330,8	3 655,5	4 147,7	3 707,2	3 946,0	4 235,1	4 689,2
UD2100089-00	3 000,7	3 258,9	3 599,1	4 114,0	2 369,5	2 616,4	2 927,2	3 387,7	2 947,9	3 170,5	3 450,6	3 865,7
UD2100056-00	3 677,2	3 995,0	4 400,3	5 018,2	2 918,2	3 205,4	3 566,9	4 116,1	3 569,1	3 841,4	4 184,1	4 691,9
U411900017	2 397,1	2 637,7	2 945,5	3 413,3	1 957,5	2 168,7	2 451,0	2 869,4	2 516,0	2 714,3	2 964,1	3 337,6
CIC-7215CC	5 749,4	6 075,3	6 485,3	7 093,0	4 453,1	4 744,6	5 111,4	5 654,9	5 669,7	5 935,0	6 268,8	6 763,6
CIC-6617	5 138,7	5 540,3	6 052,7	6 865,9	4 113,3	4 495,4	4 972,5	5 680,6	5 161,4	5 518,3	5 970,6	6 643,8
CIC-6912	3 397,8	3 606,6	3 869,2	4 258,6	2 698,5	2 883,4	3 115,9	3 463,7	3 309,2	3 477,5	3 689,3	4 003,1
C9-O/P1-X	2 738,4	2 893,8	3 089,3	3 379,1	2 084,7	2 221,0	2 395,9	2 655,1	2 648,6	2 772,7	2 928,8	3 160,1
CEM-531	1 837,1	1 985,0	2 171,6	2 453,8	1 539,8	1 672,4	1 839,3	2 088,4	1 903,7	2 035,2	2 198,6	2 435,4
C5-T/K1	1 799,3	1 907,4	2 043,7	2 254,0	1 425,6	1 523,3	1 649,9	1 838,0	1 757,9	1 848,0	1 961,4	2 133,0
CIC-6913	1 582,3	1 720,2	1 893,7	2 150,9	1 243,5	1 363,0	1 517,6	1 747,6	1 573,3	1 686,2	1 827,9	2 044,1
C69991	1 378,9	1 494,8	1 640,7	1 862,1	1 102,9	1 204,4	1 335,0	1 530,8	1 348,3	1 450,5	1 578,1	1 765,7
CIC-7617	1 290,5	1 346,5	1 417,0	1 521,5	994,8	1 044,9	1 107,9	1 201,4	1 276,4	1 321,6	1 378,4	1 462,6

**Tabla AIV.1.** Valor Promedio del Inventario Agregado mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
CIC-13177	921,8	1 035,1	1 183,6	1 405,1	807,4	906,8	1 032,3	1 230,3	912,3	1 014,0	1 144,4	1 336,8
CWBL3917	1 134,4	1 216,8	1 320,5	1 474,2	894,9	968,6	1 061,4	1 198,8	1 090,5	1 159,3	1 245,4	1 373,0
L11243248	38 155,7	39 845,9	41 972,7	45 124,9	29 943,2	31 455,1	33 357,3	36 176,7	38 015,9	39 365,3	41 063,1	43 610,0
L956272318	30 874,7	32 633,0	34 845,3	38 124,2	24 047,4	25 620,1	27 598,8	30 531,6	30 248,1	31 679,6	33 480,6	36 150,1
L11212282	40 041,1	42 265,2	45 063,6	49 211,4	30 467,6	32 456,9	34 959,9	38 669,7	39 096,8	40 919,5	43 219,9	46 612,2
LCOF00250GA	5 845,4	6 334,6	6 999,3	8 014,0	4 716,8	5 180,3	5 763,9	6 638,9	5 854,3	6 321,8	6 903,5	7 766,5
L5008,21824	5 053,4	5 483,6	6 024,9	6 827,2	4 076,3	4 465,1	4 954,4	5 679,9	5 053,1	5 428,8	5 889,3	6 570,2
L2010,21823Z	3 526,0	3 830,6	4 232,4	4 840,8	2 844,5	3 129,3	3 496,4	4 040,6	3 677,2	3 939,4	4 273,6	4 773,9
L1404,21824	3 418,3	3 774,2	4 249,4	4 953,8	2 900,6	3 195,5	3 588,7	4 208,5	3 684,0	4 009,4	4 416,8	4 992,8
L592,12824	2 651,3	2 873,1	3 154,2	3 570,7	2 104,6	2 301,0	2 552,3	2 924,9	2 771,1	3 009,5	3 324,4	3 801,8
L1402,21824	2 259,7	2 457,5	2 722,3	3 114,8	1 839,9	2 031,5	2 274,1	2 640,6	2 242,1	2 432,3	2 668,8	3 048,9
LGOE99254VA	1 489,4	1 636,6	1 830,8	2 122,6	1 239,9	1 372,8	1 546,3	1 812,1	1 534,1	1 665,6	1 831,0	2 078,6
L8110,21875	2 289,9	2 557,4	2 893,9	3 392,8	1 844,3	2 069,4	2 371,6	2 836,7	2 446,8	2 708,5	3 033,8	3 501,7
L0801520GATP	2 962,3	3 246,7	3 615,5	4 169,4	2 408,3	2 668,3	2 995,4	3 493,6	2 911,6	3 161,2	3 478,2	3 961,4
L1473A2TRW	2 426,7	2 638,2	2 904,3	3 298,6	1 994,3	2 168,9	2 405,7	2 767,9	2 616,1	2 816,2	3 055,0	3 399,5
L592,12873	1 684,1	1 847,2	2 055,8	2 375,4	1 376,6	1 520,5	1 703,1	1 988,7	1 661,6	1 797,0	1 966,2	2 229,0
L5248,21824	1 453,3	1 607,2	1 807,8	2 107,0	1 129,5	1 265,2	1 440,2	1 707,7	1 391,0	1 525,4	1 693,7	1 952,9
L871102-2S020	2 580,9	2 812,3	3 114,7	3 576,7	2 108,7	2 315,3	2 587,3	2 994,6	2 458,8	2 658,3	2 913,7	3 296,7
L965412113	2 369,5	2 625,5	2 951,5	3 442,1	2 029,3	2 263,3	2 558,7	2 995,4	2 457,7	2 651,9	2 900,2	3 338,5
L565,12824	1 119,2	1 222,1	1 357,4	1 572,4	930,2	1 029,1	1 156,4	1 348,4	1 123,3	1 230,8	1 366,3	1 570,0
L871112-2E021	1 728,2	1 914,3	2 157,4	2 519,4	1 415,8	1 568,1	1 770,4	2 084,3	1 776,6	1 937,1	2 141,9	2 438,6
L3074A2TRW	889,3	972,3	1 075,5	1 226,4	736,7	809,7	905,1	1 050,1	913,0	982,5	1 066,6	1 197,9

**Tabla AIV.1.** Valor Promedio del Inventario Agregado mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
LFB43320	1 078,8	1 187,4	1 324,1	1 526,7	863,6	952,5	1 069,8	1 257,6	1 106,4	1 207,7	1 334,3	1 512,9
L1473B2TRW	1 260,4	1 360,2	1 491,5	1 691,8	1 037,7	1 131,7	1 252,6	1 431,8	1 275,8	1 363,6	1 474,8	1 641,1
L871102-2B020	1 818,7	2 016,3	2 279,3	2 695,8	1 484,4	1 669,7	1 905,2	2 276,9	1 895,0	2 067,0	2 291,5	2 639,6
L966012855	1 088,5	1 215,1	1 376,7	1 622,8	872,8	984,1	1 130,1	1 350,3	1 035,3	1 140,0	1 270,7	1 470,5
LDB106243	1 416,1	1 543,6	1 715,6	1 972,4	1 154,8	1 273,8	1 425,4	1 655,0	1 408,4	1 519,8	1 660,9	1 867,3
L871102-1C300	1 668,2	1 833,5	2 045,5	2 367,5	1 329,2	1 479,1	1 675,5	1 974,6	1 742,5	1 895,5	2 085,3	2 365,2
L871102-4H070	1 467,9	1 589,8	1 751,5	2 008,0	1 208,2	1 317,7	1 462,2	1 686,6	1 450,3	1 568,8	1 715,0	1 930,0
V956273320	8 972,1	9 380,0	9 893,2	10 653,8	6 877,9	7 242,7	7 701,7	8 382,0	8 664,7	8 990,3	9 400,0	10 007,7
V956273319	9 647,4	10 062,0	10 583,6	11 356,7	7 491,7	7 862,5	8 329,0	9 020,5	9 483,4	9 824,2	10 251,0	10 874,3
V11240316	3 209,0	3 480,9	3 844,1	4 389,1	2 562,7	2 818,5	3 144,0	3 650,8	3 097,7	3 358,4	3 679,6	4 148,8
V11240317	3 119,8	3 403,9	3 761,8	4 292,2	2 585,4	2 824,2	3 126,7	3 593,3	3 070,2	3 292,8	3 580,3	4 005,1
VFQ39238	661,4	727,9	811,7	933,8	553,7	611,4	684,0	793,1	704,7	758,4	822,3	920,5
VFQ39237	719,2	776,5	851,5	962,6	591,3	644,1	714,0	817,6	741,7	794,3	857,9	952,5
V11212480	3 770,5	4 093,6	4 506,0	5 158,1	3 082,0	3 377,3	3 753,7	4 336,3	3 833,4	4 134,5	4 487,2	5 003,8
V11212481	3 367,0	3 709,3	4 148,0	4 798,2	2 678,3	2 975,8	3 356,1	3 919,9	3 447,1	3 748,3	4 132,5	4 667,9
V592,34573	671,8	743,0	835,5	976,5	566,9	630,6	713,1	835,3	692,5	758,8	837,9	955,1
V592,24573	433,1	474,1	525,7	604,1	359,3	395,6	442,5	514,5	432,8	473,5	527,1	602,4
V878204-2S010	522,8	574,0	640,3	744,8	419,8	464,7	526,3	620,1	563,9	612,8	672,8	762,2
V878204-2E020	2 881,7	3 123,1	3 449,1	3 932,4	2 318,4	2 536,0	2 818,3	3 238,7	2 723,6	2 924,3	3 178,6	3 736,5
PIC-2690	2 910,8	3 101,5	3 341,6	3 697,3	2 270,3	2 440,9	2 655,6	2 973,8	2 882,4	3 036,8	3 230,9	3 514,4
PIC-5190	2 990,0	3 176,5	3 411,1	3 758,9	2 318,1	2 484,9	2 694,8	3 005,8	2 847,1	3 000,8	3 192,3	3 472,6
PIC-3897	2 481,1	2 670,4	2 908,6	3 261,6	1 958,1	2 122,2	2 328,7	2 639,5	2 382,5	2 523,2	2 698,8	2 966,7



**Tabla AIV.1.** Valor Promedio del Inventario Agregado mediante simulación, P = 3, 2 y 1 y NS = 80%, 85%, 90% y 95% (continuación...)

SKU	80%-P3	85%-P3	90%-P3	95%-P3	80%-P2	85%-P2	90%-P2	95%-P2	80%-P1	85%-P1	90%-P1	95%-P1
PEV-559	1 806,4	1 917,9	2 063,7	2 279,9	1 427,7	1 532,5	1 666,7	1 868,3	1 763,5	1 860,0	1 981,4	2 161,4
PIC-1090	1 989,5	2 163,0	2 382,1	2 714,6	1 567,7	1 722,0	1 920,1	2 221,5	1 973,2	2 119,5	2 302,3	2 582,9
PIC-13951	1 203,0	1 300,6	1 424,2	1 607,5	922,1	1 007,3	1 116,4	1 280,3	1 178,6	1 258,6	1 365,0	1 515,7
PEV-2297	1 262,6	1 339,2	1 435,9	1 579,3	1 000,8	1 068,4	1 155,0	1 283,2	1 239,8	1 301,2	1 378,4	1 492,9
IISR1	9 120,8	9 797,4	10 648,8	11 937,3	7 203,2	7 827,5	8 613,0	9 777,3	9 166,0	9 745,3	10 478,0	11 568,6
I99822185	9 780,7	10 722,2	11 963,1	13 823,0	7 830,2	8 693,5	9 815,9	11 479,3	9 592,7	10 416,9	11 476,6	13 054,0
II50001GC	3 725,6	4 147,8	4 680,8	5 470,8	3 252,6	3 631,5	4 110,4	4 870,3	3 978,5	4 369,4	4 864,3	5 605,4
II50001BFC22L	8 028,0	8 713,4	9 614,0	10 959,8	6 577,3	7 188,4	7 982,7	9 199,2	7 371,0	7 944,7	8 693,0	9 826,4
II50001BC	4 746,1	4 909,4	5 114,8	5 419,3	3 678,7	3 824,8	4 008,5	4 280,9	4 601,5	4 731,9	4 895,9	5 144,4
IPROTE1KTOR2.5	3 402,6	3 676,2	4 042,7	4 586,3	2 735,3	2 994,2	3 322,2	3 808,3	3 279,1	3 514,6	3 809,6	4 256,4
IT8021141	2 304,0	2 558,8	2 879,4	3 388,6	1 941,0	2 170,1	2 470,2	2 926,4	2 421,3	2 646,9	2 919,9	3 328,8
IMETAL1FL100	2 105,0	2 317,1	2 582,0	2 987,5	1 653,7	1 838,1	2 076,0	2 434,7	2 104,6	2 295,7	2 534,5	2 891,5
II70001GC	5 959,6	6 614,2	7 465,2	8 774,6	5 062,0	5 636,9	6 395,2	7 565,8	6 148,9	6 768,7	7 555,9	8 607,2
IISC1	2 362,9	2 540,5	2 763,9	3 095,1	1 871,6	2 032,1	2 234,1	2 538,3	2 275,0	2 427,2	2 616,2	2 894,5
II30001GC	2 499,8	2 731,7	3 028,1	3 467,5	2 056,1	2 266,9	2 532,0	2 925,0	2 502,1	2 701,6	2 960,8	3 321,9
II30001BC	2 295,3	2 530,4	2 828,4	3 262,5	1 884,1	2 088,4	2 353,0	2 751,1	2 328,6	2 544,0	2 808,1	3 189,2
IIRS1010	2 716,1	2 985,4	3 332,3	3 856,0	2 185,3	2 436,4	2 752,4	3 220,8	2 694,0	2 930,3	3 230,9	3 668,5
IIMEGA16BC	1 307,2	1 470,7	1 682,6	2 010,1	1 085,3	1 224,9	1 411,6	1 695,6	1 353,9	1 493,5	1 673,3	1 928,6
II70001GFC	1 732,6	1 941,2	2 203,7	2 592,8	1 480,6	1 662,7	1 902,2	2 262,0	1 931,9	2 118,4	2 346,1	2 678,6
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>561 473,1</b>	<b>606 059,7</b>	<b>663 057,4</b>	<b>748 398,0</b>	<b>449 312,3</b>	<b>488 716,2</b>	<b>539 335,8</b>	<b>615 119,2</b>	<b>558 503,1</b>	<b>596 791,4</b>	<b>644 948,0</b>	<b>716 432,7</b>

