

# Pontificia Universidad Católica del Perú

## Facultad de Ciencias e Ingeniería



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE PRONÓSTICOS Y CONTROL AGREGADO DE INVENTARIOS CON DEMANDA PROBABILÍSTICA EN UNA EMPRESA IMPORTADORA Y COMERCIALIZADORA DE ARTÍCULOS PARA EL MANTENIMIENTO VEHICULAR

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial, que presenta el bachiller:

**César Enrique Jahir Jeri Huamán**

**ASESOR: Ing. José Alan Rau Álvarez**

Lima, octubre de 2016

## RESUMEN

El presente proyecto de tesis tiene por objetivo mostrar los potenciales beneficios económicos y estratégicos que ofrece la utilización de metodologías de pronósticos para el planeamiento operacional y la aplicación de políticas de control coordinado de ítems, siendo esta una mejor práctica frente a la administración optimizadora individual de artículos.

El análisis y diagnóstico de la problemática actual de la empresa estudiada en este proyecto se desarrolló mediante la aplicación de las herramientas como el diagrama de Pareto y el de Causa – Efecto, seleccionando las dos familias de productos más representativas y de mayor interés para la dirección e identificando las problemáticas raíces de su ineficiente desempeño logístico actual, las cuales son la falta de planeamiento de la demanda, el período de control actual inconveniente y la ausencia de clasificación de ítems para permitir enfoques diferenciados en su administración. Se propondrán mejoras en la administración que no requieran un costo de inversión considerable en bienes, sino que se orientan a la formalización de buenas prácticas en la gestión logística y comercial, siendo los principales costos de su implementación la capacitación del personal actual y la incorporación de un equipo de analistas que sostengan las mejoras en áreas clave de planeamiento, almacén y comercio exterior.

Para la gestión de inventarios, se plantean sistemas de control diferenciados en función a la importancia de cada artículo, la cual se determinó mediante la ejecución de una clasificación ABC multicriterio, a partir de la valorización de tres factores: la frecuencia, el costo de venta y el margen de contribución. Posteriormente se hizo uso de la técnica de reabastecimiento conjunto para determinar el tiempo entre revisiones y la frecuencia de pedidos a realizarse para un conjunto de ítems agrupados en función al puerto desde el cual son despachados. Seguidamente se aplicó la herramienta de curva de intercambio probabilística, la cual consiste en la selección del nivel de servicio (y correspondiente factor de seguridad) más adecuado en términos de costos relevantes resultantes del rendimiento agregado de los inventarios., considerando los límites financieros y de políticas de la compañía. Finalmente se define un nivel de existencias máximo para el sistema de control periódico desarrollado y un valor del stock seguridad, completando así la política de inventarios.

Para el planeamiento de la cadena de suministro, se propone la utilización de un proceso de decisión, basado en el análisis de patrones de la demanda y la importancia del artículo, para la

selección de métodos de pronósticos cuantitativos, pudiendo estimar los niveles de requerimientos y de demanda futuros.

Finalmente, se obtuvo como resultado de las propuestas, una disminución del 42% del inventario promedio, un 84% menos de stockouts y una reducción del 43% en el costo total relevante de la gestión en el primer año. Esto se traduce en una evaluación económica que viabiliza el proyecto con un VAN de S/. 46,105 y un TIR de 67.7%, siendo estos valores bastante aceptables.



## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, brindándome la fortaleza y perseverancia para llevar a cabo este proyecto.

A mis padres por su apoyo a lo largo de toda mi vida, en especial a mi papá, César Jeri, quién siempre estuvo a mi lado comprendiéndome y siendo mi motor.

A mis hermanos, por compartir conmigo estos meses de arduo trabajo y ayudándome en lo que pudieron.

A mi abuela Laura, quién me acompañó en las largas jornadas de trabajo, siempre con una sonrisa.

A mi tía Jenny Jeri y a su familia, por brindarme su colaboración en todo esta ardua labor y acogerme en su hogar en varias ocasiones.

A Consuelo, mi compañera en esta tarea, mi mayor consejera y mi mejor amiga. Sin ti esto no hubiera sido posible.

A mi asesor quién me dedicó horas de trabajo mostrándome siempre su compromiso conmigo.

Así también a todos los profesores que con sus recomendaciones y enseñanzas aportaron en mi camino.

## Índice General

Índice de Tablas .....	vii
Índice de Ilustraciones .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
1. MARCO DE REFERENCIA .....	3
1.1 Antecedentes .....	3
1.1.1 Trabajos de aplicación .....	3
1.1.2 Tesis de grado precedentes .....	4
1.2 Marco teórico .....	6
1.2.1 Logística .....	7
1.2.2 Pronósticos .....	7
1.2.3 Gestión de inventarios .....	13
1.2.4 Control de inventarios con demanda probabilística .....	19
1.2.5 Control conjunto de ítems .....	22
1.2.6 Clasificación de artículos según su importancia .....	26
1.2.7 Herramientas estadísticas de estacionalidad .....	28
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	29
2.1 Descripción de la empresa .....	29
2.2 Productos que comercializa .....	30
2.3 Concepción de cliente y proveedor .....	31
2.4 Descripción organizacional .....	32
2.4.1 Perfil organizacional .....	32
2.4.2 Organización de la empresa .....	34
2.5 Procesos internos .....	35
3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	37
3.1 Comportamiento de ventas y compras .....	37
3.1.1 Diagnóstico de ventas .....	37
3.1.2 Diagnóstico de compras .....	39
3.2 Análisis de áreas funcionales .....	41
3.3 Análisis de sub-áreas claves .....	42
3.4 Análisis de familias de productos .....	44
3.5 Diagnóstico de la problemática actual .....	44
3.5.1 Diagrama Causa – Efecto .....	45
3.5.2 Valorización de problemáticas raíz .....	47
3.6 Análisis y diagnóstico de las familias principales de productos .....	48
3.6.1 Análisis de la variabilidad de la demanda .....	49
3.6.2 Análisis y diagnóstico de la Gestión de Inventarios Actual .....	50
4. PROPUESTAS DE MEJORA .....	57
4.1 Metodología de trabajo .....	57
4.2 Clasificación ABC de inventarios con enfoque multicriterio .....	58
4.2.1 Criterio de frecuencia .....	58
4.2.2 Criterio de costo o valor .....	60
4.2.3 Criterio de margen de contribución o beneficio .....	62
4.2.4 Clasificación multicriterio .....	64
4.2.5 Acotamiento de la clasificación ABC multicriterio .....	65
4.3 Estrategia de pronósticos .....	66
4.3.1 Pronósticos para artículos clase A .....	68
4.3.2 Pronósticos para artículos clase B .....	76
4.3.3 Pronósticos para artículos clase C .....	81
4.4 Sistema de reabastecimiento conjunto .....	82
4.4.1 Agrupación de artículos .....	83
4.4.2 Costos relacionados .....	83

4.4.3	Desarrollo del sistema de revisión periódica .....	87
4.5	Curvas de intercambio probabilística .....	89
4.5.1	Desarrollo de la metodología .....	90
4.5.2	Curva de intercambio probabilística para artículos clase A .....	92
4.5.3	Curva de intercambio probabilística para artículos clase B .....	94
4.5.4	Curva de intercambio probabilística para artículos clase C .....	96
4.5.5	Consolidado de niveles de servicio por categoría de productos .....	97
4.6	Evaluación de la propuesta de mejora .....	98
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS .....	103
5.1	Mejora en los costos de Inventario .....	103
5.1.1	Impacto sobre los costos de pedido y revisión.....	103
5.1.2	Impacto sobre los costos de mantener las existencias .....	104
5.1.3	Impacto sobre costos por faltantes.....	104
5.1.4	Impacto de las mejoras sobre el costo total relevante .....	105
5.2	Inversión requerida del proyecto .....	105
5.3	Evaluación de la factibilidad económica del proyecto .....	107
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	108
6.1	Conclusiones .....	108
6.2	Recomendaciones .....	110
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111

## Índice de Tablas

Tabla 1-1 Aplicación de pronósticos de la demanda.....	10
Tabla 1-2 Comparación entre sistemas de revisión .....	20
Tabla 3-1. Costo Anual de Áreas Funcionales .....	41
Tabla 3-2 Estructura de costos – Inventarios.....	42
Tabla 3-3 Estructura de costos – Almacenes.....	43
Tabla 3-4 Estructura de costos – Transporte.....	43
Tabla 3-5 Principales problemáticas raíz .....	47
Tabla 3-6 Pesos de criterios – AHP.....	47
Tabla 3-7 Matriz de priorización de problemáticas .....	48
Tabla 3-8. Criterios de decisión para variabilidad de demanda.....	49
Tabla 3-9 Modelos de parches con mayores ingresos (2014).....	52
Tabla 3-10 Modelos de cámaras con mayores ingresos (2014).....	52
Tabla 3-11 Inventario promedio por familia .....	53
Tabla 3-12 Estadía promedio en meses por familia .....	54
Tabla 3-13 Lote de reabastecimiento promedio - Cámaras .....	56
Tabla 3-14 Lote de reabastecimiento - Parches.....	56
Tabla 4-1 Regla de decisión de la clasificación ABC .....	58
Tabla 4-2 Clasificación ABC de acuerdo al criterio de frecuencia .....	59
Tabla 4-3 Clasificación ABC de acuerdo a la frecuencia, usando media y desviación estándar.....	59
Tabla 4-4 Clasificación ABC de acuerdo al criterio de costo .....	60
Tabla 4-5 Clasificación ABC de acuerdo al costo, usando media y desviación estándar.....	61
Tabla 4-6 Clasificación ABC de acuerdo al criterio de beneficio .....	62
Tabla 4-7 Clasificación ABC de acuerdo al beneficio, usando media y desviación estándar .....	63
Tabla 4-8 Tabla de criterios múltiples.....	64
Tabla 4-9 Tabla de clasificación ABC multicriterio, usando promedio y desviación estándar.....	65
Tabla 4-10 Acotamiento ABC multicriterio.....	66
Tabla 4-11 Estrategia para la evaluación de pertinencia de modelo de pronóstico .....	67
Tabla 4-12 Coeficientes de variabilidad cuadrado y coeficientes de determinación – Clase A .....	70
Tabla 4-13 Parámetros de test de raíz unitaria .....	71
Tabla 4-14 Resultados test de raíz unitaria con contraste ADF.....	73
Tabla 4-15 Comparación y selección de métodos estacionales.....	74
Tabla 4-16 Comparación y selección de métodos de suavizado – clase A.....	75
Tabla 4-17 Contraste y selección de métodos de pronósticos a mediano plazo – clase A .....	76
Tabla 4-18 Coeficientes de variabilidad cuadrado y coeficientes de determinación – Clase B .....	77
Tabla 4-19 Comparación y selección de métodos de suavizado – clase B.....	79
Tabla 4-20 Contraste y selección de método de pronóstico a mediano plazo – clase B.....	80
Tabla 4-21 Selección de modelo de pronóstico para artículos clase C.....	82
Tabla 4-22 Agrupación de ítems para reabastecimiento conjunto.....	83
Tabla 4-23 Costo de posesión de inventario (r).....	84
Tabla 4-24 Descomposición de costos de ordenar - Everwinner .....	86
Tabla 4-25 Descomposición de costos de ordenar – Ningbo/Classic .....	86
Tabla 4-26 Costos mayor y menor – Puerto Ningbo.....	86
Tabla 4-27 Cálculo de EOQ y tiempo de revisión inicial.....	87
Tabla 4-28 Resultados de sistema de reabastecimiento conjunto - Ningbo .....	88
Tabla 4-29 Período de reabastecimiento conjunto y revisión para artículos clase A .....	89
Tabla 4-30 Características de los ítems clase A .....	91
Tabla 4-31 Límites TSS, ETVSPY y Nivel de Servicio.....	91
Tabla 4-32 Desarrollo de propuestas de nivel de servicio para artículos clase A.....	93
Tabla 4-33 Comparación de escenarios para artículos clase A .....	94
Tabla 4-34 Comparación de escenarios para artículos clase B.....	95
Tabla 4-35 Comparación de escenarios para artículos clase C.....	96
Tabla 4-36 Política de nivel de servicio por categoría .....	97
Tabla 4-37 Consolidado de propuestas de mejora– Clase A .....	99
Tabla 4-38 Pronósticos del Parche Schrader SBR1.....	100
Tabla 4-39 Definición de valores para el sistema de control.....	100
Tabla 4-40 Simulación del desempeño de las propuestas de mejora en el Parche Schrader SBR1 ....	101
Tabla 4-41 Comparación del desempeño de la gestión en los escenarios evaluados .....	101
Tabla 5-1 Comparación de costo por pedir y revisar en el horizonte de evaluación .....	104

Tabla 5-2 Comparación de costo por mantener existencias en el horizonte de evaluación .....	104
Tabla 5-3 Comparación de costo por faltantes en el horizonte de evaluación.....	105
Tabla 5-4 Consolidado de impactos en el costo total relevante.....	105
Tabla 5-5 Cálculo de la inversión requerida y costos de operación .....	106
Tabla 5-6 Flujo de caja del proyecto .....	107
Tabla 5-7 Indicadores de evaluación de la inversión .....	107



## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1-1. Intermittencia y aleatoriedad de series temporales.....	9
Ilustración 1-2. Curva de intercambio TSS (\$) vs. ETVSPY (\$) .....	23
Ilustración 1-3. Gráfico típico de un análisis ABC .....	27
Ilustración 2-1. Productos comercializados.....	30
Ilustración 2-2. Cadena de suministro – JV Importaciones .....	32
Ilustración 2-3. Organigrama JV Importaciones .....	34
Ilustración 2-4. Diagrama de flujo – Proceso de compras.....	36
Ilustración 3-1 Volumen de ventas anuales – JV Importaciones.....	37
Ilustración 3-2 Ventas mensuales durante el 2014 .....	38
Ilustración 3-3 Compras mensuales 2014 .....	39
Ilustración 3-4 Importaciones valorizadas 2013 – 2014.....	40
Ilustración 3-5 Porcentaje de costos anuales por área .....	42
Ilustración 3-6 Diagrama de Pareto – Áreas clave de la logística .....	43
Ilustración 3-7 Monto de ventas por familia .....	44
Ilustración 3-8 Diagrama Causa – Efecto de la Gestión de Inventarios .....	46
Ilustración 3-9 Variabilidad de las familias.....	49
Ilustración 3-10 Clasificación de variabilidad por tamaño de la demanda .....	50
Ilustración 3-11 Compras recibidas 2014.....	51
Ilustración 3-12 Relación de inventario promedio entre familias .....	53
Ilustración 3-13 Dotplot de los índices de rotación .....	53
Ilustración 3-14 Productos con excesivo tiempo en inventario .....	54
Ilustración 3-15 Número de Stockouts – 2014 .....	55
Ilustración 3-16 Número de artículos con riesgo de rotura de stock – 2015 .....	55
Ilustración 4-1 Pareto del criterio de frecuencia, usando el promedio y la desviación estándar .....	60
Ilustración 4-2 Pareto del criterio de costo, usando el promedio y la desviación estándar .....	61
Ilustración 4-3 Pareto del criterio de beneficio, usando el promedio y la desviación estándar .....	63
Ilustración 4-4 Clasificación ABC multicriterio y la relevancia por criterio .....	65
Ilustración 4-5 Gráfico de serie de tiempos para parches.....	68
Ilustración 4-6 Gráfica de serie de tiempos para cámaras .....	69
Ilustración 4-7 Test de Normalidad Kolmogorov Smirlov - clase A.....	71
Ilustración 4-8 Reporte de test ADF y correlograma para el parche Parche Schrader SBR1 .....	72
Ilustración 4-9 Test de normalidad Kolmogorov Smirlov - clase B.....	78
Ilustración 4-10 Reporte gráfico del ajuste de los modelos SES y SED .....	79
Ilustración 4-11 Curva de Intercambio – Clase A .....	92
Ilustración 4-12 Curva de Intercambio – Clase B .....	95
Ilustración 4-13 Curva de Intercambio – Clase C .....	97

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día se viene presentando un horizonte de desaceleración económica en el macroentorno del país, generando un pronóstico más conservador en el desarrollo nacional con tasas de crecimiento casi al mismo nivel que el 2.35% registrado el 2014, o incluso menor (Laguna, 2015). Esto sumado a la devaluación de la moneda nacional respecto al dólar americano conjuga en un escenario de comercio en el cual las empresas dedicadas al rubro de comercialización de artículos importados deberán adaptar tanto sus operaciones de comercio internacional, para un mejor aprovechamiento de las condiciones comerciales en su gestión de compras, como sus operaciones internas para conseguir un control de costos más eficientes.

De forma más particular, también será importante el tener claro el perfil que presentarán los clientes del sector comercial en el corto y mediano plazo para orientar correctamente los esfuerzos en las prioridades y ventajas competitivas de las empresas pertenecientes al mismo. Según análisis presentados por Rolando Arellano, ante el escenario de la economía nacional y el impacto en sus actividades, el consumidor presentará una tendencia de compra caracterizada por adquirir la misma cantidad de un producto pero a un menor costo, sin que esto implique una menor expectativa en el nivel de calidad. En otras palabras, primará en su decisión de compra el mantener la calidad a la cual está acostumbrado, obtener un buen servicio y un precio adecuado. Es por esto que el especialista recomienda una estrategia de gestión comercial alineada a la necesidad de captar más clientes pero teniendo también un correcto control de costos, siendo no este un sinónimo de reducción de la diversidad y en la disponibilidad (Hidalgo, 2015).

En este contexto, y como respuesta a esta necesidad, este estudio tiene como tema central evaluar y presentar una propuesta de mejora en los diversos procesos logísticos internos y de adquisición de una empresa importadora y comercializadora de artículos destinados al mantenimiento vehicular, permitiéndoles un mejor aprovechamiento de su capital financiero destinado a la gestión de inventarios, una mejor base para la planeación comercial presentada en metodologías de pronósticos, políticas de reabastecimiento que se beneficie de las economías de escalas y la ubicación de los artículos en almacenes para mayor coherencia con sus requerimientos y manipulación. Esta visión de la gestión logística permite tener un desempeño global más eficiente y una administración más coherente con lo deseado por la dirección debido a la consolidación de pedidos y de esfuerzos en el proceso de importación.

El primer capítulo consiste en un marco de referencia dividido en los pilares de todo sistema logístico dando un mayor énfasis en los temas relacionados a pronósticos, manejo y control de

inventarios y gestión de almacenes. Este capítulo se encuentra estructurado en dos secciones: antecedentes, refiriéndose a los trabajos académicos que sirvieron de guía, y el marco teórico, propiamente relacionado a conceptos.

En el segundo capítulo se presentará el caso de una empresa importadora y comercializadora de artículos para el mantenimiento vehicular, que luce en la actualidad un desarrollo insípido de su función logística. Se realizará la descripción y análisis de los procesos principales, características y otros aspectos organizacionales relevantes.

En el tercer capítulo se ejecutará el análisis de la situación actual para elaborar un diagnóstico que permita señalar los aspectos o actividades de la empresa en los cuales se deberá enfocar la aplicación de metodologías y herramientas de mejora, ya sea debido a su relevancia para el correcto desempeño organizacional.

En el cuarto capítulo se desarrollarán las propuestas que se plantean para poder dar solución a los principales problemas que tiene la empresa en las áreas de alcance del proyecto. Se hará mención a las reestructuraciones o modificaciones necesarias en cada área involucrada con la logística de modo que pueda ser viable.

En el quinto capítulo se realizará el estudio y análisis económico de la implementación de las propuestas para poder sustentar en términos monetarios la viabilidad de la implementación y desarrollo de las mismas.

Finalmente, en el sexto capítulo se procede a mencionar las conclusiones y recomendaciones encontradas que permitirá un mejor desempeño de la empresa y que facilitarán una aplicación más adecuada de las proposiciones presentadas.

## 1. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo inicial se presentarán los conceptos básicos, complementarios y específicos que serán fundamentales para el desarrollo del presente proyecto de aplicación, siendo estos sustentados en diversas fuentes bibliográficas. También se incluye una sección de antecedentes en la cual se exponen los trabajos académicos que sirvieron de referencia para la elaboración de esta tesis ya sea por su afinidad al rubro comercial o por la aplicación de las herramientas de interés empleadas.

### 1.1 Antecedentes

Esta sección está dedicada a la exposición de trabajos de investigación y aplicación académicos que resultaron relevantes como precedentes a la elaboración del presente estudio.

#### 1.1.1 Trabajos de aplicación

En esta parte de los antecedentes se hará mención de los trabajos académicos que orientan sobre la aplicación en casos prácticos de algunas de las principales metodologías a emplearse en el capítulo de propuestas de mejora.

#### **Evaluación agregada: una innovación en la gestión de inventarios en una empresa de alimentos de consumo masivo**

En este trabajo aplicativo de las curvas de intercambios, herramientas del sistema de control conjunto de inventarios y de gran importancia dentro de la propuestas de mejora que plantea esta tesis, Rau (2010) presenta el caso de una empresa dedicada a la producción de alimentos de consumo masivo en la cual se busca equilibrar los aspectos comerciales y financieros relacionados a la gestión de inventarios. Mientras el primero necesita tener productos suficientes para responder rápidamente a los clientes, el área de financiera aspira a no tener dinero inmovilizado debido al costo de oportunidad que esto representa. Es por esto que el artículo busca determinar la mínima inversión para disponer de la cantidad de inventario que permita cubrir las demandas oportunamente.

Rau (2010) comienza la evaluación agregada explorando la problemática actual de la gestión de inventarios tanto en el desarrollo de pronósticos de la demanda y del manejo de existencias. Luego, realiza la evaluación de la administración de inventarios donde selecciona el área de trabajo de la empresa en la cual se identifica la problemática y el conjunto de ítems a estudiar, además de medidas de efectividad global para los inventarios analizados. Posteriormente, desarrolla la propuesta de mejora comenzando por la clasificación ABC para establecer la importancia de cada artículo dentro de la gestión de inventarios y prosiguiendo con la

elaboración de la curva de intercambio. Mediante esta última medida se consigue determinar un punto de operación ideal dentro de dicha curva. Finalmente, establece políticas de inventario por clase de ítems para una adecuada gestión de inventarios.

Los beneficios logrados con estas propuestas de mejoras se evidencian al comparar el valor de uso del inventario promedio de la política actual y la propuesta. Con la aplicación de las metodologías de evaluación agregada de inventarios, se consigue aumentar la cantidad de pedidos de productos de mayor valor de uso para así disminuir el dinero inmovilizado en existencias, de esta forma, consigue reducir el valor del stock de ciclo en unidades monetarias en un 25% y el número de órdenes de pedidos total en un 50%.

Si bien este trabajo se desarrolla bajo las bases de un modelo de demanda determinística (la curva de intercambio aplicada así lo revela), este lineamiento de aplicación es el más relevante para el desarrollo de la presente tesis por la estructura de análisis y manejo que presenta.

### **Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios**

En este trabajo de amplia revisión literaria y de conceptos previos a la ejecución del método de clasificación de inventarios ABC multicriterio, Parada (2009) aplica en dos organizaciones cubanas de servicio turísticos dos enfoques alternativos: multicriterio de aplicación del método ABC y la matriz de adquisición/índice de rotación. Mediante estas herramientas de gestión de inventarios, el autor tiene por objetivo el brindar una propuesta de clasificación de los productos en existencia y servir de soporte a una gestión de aprovisionamiento eficiente y orientado al cliente (enfoque propio de empresas de servicios). Finalmente, este estudio revela la pertinencia teórica y la factibilidad práctica de los métodos empleados para la toma de decisiones en la gestión de los inventarios. Los resultados no son cuantificables en sí puesto que el impacto económico de la clasificación de inventarios en sí misma no es medible sino hasta sus efectos sobre la gestión de inventario por medio de otras metodologías de aplicación, es decir, sirve para afinar la entrada de datos y consideraciones para procesos de mejora más elaborados.

Este trabajo de investigación y aplicación sirve de base para la metodología y enfoque que se dará a las herramientas de clasificación ABC multicriterio.

#### **1.1.2 Tesis de grado precedentes**

En esta sección se expondrán los trabajos de tesis de grado que sirvieron como antecedentes a la ejecución del presente proyecto. Esta precedencia se justifica en el hecho de aplicar

herramientas similares a las que se emplearán en el presente trabajo, ya sea con la misma orientación u objetivo o por presentar variantes de interés para el caso actual. Así también, se incluyen estudios en los cuales el giro comercial de las empresas de estudio, ya sean estas distribuidoras o comercializadoras, son de interés.

### **Aplicación de un Sistema Conjunto de reabastecimiento para el Control de Inventarios de una empresa comercializadora de repuestos importados – Tesis de pregrado (Título de Ingeniero Industrial)**

Este es uno de los principales trabajos precedentes debido a la aplicación de una de las técnicas de control agregado de inventarios que se plantea ejecutar para el desarrollo del presente trabajo: sistema conjunto de reabastecimiento.

El trabajo se desarrolla en una empresa colombiana que importa y comercializa repuestos para máquinas de envasado en la industria láctea. El desarrollo de la tesis inicia con la realización de una clasificación ABC para determinar la importancia de cada repuesto dentro de las consideraciones que se tomarían en la gestión de existencias de los mismos. Luego se establecieron modelos de pronósticos a las demandas de repuestos con base en el análisis de la naturaleza y patrón histórico, de los cuales se escogió el que mejor se adaptaba a dichas características con un menor margen de error. Finalmente, uniendo los aspectos antes mencionados, se desarrolló el sistema de reabastecimiento conjunto que permitiera un balance entre los costos y cantidades a ordenar con una frecuencia apropiada.

Como conclusión del estudio, se consiguió identificar la familia de repuestos más importantes, la implementación de un modelo de pronósticos adecuado a las características erráticas de la demanda, esto a través del modelo de pronóstico de Croston, y generar un balance entre costos fijos tanto por referencia como por pedido para garantizar así un mejor desempeño de la gestión de control de inventarios.

### **Diseño de un modelo de Gestión de Política de Inventario para un cadena de tiendas de moda – Tesis de Postgrado (Título de Magíster en Gestión de la productividad y calidad)**

El objetivo de este trabajo es el de diseñar una política de control de inventario, flexible y dinámica, que permita a la cadena de tiendas de moda estudiada dar respuesta favorable a la demanda del mercado en el que se desempeña. Para conseguir dicho objetivo se aplicaron mecanismos para una correcta gestión de inventarios como la clasificación ABC de productos, selección de un modelo de pronósticos para identificar las necesidades a futuro, definición de procedimientos para el control de existencias y la implementación de indicadores de gestión para un control y administración mejor.

Al realizar este proyecto, Sarmiento (2012) consigue establecer sistemas de revisión para cada clasificación de ítems dentro del inventario (ABC), la selección de una política de lotes óptimos de compra dadas las características de los artículos clase A, la instauración del Costo Total de Inventario (por ciclo) como el indicador más relevante para el activo más representativo de la empresa (el valor de su producto), el aumento de la rotación de inventarios y la detección del nivel de inventario obsoleto para la toma de medidas correctivas.

### **Análisis y propuesta de implementación de pronósticos, gestión de inventarios y almacenes en una comercializadora de vidrios y aluminio – Tesis de pregrado (Título de Ingeniero Industrial)**

El objetivo de este trabajo de tesis es el de generar mejoras en el sistema de logística interna de una empresa comercializadora, esto debido a la ventaja económica y estratégica que dicho desarrollo significa.

En las mejoras para la gestión de inventarios se utilizan conceptos relacionados a la clasificación ABC y curva de intercambio. El primero permite identificar el nivel de importancia de cada ítem dentro de su política de existencias, mientras que la segunda herramienta hace posible el formular una estrategia que considere los límites económicos y financieros para determinar la cantidad y frecuencia del abastecimiento, de modo que se encuentre en su curva de eficiencia. Además, se desarrollan mejoras en las áreas de planificación de compras, a través de métodos de pronósticos, y en el almacenamiento, al proponer un mejor aprovechamiento del espacio cúbico disponible. Como resultado de estas propuestas de mejora, Ramos & Flores (2013) seleccionan el método Chase para la realización de pronósticos de la demanda, consiguiendo un ahorro de S/. 40,000 al año. Así también hacen recomendaciones respecto a la aplicación de una clasificación ABC y sobre el uso de un sistema de códigos de barra que facilite la administración de las existencias y enfoque de forma correcta los esfuerzos realizados por la dirección en el desempeño logístico. Finalmente, establecen una política de inventarios de manera global para la empresa a través de la curva de intercambio, mediante la cual determinan frecuencias y tamaños de lotes adaptados a un mejor desempeño agregado de la gestión. La utilización de esta herramienta del control agregado de inventarios generó un ahorro de S/. 235,555.7 en costos totales.

## **1.2 Marco teórico**

En esta sección se enunciarán y explicaran los conocimientos relevantes en la función logística de una empresa y las herramientas que se emplearán para la elaboración de la propuesta de mejora a presentar.

### 1.2.1 Logística

La logística es una parte del proceso de la cadena de suministros que se encarga de planificar, ejecutar y controlar el flujo y el almacenamiento de bienes y servicios desde el punto de origen hasta el punto de consumo final para satisfacer las necesidades de los clientes. Se puede, por tanto, concluir que la logística cumple con tres funciones principales: planificar, ejecutar y controlar. En la etapa de planificación se requiere entender cómo se realizan los pronósticos de los niveles de ventas que tendrá la empresa en el futuro, los requerimientos de adquisiciones de mercancías y recursos logísticos relacionados. En lo que refiere a la función de ejecución y de control de la logística, se debe enfocar en el transporte físico de los materiales y comprender todo lo que conlleva la correcta administración de existencias al interior de la empresa. Para ello se desarrollarán todos los temas vinculados a la gestión de los inventarios al interior de la empresa. Finalmente, reconocer que la logística es parte fundamental de toda la cadena de valor. En este sentido, su valor radica fundamentalmente en términos de tiempo y lugar pues los productos y servicios no tienen valor para los clientes a menos que se encuentre a su disposición cuándo y dónde ellos deseen consumirlos (Ballou, 2004).

### 1.2.2 Pronósticos

Los pronósticos son de vital importancia en toda organización de negocios pues representan las bases de una planeación corporativa en distintos niveles: corto, mediano y largo plazo. Es importante definir claramente el rol de los pronósticos y diferenciarlos del proceso mismo de planificación. Un pronóstico es el resultado de elaborar la visión más probable de lo que será la demanda futura. La planificación, por otro lado, hace referencia al proceso de tomar decisiones acerca de cómo utilizar los recursos para responder a los pronósticos. En esto radica la importancia de los pronósticos y es la razón del por qué los pronósticos deben preceder a los planes: no se puede tomar decisiones respecto a la dotación de personal, compromisos de compras y niveles de inventario, sino hasta que se haya ofrecido una visión de lo que será la demanda en el horizonte que abarca el pronóstico (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2013).

#### a. *Patrones de demanda*

Según Krajewski *et al.* (2013), el desempeño histórico de la demanda sigue patrones subyacentes que deben ser descubiertos para poder realizar los pronósticos. Este patrón se conoce como serie de tiempo. El autor refiere la existencia de cinco patrones básicos de la mayoría de las series de tiempos aplicables:

- Horizontal: los datos fluctúan en torno a una media constante.

- Tendencia: la media de la serie presenta un incremento o decremento a través del tiempo.
- Estacional: presenta un patrón repetible de incrementos o decrementos de la demanda dentro de un período de tiempo.
- Cíclico: pauta de incrementos y decrementos graduales de la demanda que se presentan en períodos de tiempo más largos (años o decenios).
- Aleatorio: la demanda presenta datos con comportamiento imprevisible.

Si bien estos son los patrones de demanda más comunes, autores como Eaves & Kingsman (2004) o Faccio, Sgarbossa, & Callegaro (2009) profundizan en otros comportamientos de la demanda que son relevantes para el tipo de artículos que se estudiará en el presente trabajo. Para esto, es importante considerar dos parámetros diferenciadores:

- Coeficiente de variación (CV): es una medida de dispersión que describe la cantidad de variabilidad en relación con la media. Aplicando este ratio adimensional al análisis de la demanda permite dispensar del efecto de las unidades y variaciones por producto.

$$CV = \sigma_d / \bar{x}_d$$

Siendo,

$\sigma_d$ : desviación estándar de la demanda

$\bar{x}_d$ : demanda promedio

- Intervalo promedio entre demandas (ADI): de mucha utilidad para series temporales en las que existen valores iguales a cero, dado que permite medir la frecuencia con la que esos valores se presentan. Cuanto mayor sea este, más largos serán los períodos en los que la demanda sea igual a cero.

$$ADI = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}$$

Siendo,

$t_i$ : intervalo entre dos demandas consecutivas en el instante  $i$

$N$ : número de periodos donde la demanda no es cero

De acuerdo con los valores de estos indicadores que presente la serie temporal, puede ser clasificada en cuatro categorías (Syntetos & Boylan, 2005) basándose en el criterio de Williams (1984), permitiendo distinguir comportamientos como:

- Errática no intermitente: caracterizada por una gran amplitud en el rango de datos, no pudiéndose observar ninguna evolución característica.
- Suavizada o estable: identificada por una movilidad constante y un comportamiento más estable que facilita las estimaciones.

- Intermitente no errática: se diferencia por la aparición de períodos en que no se producen consumos, es decir, en que el valor de la demanda es cero, pero sin presentar una marcada variabilidad en la cantidad demandada.
- Dispar o grumosa: presenta varios períodos en los que la demanda es cero, acompañado de una gran variabilidad en la cantidad demanda.

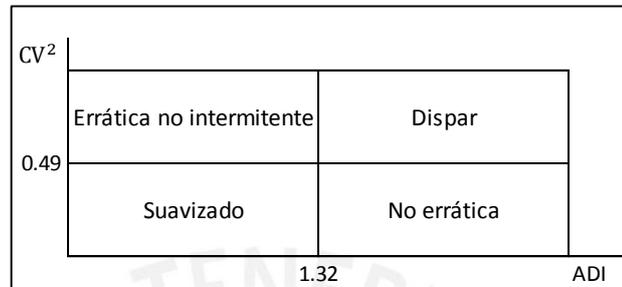


Ilustración 1-1. Intermitencia y aleatoriedad de series temporales  
Fuente: Ghobbar & Friend (2002)

**b. Métodos de pronósticos**

Existen dos tipos generales de técnicas: los métodos cualitativos y los métodos cuantitativos. Estos se segregan en forma específica en tres grupos específicos:

- Métodos de juicio: métodos cualitativos en el que se recogen opiniones de gerentes y expertos, los resultados de encuestas a los consumidores y estimaciones del personal de ventas para elaborar estimaciones cuantitativas. Se usa principalmente cuando no se cuenta con data histórica referencial o en combinación con métodos cuantitativos.
- Métodos causales: grupo de métodos cuantitativos que utilizan datos históricos de variables independientes internas, como la inversión en marketing y publicidad, o externas, como condiciones económicas y actividades de competidores, para pronosticar la demanda.
- Análisis de series de tiempo: grupo de métodos cuantitativos que emplean herramientas estadísticas que dependen en alto grado de datos históricos de la demanda, con los cuales pueden proyectar la magnitud futura de la misma, reconociendo tendencias y patrones estacionales.

En la Tabla 1-1 se puede observar criterios importantes a considerar para la selección de un método de pronósticos para la demanda obtenidos de la bibliografía de Krajewski *et al.* (2013). Esta información será empleada para el desarrollo de una estrategia de pronóstico en dos horizontes de planeamiento: corto plazo, con métodos de series de tiempo, y mediano plazo, con métodos basados en la causalidad temporal según el ajuste más adecuado.

Tabla 1-1 Aplicación de pronósticos de la demanda

Horizonte de tiempo			
Aplicación	Corto plazo (0 a 3 meses)	Mediano plazo (3 meses a 2 años)	Largo plazo (más de 2 años)
Cantidad pronosticada	Productos o servicios individuales	Total de ventas Grupos o familias de productos o servicios	Total de ventas
Área de decisión	Administración de inventario Programación del ensamble final Programación maestra de	Planificación de personal Planificación de la producción Programación maestra de producción Compras Distribución	Localización de instalaciones Planificación de la capacidad Administración de procesos
Técnica de pronóstico	Series de tiempo Causal De juicio	Causal De juicio	Causal De juicio

Fuente: Krajewski *et al.* (2013)

### Método de ajuste exponencial simple

Este método se caracteriza por ser bastante sencillo y de poder reaccionar rápidamente ante variaciones en la demanda, además tiene la ventaja de no requerir grandes cantidades de información histórica. Consiste en calcular el pronóstico del siguiente periodo tomando como base la demanda real y el pronóstico del periodo anterior. Además incluye el uso de un factor de ponderación que va entre 0 y 1 para poder determinar el grado de importancia de cada uno de los factores del pronóstico. El cálculo del pronóstico se realiza mediante la siguiente ecuación:

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

Donde,

t = Periodo de tiempo presente

$F_t$  = Pronóstico para el periodo t

$\alpha$  = Constante de ajuste exponencial

$F_{t+1}$  = Pronóstico para el periodo siguiente

$A_t$  = Demanda en periodo t

### Método de ajuste exponencial doble o con corrección de tendencia

Este método se basa en el de ajuste exponencial, pero a diferencia del anterior método permite un mejor pronóstico en aquellos casos en los que existen variaciones significativas en la demanda debido a tendencias y estacionalidades que en el método de ajuste exponencial llevarían a tener errores muy altos. Para poder evitar estos errores, incluye en su modelo las tendencias que existan. El cálculo del pronóstico se realiza mediante el uso de las siguientes ecuaciones:

$$S_{t+1} = \alpha A_t + (1 - \alpha) (S_t + T_t)$$

$$T_{t+1} = \beta (S_{t+1} - S_t) + (1 - \beta) T_t$$

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1}$$

Donde se adicionan a la notación anterior:

$F_{t+1}$  = Pronóstico con tendencia corregida  
para el periodo  $t + 1$

$T_t$  = Tendencia para el periodo  $t$

$\beta$  = Constante de ajuste de tendencia

$S_t$  = Pronóstico inicial para el periodo  $t$

### Análisis de regresión lineal

Esta herramienta de pronóstico es útil para proyecciones a mediano y largo plazo, así como para la planeación agregada. Su principal limitación radica en que supone que los datos pasados y futuros caen sobre una recta, presentando escenarios rígidos (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009). Cabe la diferenciación de dos subtipos de análisis de regresión lineal: se trata de un análisis de serie temporal cuando la variable dependiente (demanda) cambia como resultado del tiempo; y es el caso de una relación causal cuando la variable cambia debido al cambio en otra (distinta al tiempo). El método recomendado por Chase *et al.* (2009) para realizar el tipo de análisis de regresión lineal es el de mínimos cuadrados, para el cual se requiere contar con datos previos del comportamiento de la variable dependiente y de la variable independiente en distintas observaciones. Por lo cual las fórmulas para el desarrollo del método de regresión lineal serán las siguientes:

$$Y = a + bx$$

Donde,

$Y$  = variable dependiente

$a$  = intersección de la recta con el eje  $Y$

$x$  = variable independiente

$b$  = pendiente de la recta

Para el cálculo de pronósticos futuros empleando este método se necesita de despejar el valor de las constantes  $a$  y  $b$  con el uso de las siguientes relaciones:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x} \times \bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

Donde,

$\bar{y}$  = promedio de todas las  $y$

$n$  = número de puntos de datos

$\bar{x}$  = promedio de todas las  $x$

### Métodos de variación estacional

Apropiado para cuando la demanda contiene efectos estacionales y de tendencia al mismo tiempo. Se analizan dos tipos de variaciones estacionales: aditiva y multiplicativa.

- Variación estacional aditiva: simplemente supone que la cantidad estacional es una constante sin importar cuál es la tendencia o la cantidad promedio.

- Variación estacional multiplicativa: en esta variación, la tendencia se multiplica por los factores estacionales. En esta variante mientras mayor sea la cantidad base pronosticada, más alta será la variación que se espera a su alrededor.

El método a emplearse será el de Chase, para el cual se siguen los siguientes pasos:

1. Se realiza la desestacionalización de las ventas para esto se realiza el promedio móvil de cierto número de periodos, si es necesario a estos valores se vuelve a calcular un promedio móvil pero de un menor número de periodos (estos últimos valores deben presentar una tendencia lineal).
2. Luego se calculan los “índices estacionales” por periodo para lo cual se divide las ventas reales entre los resultados del último promedio móvil simple calculado.
3. Se calcula los índices estacionales promedio. No debe incluirse los valores de cero en el cálculo.
4. Para trabajar el tema de la tendencia, se emplea un modelo de regresión lineal sobre las ventas desestacionalizadas, es decir, sobre el último promedio móvil calculado. Se halla la ecuación para la regresión lineal donde Y son las ventas desestacionalizadas y t es el periodo de dicha venta.
5. Finalmente, se calcula los pronósticos con el modelo de regresión, para considerar la tendencia, y para incluir la estacionalidad, a estos resultados se les multiplica por los índices estacionales promedio correspondientes para obtener los pronósticos finales.

### **Error de pronóstico**

Hanke y Wichern (2006) señalan que parte de la selección de una técnica de pronósticos en particular se debe sostener en la determinación de si dicha técnica producirá errores de predicción que se juzguen como suficientemente pequeños. Para que esto se pueda sostener en una base consistente, los autores presentan cuatro mediciones de precisión de un pronóstico las cuales servirán para la comparación de exactitud entre técnicas diferentes, medición de la confiabilidad de una técnica y la búsqueda de la más adecuada a la demanda analizada.

- Error de pronóstico (E): también conocido como residual, la diferencia entre la demanda real y el pronóstico para un período determinado. Es el punto de partida para crear varias medidas del error de pronóstico.

$$E_t = A_t - F_t \quad CFE = \sum E_t$$

- Desviación absoluta de la media (MAD): mide la precisión de un pronóstico mediante el promedio de la magnitud de los errores de pronósticos, expresados en valores

absolutos. Es de utilidad cuando se desea medir el error en las mismas unidades de la serie original.

$$MAD = \frac{\sum |E_t|}{n}$$

- Error cuadrático medio (MSE): donde cada residual se eleva al cuadrado, para luego sumar todos los valores de la serie y dividirlo entre el número de observaciones. Este enfoque presenta la ventaja de penalizar los errores mayores ya que eleva cada uno al cuadrado. Esto resultará importante al ser preferible una técnica que produzca errores moderados a otra que por lo regular tenga errores pequeños, pero que ocasionalmente arroje algunos en extremo grandes.

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

- Error porcentual medio absoluto (MAPE): de utilidad cuando se desea calcular los errores de pronóstico en términos de porcentaje y no en cantidades. Este enfoque es conveniente cuando el tamaño o magnitud de la variable de pronóstico es importante para la evaluación del método. Este indicador proporciona una valoración de qué tan grande son los errores de pronóstico comparado con los valores reales de la serie.

$$MAPE = \frac{(\sum \frac{|E_t|}{A_t})(100)}{n} \quad (\text{expresado como porcentaje})$$

- Porcentaje medio de error (MPE): para poder determinar si un método de pronóstico está sesgado (consistentemente alto o bajo). Si la técnica no está sesgada, el valor de MPE será cercano a cero. Si el resultado es un valor negativo grande, el método de pronóstico está sobreestimando de manera consistente. Si por el contrario, el resultado es un valor positivo grande, el método está subestimando de forma consistente.

$$MPE = \frac{(\sum \frac{E_t}{A_t})(100)}{n} \quad (\text{expresado como porcentaje})$$

### 1.2.3 Gestión de inventarios

Los inventarios son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa. Contar con estas existencias acumuladas puede costar, al año, entre 20 y 40% de su valor, por lo cual el administrar cuidadosamente los niveles de inventario tiene un buen sentido económico (Ballou, 2004). El desafío en la gestión de inventarios no radica en reducir los inventarios a su mínima expresión para abatir los costos, ni en tener inventario en exceso para satisfacer todas las demandas, sino en mantener la

cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas de la forma más eficiente posible (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2013).

#### *a. Clasificación de stocks*

Carreño (2011) menciona que dentro de la clasificación de inventarios existen muchos criterios como el tipo de actividad de la empresa, la naturaleza de la demanda, el papel que desempeñan y por su valor o importancia. En este marco teórico se limitará a exponer las clasificaciones más relevantes para el estudio de una empresa comercializadora y el enfoque del proyecto: por la naturaleza de la demanda.

#### **Por la naturaleza de la demanda**

Dentro de esta clasificación se encuentran dos tipos:

- Inventarios con demanda independiente: tipo de stock perteneciente al sector de la comercialización y distribución. Se caracteriza por ser originada en varios puntos de demanda y porque cada uno de estos puntos representa una fracción de la demanda total, independiente de los demás y con frecuencia aleatoria. Para este tipo de inventario, la gestión de inventarios se orienta al cliente y exige un enfoque de reabastecimiento centrado en definir cuánto y cuándo reabastecerse.
- Inventarios con demanda dependiente: tipo de stock perteneciente al sector de producción cuya característica es que su demanda depende de otro producto; por lo general, el producto terminado que tiene demanda independiente. Su gestión de inventario se orienta a satisfacer las necesidades del plan de producción, por lo cual, busca tener los materiales correctos en el lugar, momento y cantidad correctos.

#### *b. Funciones e importancia de los inventarios*

Según Ballou (2004), existen diversos motivos para mantener inventarios al interior de la empresa de los cuales procederemos a detallar los siguientes: Mejorar el servicio del cliente y reducir costos.

- Mejorar el servicio: permiten mejorar el servicio al cliente puesto que muchas veces tenemos que cumplir con entregas que no se encontraban planificadas, en ese sentido el tener inventarios a la mano permite cumplir con estas entregas y con ello prestar el servicio. Incluso esta flexibilidad permite ganar nuevos clientes.
- Reducir costos: El contar con inventarios permite reducir costos en diversas formas lo cual puede llegar a ser más representativo que el costo de mantener dichos inventarios. La reducción de costos asociados a mantener inventarios se da cuando existe la posibilidad de poder adquirir dichos productos a un menor precio haciendo uso de los

descuentos que dan los proveedores por la compra de grandes volúmenes. Asimismo, obtener reducciones en los costos de transporte al trasladar mayores cantidades de materiales a la vez y finalmente se reducen costos en la gestión de las compras de los materiales puesto que se tiene que realizar una menor cantidad de órdenes de compra. Los inventarios también permiten protegerse frente a la inflación, de manera que se compren los materiales antes que su precio se vea incrementado en el futuro. Finalmente, los inventarios permiten afrontar cualquier eventualidad que se presente a lo largo de la cadena de suministros.

### c. Métricas relacionadas con el inventario

Se debe dar un seguimiento a las métricas relacionadas con el inventario que influyen en el desempeño logístico de la organización puesto que las decisiones que se relacionen con este impactarán en el costo de los productos vendidos, el ciclo efectivo a efectivo, los activos mantenidos y la capacidad de respuesta. Las principales métricas, las cuales se usarán en el presente proyecto, son las que se mencionan a continuación:

- Inventario promedio: mide la cantidad promedio de inventario mantenido medido en unidades, días de demanda y valor financiero.
- Rotaciones de inventario: mide el número de veces que el inventario rota en un año. Se calcula mediante la razón del inventario promedio al costo de los productos vendidos o las ventas.
- Tamaño de lote de reabastecimiento promedio: mide la cantidad promedio de pedido de reabastecimiento. Se calcula promediando la diferencia entre el inventario máximo y el mínimo disponible en una base de tiempo (medido en cada ciclo de reabastecimiento).
- Inventario de seguridad promedio: mide la cantidad promedio de inventario disponible cuando llega un pedido de reabastecimiento. Se puede calcular, promediando con base en el tiempo, el inventario mínimo disponible en cada ciclo de reabastecimiento.
- Fracción de tiempo sin inventario: mide la fracción de tiempo que una unidad de control de existencias (SKU) particular tuvo inventario cero. Se emplea para estimar ventas pérdidas durante el periodo sin inventario.

### d. Costos que suponen las existencias

Según Carreño (2011), para determinar una política adecuada de renovación de stocks requerimos conocer los costos asociados a las existencias.

### **Costos de compra**

Se entiende por tal el producto del precio del artículo que se compra por el número de unidades compradas, considerando los descuentos por volumen que suelen otorgar los proveedores. Es importante para una empresa compradora el adoptar una perspectiva del costo de compra total, la cual implica considerar atributos como el tiempo de entrega, el tamaño de lote de entrega, etcétera.

### **Costos de emisión de pedidos**

Agrupar todos los costos en los que incurre la gestión de compras que derivan de emitir los pedidos a los proveedores y que son fijos por cada pedido tramitado. Pueden estar constituidos por los rubros siguientes:

- Costos de tramitación: incurridos por tramitar el pedido a los proveedores y que incluye el costo del personal de compras, costos de telefonía, etcétera.
- Costos de seguimiento: visitas al proveedor para verificar el grado de avance de la producción del pedido realizado.
- Costos variados: incluye gastos en revisiones, controles, muestreos al producto, gastos de tramitación ante las aduanas, entre otros.

### **Costos de posesión de inventarios**

Aquellos costos que se incurren en la tarea de mantener inventarios en un período de tiempo dado (generalmente anual). Se divide en las siguientes categorías:

- Costos financieros: relacionados con el costo de oportunidad que significa tener el dinero en forma de existencias y que podría ser utilizado en otra actividad que reporte un beneficio para la empresa. Para estos costos financieros se observan tres casos dependiendo de la procedencia del capital inmovilizado: si ha sido financiado por un banco, equivale a los intereses que cobra esta entidad por el financiamiento; si se financia por los recursos financieros de la empresa, entonces, corresponde al costo de oportunidad para la empresa; si proviene del proveedor, entonces, el costo financiero puede llegar incluso a ser cero.
- Costos de almacenamiento: relacionados con los costos de mantenimiento del almacén necesario para guardar las existencias. Cuenta con componentes fijos que no dependen de la cantidad almacenada como son los costos de agua, luz, alquiler del terreno, entre otros; así como de un componente variable que sí depende de la cantidad almacenada. Sin embargo, se prorroga el componente fijo entre el stock promedio almacenado.
- Riesgos del inventario: relacionados con los deterioros, robos, pérdidas, mermas, desmedros, daños y/o obsolescencia a los que está expuesto el inventario.

- Costos de seguro: determinados en gran medida por la cantidad de stock guardado en los almacenes. Estos se toman para proteger el inventario frente a posibles riesgos.

El índice de costo de posesión de inventarios ( $i$ ) será el resultado de la suma de todos los conceptos antes repasados, en sus valores porcentuales. Finalmente, el cálculo del costo de posesión de inventarios (CPI) será producto de la multiplicación del índice de costo de posesión de inventarios ( $i$ ), el costo unitario de adquisición del producto ( $C$ ) y el inventario promedio anual de la empresa ( $I_p$ ):

$$CPI = i * C * I_p$$

### **Costos de rotura de stock o por faltantes**

Costos relacionados con la falta de existencias cuando estas son requeridas. En el sector comercial, genera costos por pérdidas de ventas, relacionados con el beneficio que la empresa deja de percibir por no atender el pedido, y costos de gestión de pedidos pendientes, relacionados con los gastos adicionales en los que se deberá incurrir por no atender un pedido dentro del proceso normal de despacho (transporte especial, horas extras de mano de obra, etcétera). También es necesario incluir el posible efecto negativo que representa el mal servicio sobre las ventas futuras.

### ***e. Nivel de servicio y nivel de disponibilidad***

El nivel de servicio es un indicador de la cantidad de demanda de los clientes que se satisface desde el inventario disponible. Está muy ligado al nivel de disponibilidad de los productos por lo mismo que este se puede determinar a partir del primero. El nivel de disponibilidad es una de las medidas principales de la respuesta de una cadena de suministro. Este indicador tiene incidencia positiva y negativa sobre la rentabilidad de la cadena de suministro, por lo cual la tarea de la dirección será la de equilibrar los escenarios generados. Al tener un alto nivel de disponibilidad se mejora la capacidad de respuesta y de atraer a los clientes, aumentando así los ingresos por ventas. Sin embargo, acarrea mantener grandes volúmenes de inventarios, lo cual eleva los costos de posesión (Chopra & Meindl, 2013).

### **Nivel de servicio deseado para productos almacenados en forma continúa**

Esta metodología para el cálculo del nivel de servicio óptimo es adecuado para productos que no resultan estacionales con una sola temporada de pedidos sino para artículos que tengan una demanda más o menos regular en el tiempo, como es la del caso estudiado de una empresa comercializadora de artículos para el mantenimiento vehicular. Se presentan dos escenarios:

1. Toda la demanda que surge cuando hay desabasto del producto queda pendiente y se satisface después, cuando se reabastece el inventario. El cálculo del nivel óptimo de nivel de servicio del ciclo (CSL por sus siglas en inglés) será:

$$CSL^* = 1 - \left[ \frac{HQ}{DC_u} \right]$$

Donde,

$C_u$  = costo unitario de reservar o de descuento por escasez de inventario

$Q$  = tamaño de lote de reabastecimiento

$H$  = costo de retener una unidad durante una unidad de tiempo ( $h \cdot C$ )

$D$  = demanda promedio por unidad de tiempo

$CSL^*$  = nivel de servicio del ciclo óptimo

2. Toda la demanda que surge durante el período de desabasto del producto se pierde. En este caso, el cálculo correspondiente para el nivel óptimo de nivel de servicio del ciclo es:

$$CSL^* = 1 - \frac{HQ}{HQ + DC_u}$$

Donde,

$C_u$  = costo unitario de perder una unidad durante el periodo de desabasto

#### *f. Modelos de inventarios multiperiódicos*

Para artículos con demanda independiente, se estudian dos conjuntos de modelos clásicos diferenciados de acuerdo a la certeza o incertidumbre que se tiene respecto a las principales variables de la gestión de inventarios como son el la demanda y el tiempo de suministros. Estos dos tipos de modelos son los modelos dinámicos determinísticos y los modelos dinámicos probabilísticos (Dominguez Machuca *et al.*, 1995).

#### **Modelos dinámicos determinísticos**

El conjunto de modelos que se desarrollan en un entorno donde las distintas variables que intervienen serán supuestas como constantes y conocidas con certeza. Además se dan una serie de hipótesis adicionales como una demanda continúa y uniforme, coste de emisión independiente del tamaño del pedido, coste de posesión proporcional a la cantidad almacenada y el tiempo de permanencia como inventario. Estos modelos son usados por lo regular para fines didácticos puesto que en la práctica existen muy pocos casos, en el contexto de demanda independiente, con características tan idealistas.

#### **Modelos dinámicos probabilísticos**

Este conjunto de modelos, contrario a los modelos determinísticos, presentará una demanda variable que siga una determinada ley de probabilidad. Asimismo, el tiempo de suministro,

previamente supuesto conocido y constante, tampoco responderá a las citadas características. Esto lleva a un escenario en el cual se corre el riesgo de ruptura debido al trabajo de planeación con valores medios, estando los valores reales fluctuando alrededor de estos. Para absorber las posibles fluctuaciones será necesario la creación de un stock de seguridad (SS por sus siglas en inglés), el cual dependerá de la forma en que se mida la demanda máxima probable y el riesgo. De forma análoga, para determinar los niveles óptimos de este tipo de inventario y para estimar la influencia de las rupturas sobre las ventas, se recurrirá a la definición, por parte de la empresa, de un cierto nivel de servicio de ciclo (CLS, por sus siglas en inglés), comparando los costes que este implica con el de otros niveles a fin de escoger el que resulte más adecuado.

### g. *Lote económico de compra*

La teoría del lote económico de compra o EOQ (Economic Order Quantity) la desarrolló F. W. Harris en 1915 y tiene por finalidad la reducción del costo total relevante de la gestión de inventarios. Esta técnica de lotificación de pedidos funciona de acuerdo a los supuestos de certeza de los modelos dinámicos determinísticos, por lo que a primera vista aparenta ser de importancia mínima para casos reales. Sin embargo, como se verá posteriormente, este caso es pieza fundamental en otros modelos de mayor complejidad. Además, la mayoría de las suposiciones se irán eliminando a medida que se estudien modelos más complejos. Los parámetros empleados son: costo de ordenar ( $A$ ), demanda del ítem en el horizonte de análisis ( $D$ ), costo de mantener el inventario ( $r$  en % para el horizonte de análisis), valor unitario del ítem ( $v$ ) y el tamaño de pedido ( $Q$ ). Se puede encontrar el tamaño económico de pedido EOQ derivando la función de costo relevante con respecto de  $Q$  e igualando a cero. Así se obtiene:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{vr}}$$

Adicionalmente, siguiendo la notación de Silver *et al.* (1998), se establecen las siguientes fórmulas relevantes para hallar el costo anual incurrido por las reposiciones  $C_r$ , el costo anual de llevar el inventario  $C_c$ , y el costo total relevante  $TRC(Q)$ :

$$C_r = (A + Qv) \frac{D}{Q} \quad C_c = \frac{Q}{2} vr \quad TRC(Q) = \frac{AD}{Q} + \frac{Qvr}{2}$$

#### 1.2.4 Control de inventarios con demanda probabilística

Los modelos de demanda probabilística en el control de inventarios permiten tener una visión de costo total relevante más global y sensible a la realidad presente en los cambios de la demanda. Esto sucede debido a que en los modelos determinísticos se obvia un elemento que puede ser de fundamental importancia en la administración de sistemas reales de inventarios: el costo de faltantes de inventario o “stockout”, como se conoce en inglés (Vidal, 2005).

**a. Cuestiones claves para el control de inventarios**

Vidal (2005) y Silver *et al.* (1998) concuerdan en que hay tres preguntas claves que se deben resolver en cualquier sistema de control de inventarios:

- ¿Con qué **frecuencia** debe revisarse el nivel de inventario?
- ¿**Cuándo** debe ordenarse?
- ¿Qué **cantidad** debe ordenarse en cada pedido?

Para el caso de demanda probabilística, estas preguntas resultan mucho más difíciles de resolver en comparación con la demanda determinística, debido a que no cuenta con los supuestos de constancia y certeza del comportamiento de la demanda y el tiempo de suministro. Por tanto, para los modelos probabilísticos, definir la respuesta para la primera pregunta implica altos costos de revisión frecuente del nivel de inventario, comparados con los costos de mantener inventario de seguridad para responder a la demanda durante el tiempo de reposición. Para responder la segunda pregunta debe tenerse en cuenta el equilibrio entre los costos de mantenimiento de inventario al ordenar anticipadamente y el nivel de servicio que se quiere dar al cliente. Finalmente, la respuesta a la tercera pregunta tiene en cuenta de nuevo el costo total relevante y, para algunos casos, está muy relacionada con la segunda pregunta. Silver *et al.* (1998) explica que para resolver a estas interrogantes, la dirección debe determinar políticas de inventarios adecuadas en base a las cuatro cuestiones siguientes: la importancia del ítem, el sistema de revisión a utilizar, la forma de la política de inventario y el objetivo específico de costos o servicio.

Tabla 1-2 Comparación entre sistemas de revisión

REVISIÓN CONTINUA	REVISIÓN PERIÓDICA
En muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultánea	Permite coordinar diversos ítems en forma simultánea, lográndose así economías de escala significativas
La carga laboral es poco predecible, ya que no se sabe exactamente el instante en que debe ordenarse	Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido
La revisión es más costosa que en el sistema periódico, especialmente para ítems de alto movimiento	La revisión es menos costosa que en la revisión continua, ya que es menos frecuente
Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor	Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy alto, pero existe menos riesgo de falta de información sobre pérdidas y daños
Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódica	Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua.

Fuente: Vidal (2005)

### ***b. Formas de revisión del nivel de inventario***

Este apartado busca responder la duda respecto a la frecuencia de revisión del inventario efectivo, la cual según Silver *et al.* (1998) y Vidal (2005), se enmarca dentro de dos sistemas básicos: la revisión continua y la revisión periódica. Lo que se busca mediante la determinación de esta frecuencia de revisión es determinar el intervalo de tiempo que transcurre entre dos revisiones sucesivas del nivel de inventario efectivo. En la Tabla 1-2 se puede observar la comparación realizada por Vidal (2005) respecto al sistema de revisión a emplear dada una demanda probabilística. Dado el gran número de artículos que comercializa la empresa de estudio, así como el necesario aprovechamiento de economías de escalas y el deseo de facilitar el cálculo de carga laboral por parte de la dirección, el sistema más adecuado será el de revisión continua.

### ***c. Criterios para la selección de inventarios de seguridad***

Dada la variabilidad de la demanda, es imposible garantizar que todos los pedidos sean satisfechos con el inventario a la mano. El arte del control de inventarios consiste en balancear los extremos de contar con insuficiente stock o con un exceso de este, de tal forma que se tenga el nivel de servicio adecuado al cliente, con el mínimo costo total posible. Dentro de este control, la determinación de los inventarios de seguridad es precisamente un punto fundamental. A continuación se exponen algunos métodos de interés para este efecto.

#### **Inventario de seguridad basado en el servicio al cliente**

Debido a que es muy difícil estimar los costos de faltante de inventario descritos anteriormente, una alternativa puede ser la definición del nivel de servicio requerido. De esta forma, el nivel de servicio se convierte en una restricción para la determinación del inventario de seguridad de un artículo. Tanto Silver *et al.* (1998) como Vidal (2005) coinciden en que las métricas competentes al concepto de nivel de servicio relacionado a la determinación de stocks de seguridad son la probabilidad especificada de no tener un faltante por cada ciclo de reposición ( $P_1$ ), la fracción especificada de la demanda a ser satisfecha directamente del inventario a mano ( $P_2$ ), la cual resulta ser el nivel de disponibilidad explicado en la sección pasada y que será junto con  $P_1$  los de uso principal en esta tesis; otra métrica es la fracción de tiempo especificada de inventario a la mano positivo ( $P_3$ ), finalmente esta también el tiempo promedio especificado entre ocurrencia de faltantes ( $TBS$ ).

#### **Inventario de seguridad basado en consideraciones agregadas**

Método explicado por Silver *et al.* (1998) como el enfoque de establecer el nivel de stock de seguridad de un artículo individual, dado un determinado presupuesto, para proporcionar el mejor servicio agregado posible a través de un grupo de ítems. Es decir, la selección del

volumen de existencias para el stock de seguridad está destinada a mantener la inversión total tan baja como sea posible mientras se mantiene un nivel de servicio agregado deseado.

Dado el enfoque global de este método y el deseo de la dirección de reducir el capital invertido en existencias, este será el método escogido para determinar el nivel de stocks de seguridad. Para conseguir esto se emplearán curvas de intercambio probabilísticas, las cuales serán explicadas en la sección de curvas de intercambio.

### 1.2.5 Control conjunto de ítems

En las secciones de control de inventarios anteriores se enfocó en el control individual de artículos de manera aislada (para profundizar ver Anexo 1). En la práctica esto no suele ocurrir. Normalmente, la administración está interesada en el control conjunto de varios ítems en forma simultánea, ya sea porque estos son suministrados por un proveedor en común, comparten el mismo modo de transporte, o son producidos en la misma línea de producción (Vidal, 2005). Las ventajas que presenta los sistemas de control conjunto de ítems son:

- Aprovechamiento de economías de escala al utilizar medios de transporte con volúmenes mínimos, reduciendo el costo unitario de flete. Asimismo, también se logra este aprovechamiento al conseguir descuentos por volúmenes de compras de determinados tamaños de orden mínimos definidos por el proveedor.
- Ahorro en el costo total de realizar pedidos para adquisiciones, esto dado que al incluir más ítems en una orden, es posible disminuir el número anual de órdenes.
- Facilidad de programación, en cuanto a las coordinaciones necesarias para el almacén como la recepción de materiales, inspección de las mismas, etc. Muchas empresas piensan en pedidos realizados por proveedor, en lugar de considerar la compra individual de artículos.

Sin embargo, algunas posibles desventajas al realizar la coordinación de este sistema de control conjunto son:

- Incremento en el nivel promedio de inventario, debido a que algunos artículos pueden incluirse dentro de una orden aún antes de llegar a su punto de pedido.
- Incremento en los costos de control, esto debido a la carga mayor en la coordinación de varios ítems (costos de revisión por ejemplo).
- Reducción de la flexibilidad, referente al nivel de servicio de ítems individuales.

#### *a. Curvas de intercambio*

De acuerdo con Vidal (2005), esta es una técnica empleada en la administración cuando se está interesado en medidas agregadas de eficiencia, constituidas por varios ítems individuales.

Esta idea permite tener información globalizada para la toma de decisiones. Considerando el conjunto de artículos, las medidas agregadas de eficiencia más comunes (generalmente desarrolladas en un marco temporal de un año, pero pudiéndose utilizar otra unidad de tiempo) son las siguientes:

- Máximo costo total anual del inventario promedio.
- Máximo costo fijo total (o número total) de reposiciones por año.
- Máximo valor de faltantes por año.
- Máxima demora permitida de órdenes pendientes.

Dado la característica probabilística de la demanda de interés, se expondrá solo la técnica de curva de intercambio variante de este tipo.

### Curva de intercambio probabilística

Es considerada por Vidal (2005) como el tipo de curva de intercambio de mayor importancia por su gran aproximación con los sistemas de control de inventarios reales.

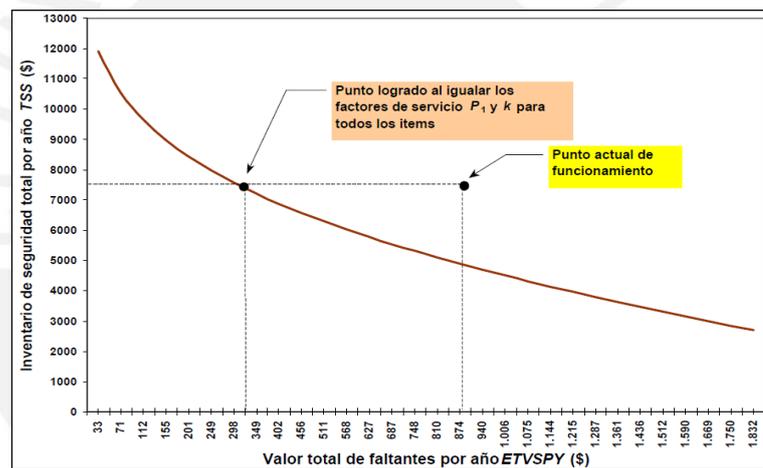


Ilustración 1-2. Curva de intercambio TSS (\$) vs. ETVSPY (\$) Fuente: Vidal (2005)

La metodología, explicada por Silver *et al.* (1998), a emplear es la siguiente:

1. Determinar el valor del factor de seguridad ( $k$ ) determinada para cada ítem mediante el uso de la regla de decisión apropiada.
2. Se calculan para cada artículo ( $i$ ) las siguientes medidas de desempeño:
  - Inventario de seguridad (\$):  $SS_i = k_i \sigma_{L_i} v_i$
  - Valor esperado de stockouts por año:  $\frac{D_i}{Q_i} p_u(k_i)$
  - Valor esperado de faltantes por año (\$):  $\frac{D_i}{Q_i} \sigma_{L_i} v_i G_u(k_i)$
  - Valor esperado del nivel de servicio ( $P_2$ ):  $1 - \frac{\sigma_{L_i} G_u(k_i)}{Q_i}$
  - Valor esperado del nivel de servicio por ciclo ( $P_1$ ):  $1 - p_u(k_i)$

3. Obtener los indicadores globales de la política mediante la sumatoria sobre los indicadores individuales de todos los ítems incluidos. De esta se tienen las siguientes expresiones:

- Inventario de seguridad total (\$) (*TSS*):

$$TSS = \sum_{i=1}^n k_i \sigma_{L_i} v_i$$

- Número total esperado de stockouts por año (*ETSOPY*):

$$ETSOPY = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{Q_i} p_u(k_i)$$

- Valor esperado total (\$) de los faltantes por año (*ETVSPY*):

$$ETVSPY = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{Q_i} \sigma_{L_i} v_i G_u(k_i) \quad ETVSPY = (1 - P_2) \sum_{i=1}^n D_i v_i$$

- Nivel de servicio ( $P_2$ ) ponderado por demanda:

$$P_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ 1 - \frac{\sigma_{L_i} G_u(k_i)}{Q_i} \right]}{\sum_{i=1}^n D_i}$$

- Nivel de servicio por ciclo ( $P_1$ ) ponderado por demanda:

$$P_1 = \frac{\sum_{i=1}^n D_i [1 - p_u(k_i)]}{\sum_{i=1}^n D_i}$$

4. Asumiendo valores para los niveles de servicio deseados para todos los ítems, se determinan diversos puntos en las curvas de intercambio. Las dos curvas de intercambio más utilizadas son las siguientes:

- Inventario de seguridad total (TSS) vs. Número total esperado de stockouts por año (ETSOPY).
- Inventario de seguridad total (TSS) vs. Valor esperado total (\$) de los faltantes por año (ETVSPY).

Estas curvas se construyen dependiendo de la regla de decisión correspondiente, ya que así generan diferentes puntos en el gráfico.

5. De notarse un desbalanceo en el nivel de servicio presentado en los ítems incluidos en la evaluación agregada, debido generalmente a no considerar la variabilidad de la demanda de cada ítem sobre su tiempo de reposición para determinar su punto de reorden u otro valor de la política de inventario, se debe proceder a uniformizar el nivel de servicio para todos los artículos, determinando un nuevo valor de factor de

seguridad ( $k_i$ ) y de  $p_u(k_i)$  (y por lo tanto del nivel de servicio  $P_1$ ) común para todos. Es de suponer que el inventario de seguridad total anual se va a mantener constante, pero se va a asignar de manera diferente a cada uno de los ítems. Así, el valor común de factor de seguridad ( $k_i$ ) puede calcularse de la siguiente forma:

$$\text{Valor común } k = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \sigma_{L_i} v_i}{\sum_{i=1}^n \sigma_{L_i} v_i}$$

De esta forma se busca, manteniendo el mismo valor del inventario de seguridad total (\$), disminuir el número esperado de stockouts por año y el valor esperado del costo de faltantes (\$) por año.

### b. Reabastecimiento conjunto

En la práctica es muy difícil o casi imposible que las organizaciones controlen sus inventarios de ítems en forma aislada. Esto se debe a múltiples razones, entre las cuales las más importantes son los requerimientos de los tamaños de las órdenes de los proveedores, el medio de transporte utilizado y los procedimientos de compra que tiene la organización. Por estas razones, las empresas deben controlar el inventario de varios ítems en forma conjunta. Para efectos prácticos, debe reunirse una orden de un tamaño adecuado para el procesamiento tanto del proveedor, como de la organización (Vidal, 2005).

### Sistema periódico de reabastecimiento conjunto para casos de demanda probabilística

Silver *et al.* (1998) establece un procedimiento que está orientado a generar ahorros en el costo de ordenar, este tipo de sistemas permite controlar principalmente grupos de ítems que se pueden ordenar en un mismo momento, donde los ítems se consumen simultáneamente pero caen en períodos de revisión completamente distintos. El modelo funciona básicamente distribuyendo el costo mayor por reabastecimiento en pequeñas cantidades a los productos que son comprados con más frecuencia, manteniendo el tiempo de reabastecimiento esperado para esos productos en balance. Para el desarrollo de este algoritmo, inicialmente es necesario calcular la cantidad económica a ordenar EOQ para cada ítem, usando la siguiente ecuación:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2[a_i * D_i]}{rv_i}}$$

Donde todos los términos son los mismos que la fórmula del EOQ clásico con la diferencia de que el  $a_i$  representa el costo de agregar un producto (SKU) a la orden. Y así mismo un tiempo de suministro R equivalente para cada producto usando solamente el costo menor “a”.

$$T = \frac{EOQ_i}{D_i}$$

El resultado es establecer un tiempo de suministro para cada ítem dentro de la familia, en las unidades de tiempo convenientes para la política. Después es necesario escoger el tiempo de

suministro más pequeño y seguidamente este ítem se debe denotar como producto 1. Una pequeña porción, alfa ( $\alpha$ ), del costo Mayor “A”, se pone para este primer producto. La idea es distribuir el costo mayor a varios productos en la familia. Si todo el costo estuviera distribuido en un solo producto, su EOQ podría incrementarse significativamente, y así mismo su tiempo de suministro. El algoritmo distribuye solo una pequeña porción del costo mayor “A” a los productos que son comprados más frecuentemente. Distribuyendo más y más alfa para que el primer producto incrementa su tiempo de suministro, eventualmente llegará al punto en el que es igual al tiempo de suministro del segundo comprado más frecuentemente, basado solo en el alfa, y se denota como el producto 2. Después se distribuye el tiempo de suministro creando un balance. Cuando estos dos son iguales el tiempo de suministro incrementa al tiempo de suministro del tercer producto, este proceso continúa hasta que el costo mayor es distribuido por completo, es decir cuando  $\sum \alpha = 1$ , de esta manera cada vez que una familia es ordenada el costo de ordenar es completamente contabilizado. El tiempo de suministro de un grupo de productos en el que  $\alpha > 1$ , es llamado periodo de revisión base o base del ciclo. Cuando se ha obtenido este, se multiplica el periodo de revisión base por potencias de dos, para ajustar los tiempos más adecuados de los otros periodos. El último paso consiste en encontrar el inventario meta usando los periodos de revisión encontrados, como R en un modelo de inventario (R,S). La política entonces consistirá en revisar el inventario de los ítems agrupados cada intervalo de tiempo igual al R y ordenar la diferencia entre el nivel máximo de cada artículo y su inventario efectivo correspondiente. Finalmente, para calcular el costo total relevante (TRC) de esta política se puede hacer mediante la siguiente expresión:

$$TRC = \frac{A + \sum_{i=1}^n \alpha_i}{R} + r \left[ \frac{R \sum_{i=1}^n D_i v_i}{2} + \sum_{i=1}^n k_i \sigma_{R+L_i} v_i \right] + \frac{1}{R} \sum_{i=1}^n B_{2_i} v_i \sigma_{R+L_i} G_u(k_i)$$

### 1.2.6 Clasificación de artículos según su importancia

Un sistema de control de inventario eficiente no trata por igual a todos los renglones en existencia, sino que aplica métodos de control y análisis en correspondencia con la importancia económica relativa de cada producto. Para realizar esta tarea existe el proceso de análisis ABC mediante el cual se dividen el total de los artículos en tres clases, generalmente de acuerdo con el valor de su consumo, de modo que la administración pueda concentrar su atención en los que tengan un mayor valor monetario.

#### a. Clasificación ABC clásico

Según Heizer y Render (2001), el análisis ABC sirve para clasificar los artículos del inventario en tres grupos en base a la representación de su volumen anual en unidades

monetarias de un artículo en relación a los demás artículos. Lo que se busca con este sistema, es que la gerencia pueda enfocar su atención en aquellos productos que tengan una mayor representación monetaria para la empresa.

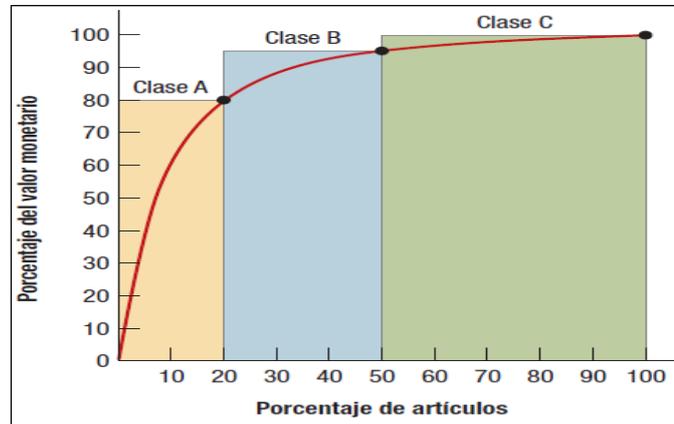


Ilustración 1-3. Gráfico típico de un análisis ABC

Fuente: Krajewski *et al.* (2013)

El principio en el cual se basa el análisis ABC es el de Pareto. De esta manera se tendrá que un 20% de los artículos del inventario pueden llegar a representar un 80% del valor del inventario que son los artículos clase A, los artículos clase B representan un 30% del total y corresponde al 15% del valor, y de manera análoga tendrá que el 50% de los artículos tan solo representan el 5% del valor del inventario que son los artículos de tipo C.

#### ***b. Clasificación ABC con enfoque multicriterio***

Krajewski y Ritzman (2000) mencionan que al realizar un análisis para cada criterio individualmente, se produce un problema por no considerar el efecto combinado que estos puedan tener en la valoración, por lo que respaldan un análisis multicriterio. A continuación se detalla paso a paso el desarrollo de esta metodología con las reglas de decisión que permitan acotar las clases denominadas “ABC” para este caso.

#### **Determinación de los criterios**

Para la selección de los criterios adecuados para la clasificación multicriterio del inventario que se usará, se consultó la matriz de criterios desarrollada por Zuluaga, Gallego & Urrego (2011), elaborada en base a una amplia revisión de la literatura relacionada. De estos atributos relacionados a los ítems, se adaptaron los más relevantes para la empresa de estudio, así como los que resultaban más competentes con el giro comercial de la misma (ver Anexo 2). Los criterios escogidos, para un marco temporal de análisis de un año, fueron:

- Costos de ventas o valor.
- Margen de contribución.

- Volumen de consumo o frecuencia.

Como se puede apreciar, se trata de tres criterios que no se ven afectados directamente, o en gran medida, por la política de inventarios actual. A su vez, para la evaluación de los criterios, se deberá asignar el valor cuantitativo respectivo a cada uno de ellos de la forma siguiente:

1er. Criterio: Costo de ventas

Se calcula el valor de cada producto siguiendo la siguiente fórmula:

$$CV_i = cu_i * D_i$$

Donde  $CV_i$  representa el costo de ventas anuales,  $cu_i$  el costo unitario del artículo y  $D_i$  la demanda anual del artículo  $i$ .

2do. Criterio: Margen de contribución

Se calcula el margen de contribución de cada producto ( $MC_i$ ) de la siguiente manera:

$$MC_i = (PV_i - cu_i) * D_i$$

Donde  $PV_i$  es el precio de venta del artículo  $i$ .

3er. Criterio: Volumen de consumo o frecuencia

Este criterio en específico será evaluado en base a la frecuencia de venta de cada artículo, el cual indica el número de unidades que se han despachado el ítem en un período de tiempo específico (anual en este caso). Estos valores se obtendrán del registro ventas de cada SKU.

### 1.2.7 Herramientas estadísticas de estacionalidad

Debido a que se trabaja con un gran número de ítems y continuamente se incrementan los registros de datos, es necesario establecer metodologías de identificación de estacionalidad que sobrepasen las limitaciones de la observación gráfica directa y sean sostenibles en el tiempo. Las herramientas que se emplearán para tal fin son el test de raíz unitaria, para determinar si se trata de una serie de tiempo estacionaria, el contraste de Dickey-Fuller aumentado para determinar la estacionalidad y el estadístico de Durbin-Watson para determinar la autocorrelación en una regresión. El fundamento teórico a mayor detalle de estos instrumentos de validación se encuentra en el Anexo 3.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En este segundo capítulo se realizará la descripción y análisis de los procesos principales de interés para la mejora de la logística interna. También se presentará brevemente el tema de organización funcional y del perfil organizacional, esto con el fin de enriquecer el análisis posterior.

### 2.1 Descripción de la empresa

El presente trabajo se basa en la operación de la empresa JV Importaciones, dedicada al comercio al detalle y al por mayor de artículos para el mantenimiento vehicular. La empresa inició formalmente sus operaciones en el año 2009 en un solo punto de venta en La Victoria, luego que el dueño, con 23 años de experiencia en el rubro, decidiera desarrollar el negocio a mayor escala. Esta necesidad de ser más competitivo lo llevó a realizar importaciones e incursionar en el comercio global, dado que la compra local no le brindaba una ventaja en cuanto a costos. En el 2011 se dio inicio a los primeros procesos de importación, inicialmente solo de Brasil, a través de la marca Schrader, y de China con algunos proveedores menores. Actualmente, JV Importaciones cuenta con dos locales de venta y dos almacenes (sumando 920 m<sup>2</sup>) y realiza importaciones de otros cinco países incluyendo Corea del Sur, principal país proveedor con un volumen de compra anual que supera los \$ 350,000. La empresa adicionó marcas propias como Super Bull y S&M, manufacturadas en Corea del Sur y China respectivamente, esto como parte de la tercerización del proceso productivo. Recientemente, JV Importaciones se convirtió en representante a nivel nacional de la marca ARL (llantas, cámaras y guardacamaras) y en distribuidor exclusivo de la marca Schrader (parches y pegamentos). Estas ventajas comerciales ubican a JV Importaciones en un lugar expectante hacia el liderazgo del mercado nacional de artículos para el mantenimiento vehicular. Así también, se proyecta a futuro el inicio de importaciones desde los Estados Unidos de las herramientas que complementan la oferta de los principales artículos comercializados.

El giro comercial de la empresa es de la comercialización de artículos para el mantenimiento vehicular al por mayor y menor. Esto la ubica dentro de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) con el código de clasificación 50301, para empresas que pertenecen al área del comercio al por mayor y menor, específicamente, a la venta de todo tipo de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores. De esta forma, el crecimiento nacional de inicios de la década y las ventajas competitivas de flexibilidad y menores costos han permitido a JV Importaciones alcanzar volúmenes de ventas anuales de entre 1200 y 1500 UIT en los últimos años. Por lo mencionado anteriormente, se le considera como pequeña empresa de acuerdo al Decreto Legislativo N° 1086 (2008).

## 2.2 Productos que comercializa

JV Importaciones maneja una cartera de más de cincuenta marcas y mil artículos individuales, todos de procedencia extranjera o con representante nacional único. Con la finalidad de lograr una adecuada administración del gran número de productos que ofrece la empresa, se tiene clasificado los ítems en familias, agrupación en base al tipo de producto: parches, cámaras, guardacameras, pegamentos, mangueras, llantas, accesorios de metal diversos, entre otros. Cada familia está compuesta a su vez por grupos aglomerados denominados “clase”, en base a la marca del artículo: Super Bull, S&M, Schrader, Covalca, Kenda, Swallow, Hung-A, Schweers, Stud, etcétera. Finalmente, estos grupos menores se conforman por los ítems individuales con características diferenciales como medidas, capacidad, aplicación, tolerancia, entre otros criterios. Estas clasificaciones se hacen en base al patrón de comportamiento que presenta el cliente al comprar puesto que, como se verá más adelante, en el proceso de acercamiento para la adquisición de algún producto, lo primero en comunicar el cliente es el tipo de artículo que requiere (familia), luego la marca de su preferencia (clase) y finalmente las especificaciones individuales del producto (modelo o descripción). En la Ilustración 2-1 se pueden apreciar algunos de los artículos que comercializada JV Importaciones como son las cámaras Swallow, los parches y cementos Vival, los parches Schrader y las llantas Dunlop.



Ilustración 2-1. Productos comercializados  
Fuente: Empresa JV Importaciones

Dada la naturaleza y tipo de material de los productos que se comercializan, tienen tiempos de vida útil y de caducidad relativamente largos, siendo los de menor vigencia en almacenamiento los parches y cementos con aproximadamente dos años. Dado los variables volúmenes de compra (al por mayor y menor), la empresa ofrece los artículos en presentaciones individuales (menudeo) y en cajas o paquetes (al por mayor), con su respectivas variaciones del precio, siendo más barata la compra al por mayor.

## 2.3 Concepción de cliente y proveedor

### Cliente

Los clientes de JV Importaciones presentan dos variaciones bastantes marcadas de acuerdo al volumen habitual de compra que realizan:

- Cliente minorista: de compras esporádicas y volúmenes menores de adquisiciones. Pertenecen en su totalidad a las zonas cercanas a los puntos de ventas (La Victoria y Carabayllo) y primordialmente se dedican a la reparación y mantenimiento de vehículos motorizados, siendo la zona en la que se ubica la tienda central la de mayor afluencia de este tipo.
- Cliente mayorista: de compras constantes y volúmenes grandes de transacción. Principalmente se trata de minoristas locales o del interior del país que requieren aprovechar la economía de escala y con los cuales se mantiene una mayor relación comercial debido a la valiosa información que pueden brindar sobre la respuesta de los clientes respecto a la introducción de nuevos productos o sobre el desempeño de los actuales. Dado que las compras más grandes la realizan clientes del interior del país, estos suelen realizar sus pedidos a la tienda ubicada en Carabayllo por la mejor accesibilidad vehicular y cercanía a terminales de transporte terrestre.

Cuando las compras son realizadas como entidades comerciales independientes se agrupan dentro de otro grupo, conocido como “clientes comerciales”. Así también, desde hace un año la empresa comenzó a realizar contrataciones con empresas de transporte, entidades públicas y empresas de servicio automotriz para ser proveedora de los artículos destinados al mantenimiento vehicular.

### Proveedor

Los proveedores de JV Importaciones son principalmente empresas extranjeras,. Sin embargo, también existen proveedores nacionales, que por antigüedad y envergadura dentro del mercado nacional de artículos para el mantenimiento vehicular, cuentan con exclusividad y representación de marcas internacionales reconocidas. A continuación se mencionarán las diferentes características de estos dos tipos de proveedores:

- Proveedores nacionales: representantes comerciales o con exclusividad sobre marcas internacionales que son la única fuente de provisión de algunos artículos necesarios para atender la demanda local. Se trata de empresas cuyas ventas son al por mayor y cuentan con contratos con empresas mineras o de transportes, lo que les da un mucho mayor volumen de ventas y poder comercial. Generalmente no se orienta al segmento que atiende JV Importaciones, o lo hacen en menor medida puesto que cuentan con clientes más grandes. La ventaja que ofrece el adquirir productos con estas compañías

es el significativamente menor tiempo de aprovisionamiento, el cual no supera un día (Lima) o dos (Arequipa).

- Proveedores Internacionales: en su mayoría se trata de marcas internacionales ubicadas en países asiáticos, competitivos en costos, y en países americanos, por innovación y renombre de marcas, las cuales cuentan con plantas propias de fabricación y con las cuales se establecen los vínculos comerciales directamente. Entre los principales países de origen asiático se encuentran Corea del Sur, China, Indonesia, India y Taiwán. También se importan artículos de Brasil, para los elaborados de caucho, y de México o Panamá, para artículos de metal. La principal ventaja es el aprovechamiento de economías de escala y menores costos de adquisición, mientras que la principal desventaja es el largo tiempo de aprovisionamiento que ofrecen (de 1 a 3 meses).

Para poder representar de mejor forma la relación que se tiene con los clientes y proveedores, se presenta en la Ilustración 2-2 la cadena de suministro de la empresa JV Importaciones.

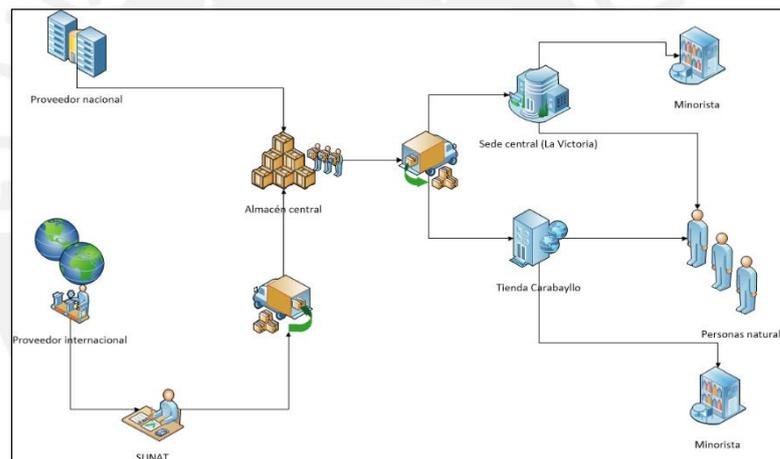


Ilustración 2-2. Cadena de suministro – JV Importaciones  
Elaboración propia

## 2.4 Descripción organizacional

En este punto se hará una presentación del perfil y estructura organizativa de la empresa JV Importaciones. Esto será de utilidad para el posterior análisis organizacional que permita orientar la aplicación de las herramientas de gestión de inventarios de forma que estas sean coherentes con las estrategias corporativas y funcionales.

### 2.4.1 Perfil organizacional

En esta sección se hará una breve exposición de la misión, visión y políticas de la empresa. Así también, se hará mención de las prioridades y ventajas competitivas con las que cuenta JV Importaciones, información obtenida de una entrevista con la dirección de la compañía.

**Visión**

Ser la empresa dedicada a la distribución y comercialización de artículos accesorios para el mantenimiento de neumáticos líder en innovación y calidad en el mercado nacional.

**Misión**

Satisfacer la necesidad de nuestros clientes por el mantenimiento neumático con una gama de artículos diversos siguiendo la premisa de la innovación constante y estándares de calidad sostenida.

**Políticas de la empresa**

- Brindar al cliente artículos de calidad sostenida a precios competitivos.
- Constante innovación en el mercado nacional con productos del extranjero previa identificación de la demanda existente en el mercado (y posterior prueba).
- Ofrecer una atención esmerada y amable al cliente.
- Contar con una amplia variedad de productos disponibles para satisfacer las exigencias del cliente.
- Propiciar un control de costos que facilite el aprovechamiento de economías de escala de forma eficiente.

**Prioridades competitivas**

- Menores costos: a través de una correcta gestión de costos (adquisición y mantenimiento), resultante de la cual se puedan ofrecer precios competitivos sin afectar el margen de utilidad de la compañía.
- Calidad sostenida: ligada al compromiso para con el cliente de brindarle una experiencia grata y satisfactoria con los productos adquiridos y desarrolle la confianza que motive un comportamiento de recompra.

**Ventajas competitivas**

- Variedad de productos: disponer de una amplia gama de productos con volúmenes de adquisición flexibles.
- Precio bajos: ofrecer al cliente precios por debajo del promedio del mercado pero sin afectar los beneficios percibidos por la compañía.
- Innovación: atender la demanda insatisfecha asociada al giro comercial de la compañía respecto a productos no disponibles localmente o con características novedosas.

Como se puede observar, JV Importaciones tiene como objetivo el liderar el mercado nacional de la comercialización de artículos accesorios para el mantenimiento vehicular (visión), para lo cual plantea el compromiso con su público de mantener la innovación constante y los estándares de calidad (misión, política y prioridades competitivas).

#### 2.4.2 Organización de la empresa

La estructura de la organización es del tipo simple con departamentalización por función empresarial (ventas, logística, almacenes, finanzas y comercial). Algunas de las características que presenta la organización son:

- La coordinación de actividades se da por jerarquía organizacional y se sigue el principio de especialización ocupacional. Esto facilita los medios para un control desde la cima de la organización. Sin embargo, también presenta varios aspectos negativos como que el punto de vista del personal clave se especializa y estrecha, la responsabilidad de las utilidades y administración se concentran exclusivamente en la dirección, y ralentiza la adaptación a nuevas condiciones.
- Solo una pequeña parte de los procesos están estandarizados o formalizados y el planeamiento es mínimo.
- Existen pocos jefes de línea media y las coordinaciones recaen en la administración superior. Razón por la cual el control es altamente centralizado, en este caso, en los dos administradores y dueños de la compañía.

Este tipo de estructura es característica de empresas pequeñas o de poco tiempo de existencia. La estructura presentada por JV Importaciones es la mostrada en el organigrama de la Ilustración 2-3.

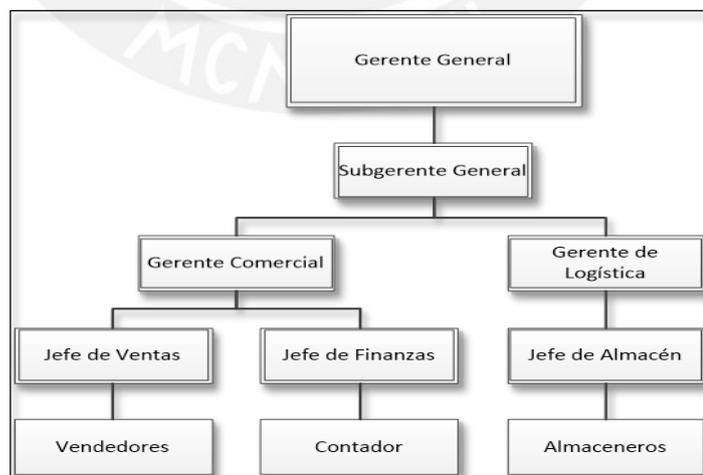


Ilustración 2-3. Organigrama JV Importaciones  
Elaboración propia

## 2.5 Procesos internos

Los principales procesos de la empresa JV Importaciones como comercializadora, son los de compra y venta. En esta sección se hará especial énfasis en el procedimiento de compra internacional puesto que es el principal respecto a la gestión de la logística que será estudiada. Para el caso de las adquisiciones a proveedores nacionales, el proceso es menos complicado dada las menores trabas burocráticas y operativas en comparación a un proceso de importación, por lo que se incluye en el Anexo 4, junto al proceso de ventas de la compañía.

### *Compras internacionales*

Como parte de la logística de entrada de la compañía, el proceso inicia con la evaluación del nivel de existencias. En esta actividad, se tiene que ver qué productos se terminaron o están por agotarse en el almacén para hacer el nuevo pedido. La empresa sigue la misma política de revisiones para la mercadería internacional como nacional, es decir, una revisión semanal. Esto resulta en una vulnerabilidad grande a variaciones inesperadas de la demanda, dado que no hay planeación previa ni política de stocks de seguridad, que resultan muy críticas en el caso de productos importados debido a su alto tiempo de tránsito y producción. Una vez definido los productos que se van a pedir, la empresa busca posibles proveedores que le puedan vender esos ítems al por mayor. Para este proceso, se ponen en evaluación a los candidatos con los cuales el gerente de logística previamente ha realizado negociaciones y de quienes el homologador internacional, Cotecna Perú, da seguridad de confiabilidad para la compra. Cuando el proveedor acepta a dar una cotización, el área logística la recibe y el proveedor negocia las demás condiciones comerciales y de entrega. Una vez la empresa, tiene las diferentes cotizaciones, se dedica a evaluarlas y a seleccionar un proveedor de acuerdo a variables como el precio, el tiempo de tránsito y las condiciones de comercio internacional.

Elaboradas la orden de compra, fechas de entrega y todas las condiciones, se le remiten al gerente general, quien las evalúa y analiza a nivel corporativo la compra. De no ser aprobada la compra, el gerente de logística deberá renegociar las condiciones o cambiar de proveedor. Si de otra forma, el gerente general autoriza la compra, es entonces que las fábricas empiezan a desarrollar los productos para la fecha acordada y el forwarder, o agente de carga, se encarga de coordinar con el representante de ventas de la empresa fabril el llenado del contenedor y transporte al puerto respectivo, para al final despachar con destino a Perú toda la mercadería con una agencia marítima o naviera asignada, la cual también paso por un proceso de evaluación para su elección. En el caso de elegir varios proveedores para líneas de productos distintos, los consolida en un contenedor propio o compartido dependiendo del volumen total, el cual se enviara una vez, con lo cual queda lista la orden de compra. Cuando la carga llega

al Callao (Perú), la SUNAT (Superintendencia nacional de aduanas y tramitación tributaria) elabora una DUA (Documento Único Administrativo) el cual es un soporte de declaración de importación ante las autoridades aduaneras. En este proceso, el gerente de logística se encarga de hacer todos los pagos, papeleo, o trabajo para poder liberar dicha carga. Muchas veces, se puede presentar problemas con los pagos o de temas legales donde intervienen temas de regulación como los canales de importación (verde, naranja y rojo). Finalmente, cuando la mercadería es liberada, es transportada al almacén y culmina el proceso.

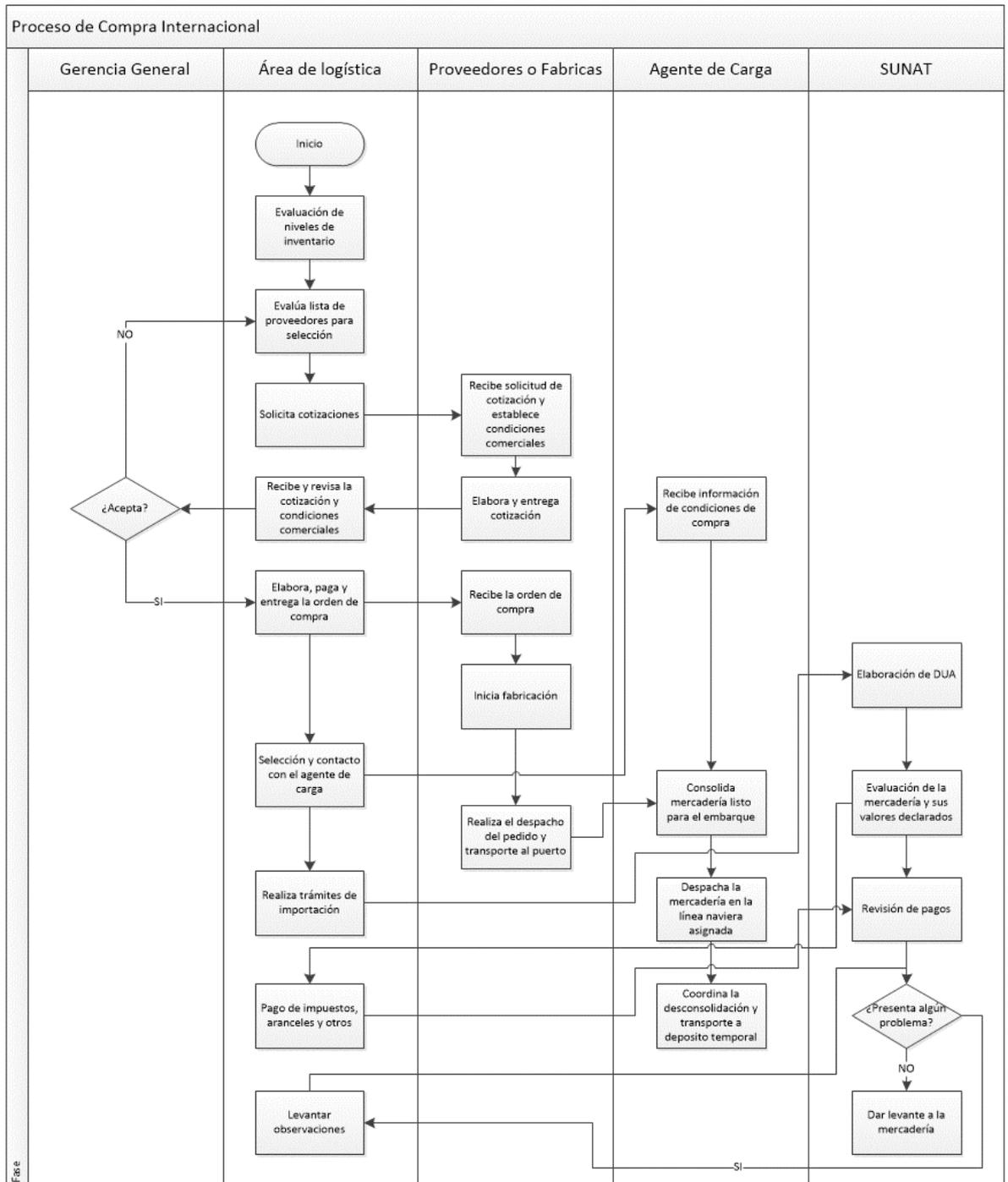


Ilustración 2-4. Diagrama de flujo – Proceso de compras  
Elaboración propia

### 3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Este capítulo está dedicado a realizar una evaluación detallada del caso de estudio. Primero se presentarán los dos aspectos principales para una empresa distribuidora que son sus volúmenes de ventas y de compras. Luego, se procederá a la determinación del área de aplicación de metodologías e identificación de los principales problemas presentes en esta. Se continuará con un análisis más detallado de las familias de productos seleccionadas para la aplicación de las herramientas de mejora.

#### 3.1 Comportamiento de ventas y compras

En esta sección se expondrán los valores, en términos monetarios, registrados respecto a los volúmenes de ventas mensuales y compras de artículos de origen nacional e internacional.

##### 3.1.1 Diagnóstico de ventas

Las ventas de JV Importaciones han venido elevándose a lo largo de los años de forma sostenida (Ver Ilustración 3-1) para así elevarse en valores anuales cercanos a los cinco millones de soles. El crecimiento del volumen de ventas ha sido bastante vertiginoso llegando a valores del 35% de aumento entre los años 2013 y 2014.

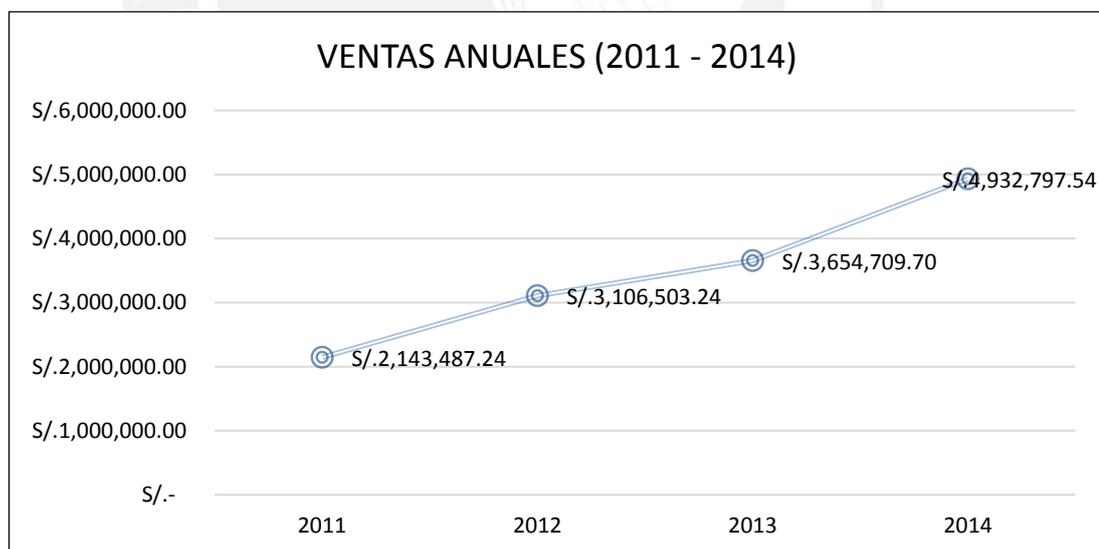


Ilustración 3-1 Volumen de ventas anuales – JV Importaciones  
Fuente: JV Importaciones

Es así que, durante el año 2014, las ventas mensuales fueron notablemente superiores a las del 2013 alcanzando picos cercanos a los S/. 415,000 soles (mes de octubre) y valores regulares no menores a S/. 315,000 soles (mes de marzo). Durante este año los niveles de ventas se mantuvieron bastante estables a lo largo de las estaciones, con una desviación estándar menor

al 10% del valor promedio. Es durante este año que se agregaron clientes muy importantes debido al intenso desarrollo de mercados que desarrollo el gerente comercial, especialmente en lo que respecta a la participación de la empresa en procesos de licitación para fungir de proveedores de entidades públicas (municipalidades) y privadas (empresas de transportes).

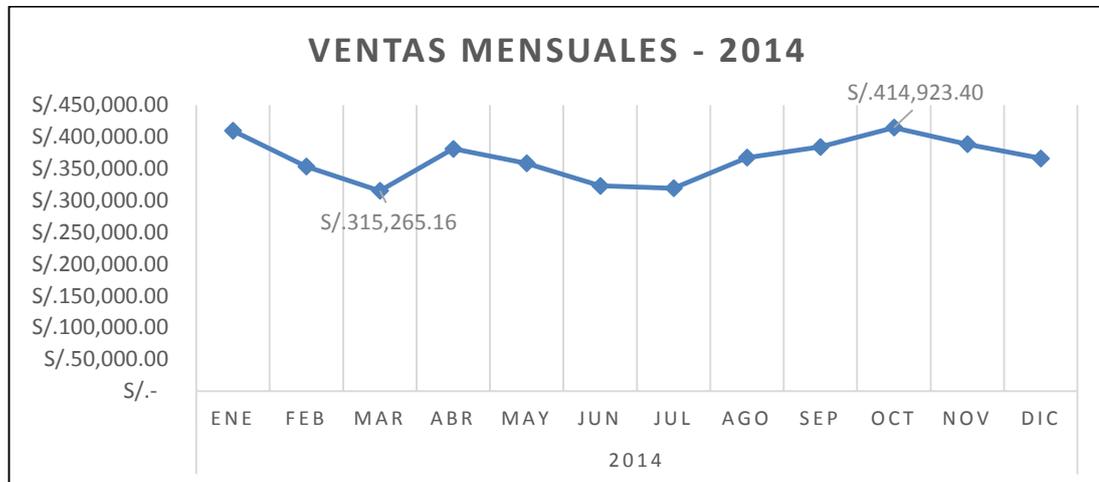


Ilustración 3-2 Ventas mensuales durante el 2014

Fuente: JV Importaciones

Otro punto relevante a mencionar es que la empresa, como se mencionó anteriormente, considera dos tipos de clientes: minoristas y mayoristas; estos son diferenciados generalmente por sus volúmenes de compras. Es así que la administración considera que los clientes mayoristas son los que realizan compras mayores a los S/. 200 y los minoristas son los de montos de compra menores. Esta diferenciación resulta vital al momento de estimar el valor de una venta promedio dado que dicho valor de forma general (20,994 transacciones en 2014) es de S/. 245; sin embargo, esto incluye las ventas a mayoristas, con valores que alcanzan montos superiores a los diez mil soles. Esto genera un sesgo debido a que el número de ventas pérdidas son muchos menores en el caso de los mayoristas (79 sucesos registrados), mientras que la cantidad de estos acontecimientos es mayor para clientes minoristas (1023 sucesos registrados). Esto se debe no solo a la mayor proporción de transacciones (76.9% son ventas minoristas) sino a que un cliente minorista suele realizar compras esporádicas y no mantiene una relación comercial más desarrollada que el de adquirir el artículo deseado, por lo que al no encontrarse este disponible simplemente va en busca de otro proveedor. Por otro lado, un cliente mayorista ya ha desarrollado una relación más estrecha con la empresa y está dispuesto en muchas ocasiones a esperar por la llegada de los productos que requiere o a cambiar por ítems de similares características. Habiéndose mencionado estas razones por las que un análisis diferenciado permite obtener una mejor valoración del desempeño en la gestión de las ventas, los resultados del análisis estadístico de ambos tipos de transacciones se puede visualizar en los Anexos 5 y 6. De este análisis resalta que el monto de venta esperado en el

caso de clientes minoristas es de S/. 68.68 y de S/. 713.7 para la venta a mayoristas. En ambos casos la desviación estándar es muy grande en proporción a la media y por tanto refleja una variabilidad muy marcada. Estos valores serán de gran importancia al momento de explicar los costos por rotura de stock dado que la empresa mide estos en relación directa con el valor de las ventas pérdidas.

Se desprende de este análisis que la empresa presenta cambios marcados en sus volúmenes de ventas anuales, con valores superiores al 30%, pero no de esta forma en períodos mensuales donde su comportamiento comercial es más regular, presentando meses de ventas altas y otros con menores valores pero no alejados.

### 3.1.2 Diagnóstico de compras

En el caso de las compras, como se mencionó anteriormente, se tiene a dos tipos de proveedores claramente clasificados en nacionales e internacionales. Los mayores volúmenes de adquisiciones son los de origen extranjero alcanzando un porcentaje anual, al 2014, del 94.8% respecto al total de compras (S/. 2'858,077).

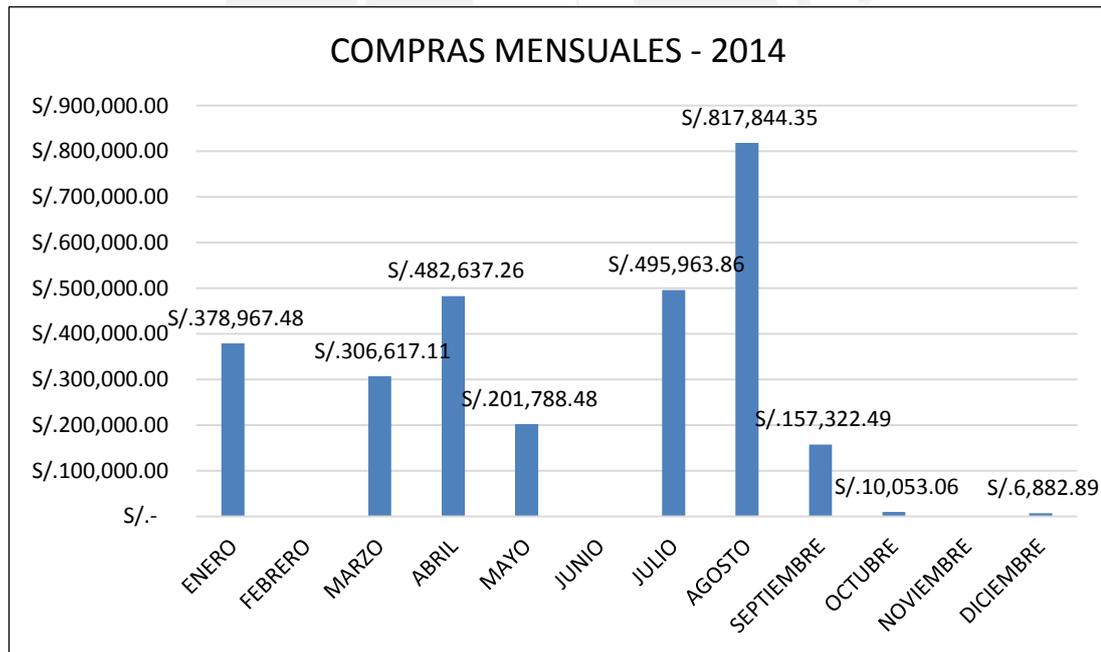


Ilustración 3-3 Compras mensuales 2014

Fuente: JV Importaciones

En la Ilustración 3-3 se pueden observar los valores mensuales de mercancías en unidades monetarias que se registraron a lo largo del año 2014. En esta ilustración se puede observar que las compras no tienen un comportamiento uniforme en frecuencia y monto, muy por el contrario, son extremadamente variables. Esto se debe principalmente al hecho que no se

planifican estas operaciones y se suelen realizar solo como respuesta inmediata a las necesidades de existencias.

Dado que la principal fuente de artículos adquiridos por JV Importaciones es la de proveedores internacionales, resulta necesario observar el comportamiento que estas operaciones presentan a lo largo del tiempo. En el 2014 se realizaron solo once movimientos de importación, para un análisis más completo, en la Ilustración 3-4 se puede visualizar el total de operaciones de importación realizados durante los dos últimos años (29 en total), todas estas se grafican en términos monetarios de la moneda empleada en la adquisición, dado que de esta forma se excluyen los efectos del tipo de cambio a la fecha. Se observa que durante el 2013, el mayor monto de compra fue de \$ 161,183 y el menor fue de \$ 570, lo que demuestra una gran variabilidad en los montos de adquisición y la poca planificación de las mismas (compras de monto bajo de forma consecutiva). En el 2014, si bien las operaciones no presentaron variaciones tan radicales, aun así muestran picos muy altos (\$ 206,667) y valores bajos en comparación (\$ 29,666) a lo largo de la gráfica. Otro punto a mencionar, es que el volumen total de importaciones registrados en el 2014 es menor al del 2013 en un 16.3%, probablemente esto es debido a los excesivos niveles de existencia de algunos artículos entre períodos.



Ilustración 3-4 Importaciones valorizadas 2013 – 2014

Fuente: JV Importaciones

Además del comportamiento de las importaciones, es importante identificar a los principales proveedores internacionales con los que cuenta JV Importaciones y, por un tema de consolidación de pedidos, sus países de orígenes. Es así que en el Anexo 7, se puede observar que durante ambos años (2013 y 2014), el principal país de origen de las importaciones fue China, seguido de Brasil y Corea del Sur. Indonesia y la India también se presentan como puntos de compra relevantes.

### 3.2 Análisis de áreas funcionales

Para proceder con el desarrollo del diagnóstico del caso de estudio, se requiere el definir el área de mayor relevancia, en cuanto a costos, para la empresa JV Importaciones. De esta forma se puede justificar el esfuerzo orientado a esta labor y la factibilidad de una futura implementación para la administración. Para realizar este tipo de evaluación, se valoraran las áreas funcionales presentes en la empresa en términos monetarios. Es así que se divide a la organización y funcionamiento en las siguientes áreas:

- **Administración:** área encargada del manejo y dirección de la empresa en términos del desempeño global. En esta se encuentran agrupados los cargos de gerente y subgerente general.
- **Ventas:** área dedicada a las operaciones de transacciones con los clientes. Es el área generadora de ingresos y se encuentra bajo el manejo del jefe de ventas, bajo la supervisión del gerente comercial. Se encuentra ubicada tanto en el local principal como en el almacén central, en ambos como una zona de atención.
- **Logística:** se agrupa dentro de esta las funciones propias de almacén, de transporte, despacho y manejo de existencias. Se encuentra bajo la dirección del gerente de logística. También se incluye las operaciones de comercio exterior (COMEX).
- **Contabilidad y Finanzas:** esta área funcional de la empresa se encuentra tercerizada con una empresa dedicada al rubro del manejo contable corporativo. Su desempeño se encuentra bajo la supervisión directa del subgerente general.

Los valores de costos relacionados a cada área se puede observar en la Tabla 3-1, para obtener estos valores se asignaron los montos correspondientes a cada área, de acuerdo a la estructura de costos consignada en los estados financieros de la empresa para el año 2014. Así también, se prorratearon valores como el alquiler de locales y la depreciación de activos fijos de acuerdo a su distribución y uso relacionado a cada área. Para mayor detalle de estas operaciones, consultar el Anexo 8.

Tabla 3-1. Costo Anual de Áreas Funcionales

ÁREA FUNCIONAL	COSTO ANUAL
ADMINISTRACIÓN	S/. 208,019.00
VENTAS	S/. 216,422.50
LOGÍSTICA	S/. 3,316,827.26
CONTABILIDAD Y FINANZAS	S/. 108,297.50

Elaboración propia

Como se puede observar en la Ilustración 3-5, la mayor proporción de costos anuales de la empresa JV Importaciones se encuentra asignado al área de logística, representando un

porcentaje del 86% de los costos anuales. Esto es bastante significativo y de hecho es coherente con la naturaleza de operaciones de una empresa distribuidora: sus actividades se centran en la adquisición, posesión y venta de artículos. Dado que la empresa no tiene muy desarrollado el área de ventas, salvo para la atención de clientes y la coordinación de su despacho, está no representa un porcentaje más acorde a su relevancia para el sostenimiento de la compañía.

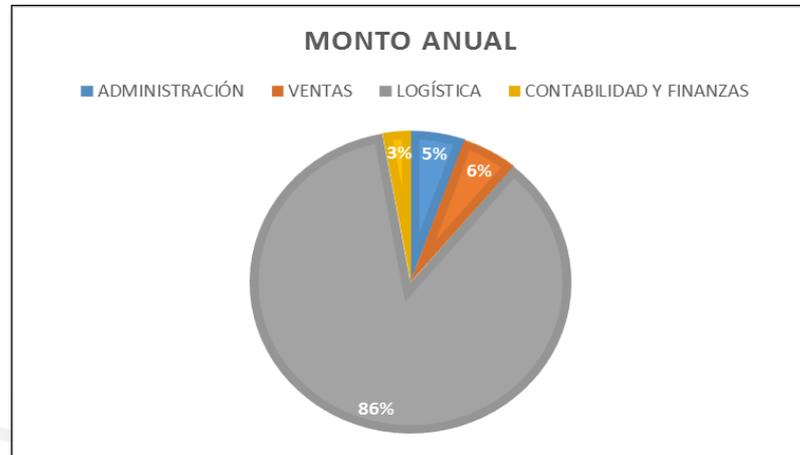


Ilustración 3-5 Porcentaje de costos anuales por área  
Elaboración propia

Se concluye entonces que el área sobre el cual se concentrarán los esfuerzos para la mejora del desempeño corporativo será el de logística.

### 3.3 Análisis de sub-áreas claves

Habiéndose identificado que el área funcional de mayor relevancia, en términos de costos y capital invertido, es el de logística, se desagregaron las operaciones de la misma en tres sub-áreas claves siguiendo la estructura presentada por Carreño (2011): Inventarios, Almacenes y Transporte. Es así que la estructura de costos de cada área clave dentro de la logística se definió, siempre siguiendo estructuras de costos desarrolladas por el mismo autor, de la forma presentada en las tablas siguientes:

Tabla 3-2 Estructura de costos – Inventarios

Inventarios	
Compras (Internacional + Nacional)	S/. 2,858,076.98
Mantenimiento de Inventarios	S/. 90,822.07
COMEX	S/. 87,264.55
Costo por faltantes	S/. 126,641.94
Gastos administrativos	S/. 4,743.80

Elaboración propia

Tabla 3-3 Estructura de costos – Almacenes

Almacenes	
Instalaciones	S/. 34,800.00
Gastos de Almacén (Operaciones)	S/. 35,900.00
Sueldos personal (1 jefe + 3 operarios)	S/. 72,000.00
Otros (70%)	S/. 17,500.00
Mermas	S/. 6,500.00
Gastos administrativos	S/. 11,859.50

Elaboración propia

Tabla 3-4 Estructura de costos – Transporte

Transporte	
Fletes (Internacional + Nacional)	S/. 102,744.65
Gastos administrativos	S/. 7,115.70

Elaboración propia

Es así que se aprecia la muy significativa relevancia de los inventarios y su gestión dentro de los costos logísticos (algo de esperarse). Cabe mencionar los gastos administrativos asignados incluyen el costo de pedido para compras nacionales y el importe indicado a las funciones de Comercio Exterior (COMEX) incorpora los costos de ordenar adquisiciones internacionales.

Aplicando el diagrama de Pareto para este análisis de las áreas claves de la logística en JV Importaciones (Ver Ilustración 3-6), se encuentra que los inventarios y su gestión asociada representan un total del 92% del costo total de la gestión logística. Esto lo sindicamos como el área dentro de la cual se analizarán las problemáticas principales y se ejecutarán las propuestas de mejora correspondientes.

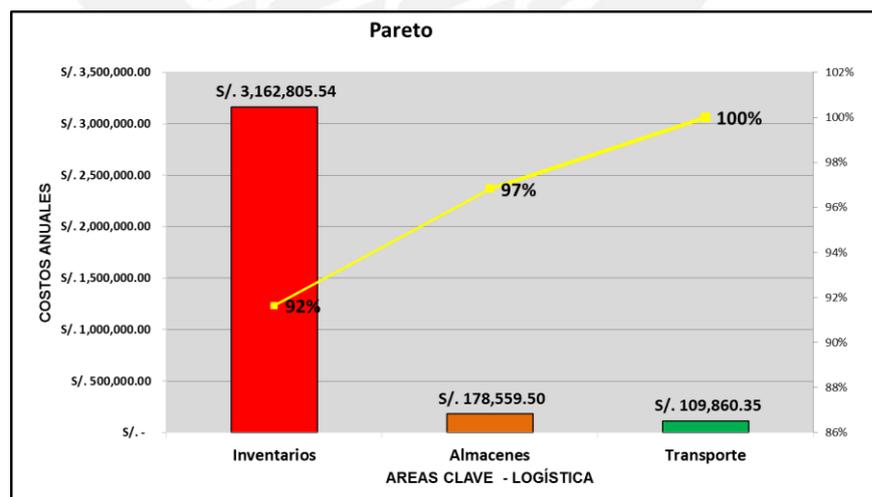


Ilustración 3-6 Diagrama de Pareto – Áreas clave de la logística  
Fuente: Elaboración propia

Como agregado importante a este análisis, siguiendo los costos que suponen las existencias según Carreño (2011), se incluyó dentro de los costos evaluados, el valor de pérdida por faltantes registrado en el 2014. Este valor se pudo obtener a partir de los registros mensuales de la empresa, aunque estos no detallan el artículo que sufre la rotura, sí reporta el número de ocurrencias mensuales por tipo de cliente. Para mayor detalle consultar el Anexo 9.

### 3.4 Análisis de familias de productos

JV Importaciones cuenta con un gran número de artículos comercializados, 1277 unidades de mantenimiento de stock (SKU), y una cantidad significativa de familias en que se agrupan los mismos, 108 registradas, por lo que se hace necesario limitar el alcance del caso de estudio para orientar de forma más eficiente los esfuerzos y no complicar innecesariamente las propuestas de mejora a presentarse, pudiéndose ampliarse dependiendo de los resultados.

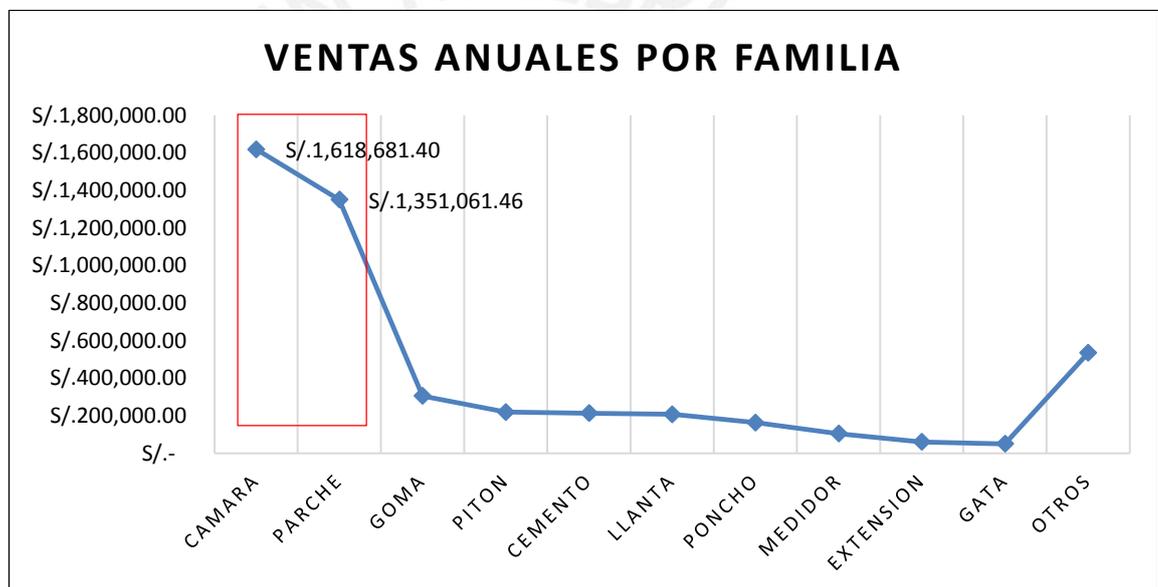


Ilustración 3-7 Monto de ventas por familia  
Fuente: JV Importaciones

Es así que se mediante un análisis de los ingresos generados por cada familia de artículo en el año 2014 (Ver Ilustración 3-7), se decide concentrar el análisis y propuesta de mejoras para las dos familias de artículos más relevantes (61.46% de los ingresos): parches (27.96% de ventas anuales y 30.8% en unidades vendidas) y cámaras (33.50% de ventas anuales y 24% en unidades vendidas). Estas familias también son las que representan los mayores volúmenes de compra, siendo el motivo de 9 de las 11 importaciones realizadas en el 2014.

### 3.5 Diagnóstico de la problemática actual

En esta sección se realizará el diagnóstico de las distintas problemáticas identificadas dentro del área logística de inventarios. Para esto, se emplearán herramientas como el diagrama Causa

– Efecto, o Ishikawa, reconociendo los principales problemas de las existencias y su gestión, y el análisis jerárquico para la toma de decisiones en la valoración de cada problemática.

### 3.5.1 Diagrama Causa – Efecto

En este diagrama se puede observar que los principales problemas relacionados a las existencias son los enunciados a continuación:

- Gestión de compra inadecuada: hace referencia a la falta de desarrollo de una política de compras y a un manejo de costos irregular.
- Política de administración inexistente: alude a la ausencia de políticas de administración de artículos y para su gestión logística.
- Mal dimensionamiento de existencias: comprende dos problemáticas muy presente como son la falta de existencias (rotura de stock) o los niveles excesivos de existencias de algunos artículos.
- Control ineficiente: refiere a los sistemas de control o revisión de inventarios que resultan poco convenientes para las operaciones regulares de la administración por su alta frecuencia y trabajosa labor.
- Tecnologías de gestión limitantes: señala el problema en la administración de la información relativa a los inventarios mediante el uso de tecnología de la información.

Para cada uno de estos problemas se identificó una causa raíz inicial y a esta, a su vez, otras tres sub-causas raíces que representarán las problemáticas principales a combatir. Luego de esto, se realizó una clasificación de las causas obtenidas mediante el cuadro de Implementación/Impacto, incluido en la Ilustración 3-8. De esta forma, se priorizó el impacto positivo que pueda tener el solucionar una causa raíz y, como segundo objetivo, la facilidad de implementar una mejora relacionada, considerando para esto también los recursos que se asociarían a dicha solución a proponerse. Lo ideal entonces será, el identificar una causa raíz cuya solución sea de alto impacto y fácil implantación (valor 1) y, por otro lado, una causa raíz cuya solución tenga un bajo impacto y una difícil implantación (valor 4) será el motivo del menor de consideración. Aplicando esta metodología de identificación de problemáticas principales se obtuvieron cinco problemáticas principales (Ver Tabla 3-5), las cuales serán motivo de estudio y de las propuestas de mejora a plantearse para la mejora en la gestión de inventarios.

Ilustración 3-8 Diagrama Causa – Efecto de la Gestión de Inventarios  
Elaboración propia

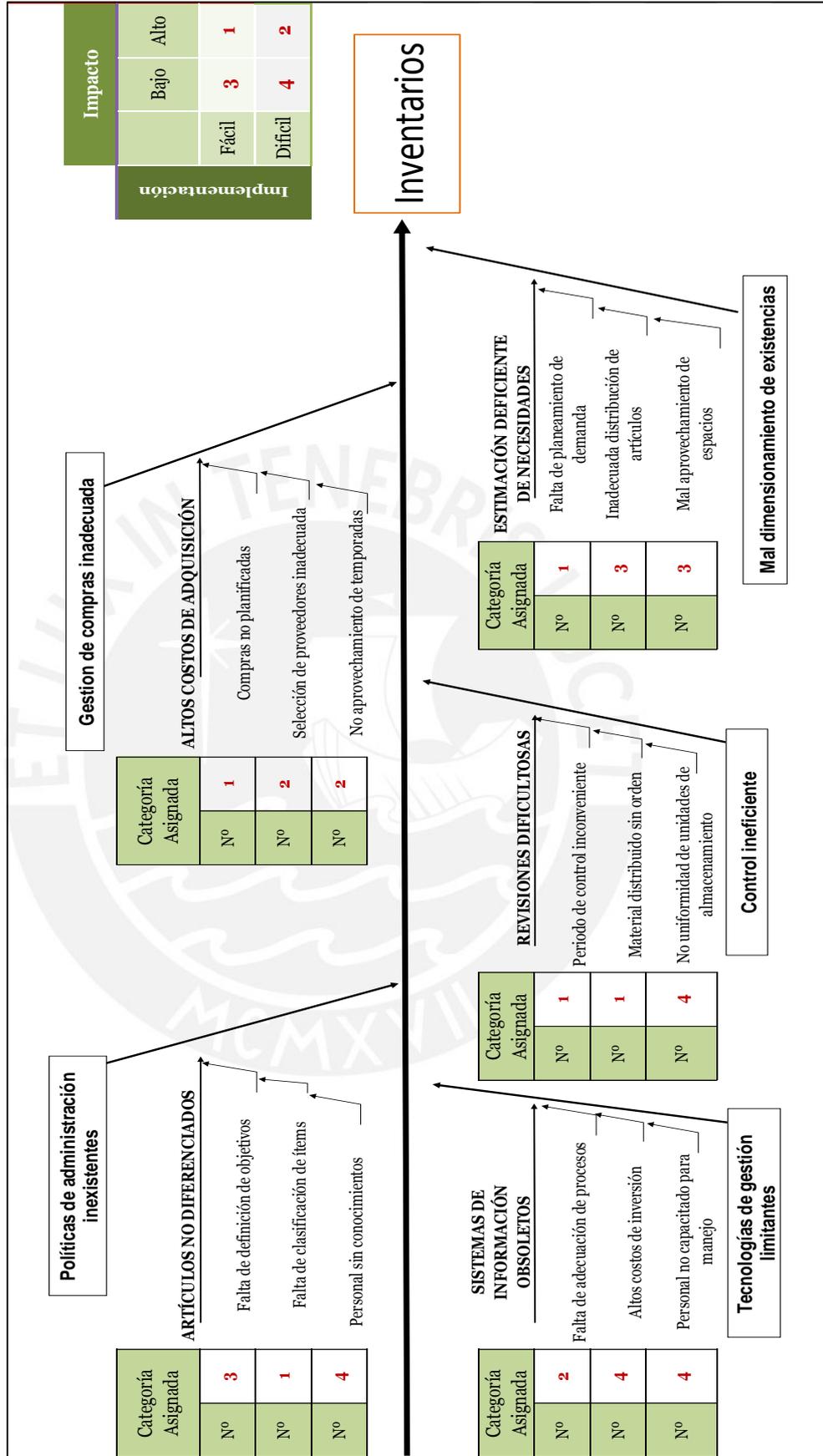


Tabla 3-5 Principales problemáticas raíz

Valor Asignado	Problema Raíz
1	Periodo de control inconveniente
1	Falta de planeamiento de demanda
1	Falta de clasificación de ítems
1	Material distribuido sin orden
1	Compras no planificadas

Elaboración propia

### 3.5.2 Valorización de problemáticas raíz

Para una valoración multicriterio de las problemáticas principales de los inventarios y su gestión se hará uso del proceso análisis jerárquico (AHP por sus siglas en inglés) para establecer el peso de los criterios a considerar para una posterior evaluación multicriterio de la relevancia de los problemas identificados. En conjunto con la administración se establecieron los criterios que serían parte de la valoración, estando orientados al uso de recursos, frecuencia de ocurrencia y el efecto sobre las prioridades competitivas de JV Importaciones: calidad sostenida y menores costos. Se explican brevemente cada uno de ellos a continuación:

- Genera costos extras: magnitud en que una problemática origina la necesidad de una mayor inversión monetaria para solucionar sus efectos.
- Frecuencia de ocurrencia: señala que tan asiduo es la aparición de incidencias debido a la problemática evaluada.
- Implica el uso de más recursos: similar al primer criterio pero con la diferencia que hace referencia a la valorización de otros recursos de la organización como el tiempo, personal y espacio invertido en solucionar problemáticas o debido a estas.
- Afecta las prioridades competitivas: el nivel de impacto que tienen las problemáticas dentro de la estrategia corporativa, mermando su desempeño.

Al aplicar el proceso de análisis jerárquico (Ver Anexo 10) a estos criterios se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla siguiente:

Tabla 3-6 Pesos de criterios – AHP

CRITERIO	%
Genera costos extras	42%
Frecuencia de ocurrencia	24%
Implica el uso de más recursos (tiempo, personal, espacio)	15%
Afecta las prioridades competitivas	19%

Elaboración propia

Por lo cual se establece que el criterio de valoración principal para una problemática será el de generación de costos extras con un 42%, seguido por la frecuencia de ocurrencia (24%), el uso de más recursos (15%) y el efecto sobre las prioridades competitivas (19%). Posterior al establecimiento de los pesos a cada criterio se ejecutó la valoración de cada problemática identificada guiándose por un enfoque global. Las valoraciones asignadas a cada problemática fluctuaban entre 1 y 5, siendo el mayor valor el que representaba una mayor dimensión respecto al criterio indicado. Los valores otorgados en cada criterio se definieron mediante el método Delphi, consolidando la opinión del gerente de logística, jefe de almacén y el gerente general.

Tabla 3-7 Matriz de priorización de problemáticas

CRITERIO	Genera costos extras	Se presenta frecuentemente	Implica el uso de más recursos	Afecta las prioridades competitivas	Ponderación	Nivel de importancia
	42%	24%	15%	19%		
<b>PROBLEMÁTICAS RAÍCES</b>						
Período de control inconveniente	3	5	4	1	3.26	22.3%
Falta de planeamiento de la demanda	5	2	1	4	3.48	23.8%
Falta de clasificación de ítems	2	3	4	5	3.11	21.2%
Material distribuido sin orden	1	3	4	1	1.94	13.3%
Compras no planificadas	4	2	2	2	2.84	19.4%
	15	15	15	13	14.63	100%

Elaboración propia

Finalmente, se puede observar que la principal problemática raíz es la falta de planeamiento de la demanda, la cual tiene un alto efecto sobre los costos, debido a que no se aprovechan oportunidades comerciales asociadas como contratos de compras anuales o cronogramas de adquisiciones, y afecta las prioridades competitivas, debido a que expone frecuente a una situación de compras urgentes donde el costo y la calidad se pueden ver afectadas. Otros problemas urgentes, es decir superiores al 20% de nivel de importancia, de solución serán los del período de control inconveniente, dado que las revisiones son únicas para todos los artículos y muy frecuente, y la falta de clasificación de ítems, principal dificultad para el establecimiento de políticas de administración de existencias.

### 3.6 Análisis y diagnóstico de las familias principales de productos

Para esta parte del capítulo de análisis y diagnóstico se explorará a mayor detalle la situación actual de las familias de parches y cámaras. Dada la nula elaboración previa de pronósticos, resultará necesario examinar primero el comportamiento y patrón de la demanda para poder determinar características relevantes para la selección de una metodología de pronósticos

adecuada para la propuesta. Así también, se presentarán y examinarán las principales tareas en la gestión de inventarios actual: compras, administración y control (indicadores).

### 3.6.1 Análisis de la variabilidad de la demanda

Para este análisis se hizo uso de tres restricciones cuantitativas para seleccionar la baja, moderada o alta variabilidad que presentaban las demandas, relacionado directamente con el coeficiente de variación. En la Tabla 3-8 se puede visualizar dichas reglas.

Tabla 3-8. Criterios de decisión para variabilidad de demanda

CV de Demanda	Variabilidad
$\leq 0.75$	Baja
$> 0.75$ y $< 1.33$	Moderada
$\geq 1.33$	Alta

Fuente: Hopp & Spearman (2000)

Como resultado de dicho análisis, se obtuvieron los resultados presentados en la Ilustración 3-9 por cada familia.

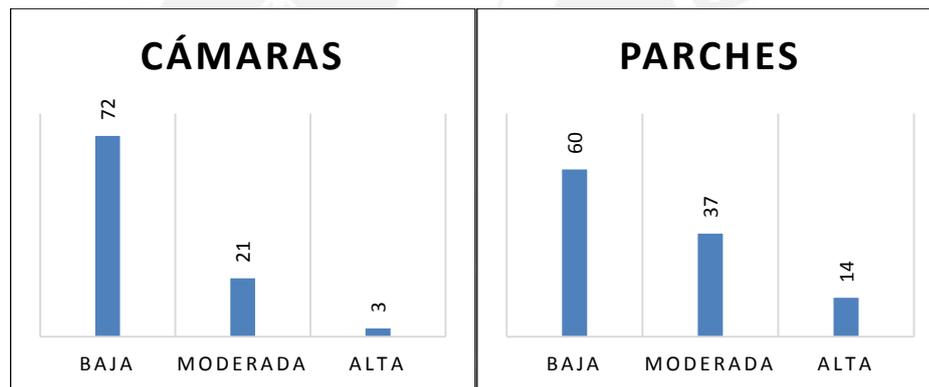


Ilustración 3-9 Variabilidad de las familias  
Elaboración propia

Esta mayor variabilidad mostrada por la familia de parches se le puede atribuir a los volúmenes promedio de compra dada las presentaciones de varias unidades y el precio unitario mucho menor en comparación al de los parches.

Desde una perspectiva de pertinencia de pronósticos se puede realizar una clasificación adicional, importante al momento de seleccionar una metodología pertinente, que permita abordar las demandas y tipificarlas entre intermitente, errática, grumosa y suavizada. Para catalogar cada uno de los ítems se basó en los criterios antes estudiados que tienen como consideración el Coeficiente de Variación (CV) y el Promedio de Intervalos Entre Demandas (ADI). Los resultados se pueden observar en la Ilustración 3-10.

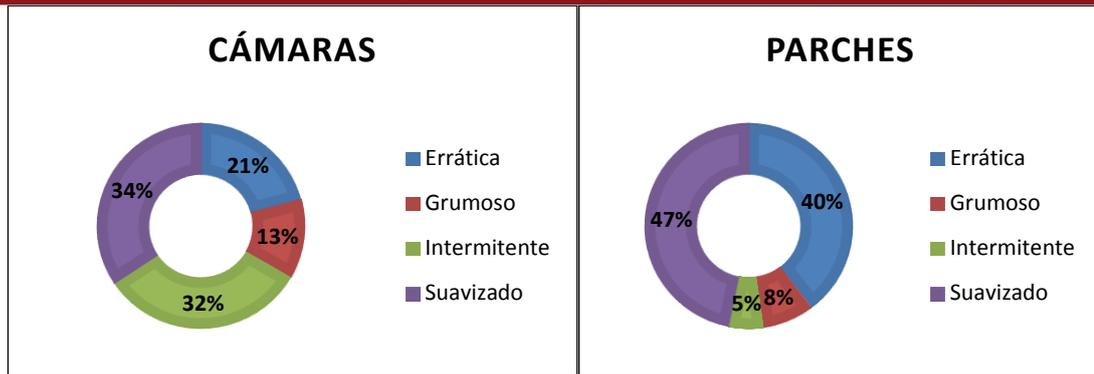


Ilustración 3-10 Clasificación de variabilidad por tamaño de la demanda  
Elaboración propia

Los resultados de la clasificación, según la matriz de clasificación de Ghobbar & Friend (2002), para ambas familias permite observar que la variabilidad mayor que presentaba los parches se ve compensada por un comportamiento más regular entre períodos de demanda, teniendo apenas un 13% de SKUs con comportamiento intermitente y grumoso (poco amigables para el desarrollo de pronósticos). En contraste, las cámaras cuentan con el 45% de SKUs con demanda intermitente y grumosa, caracterizadas por períodos entendidos de demanda igual a cero (ADI mayor a 1.32 meses).

### 3.6.2 Análisis y diagnóstico de la Gestión de Inventarios Actual

En esta tarea de la gestión de inventarios se hacen presentes dos de las problemáticas raíces: falta de clasificación de ítems y un período de control inconveniente. Estos problemas se verán evaluados desde tres perspectivas principales: la gestión de compras, la administración de inventarios y el control de los mismos mediante las métricas de desempeño.

#### a. Gestión de compras

Debido a la falta de estimaciones de la demanda y a una política de inventarios formal que permita generar escenarios de comportamiento de las existencias durante períodos siguientes, actualmente no es posible estimar el tamaño de lote de compra adecuado para cada ítem. En la Ilustración 3-11 se muestra la variación en los montos mensuales de compra, por tanto también en el tamaño de lote, de ambas familias de productos. Los montos de dinero son muy variables, algo que también se vio en el análisis del negocio y que en esta sección se ve a mayor detalle, al eliminar el efecto portafolio desagregando las familias. Dado que la empresa no se financia de terceros para sus adquisiciones o inversiones, estos picos de salida de efectivo exponen a un riesgo alto en términos financieros.

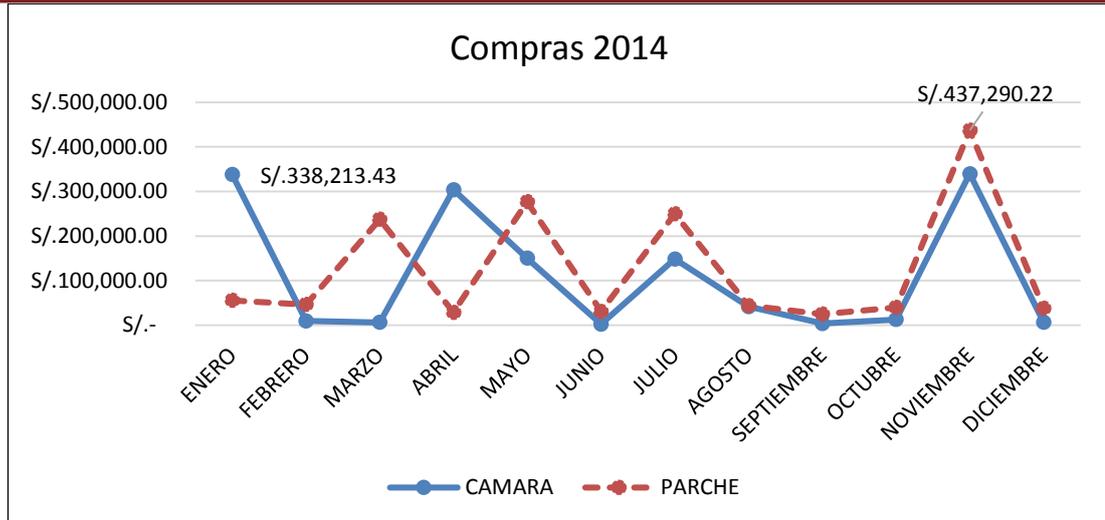


Ilustración 3-11 Compras recibidas 2014

Fuente: JV Importaciones

**b. Administración de inventarios**

Actualmente, se administran las existencias en base a valoraciones empíricas hechas a partir de los ingresos generados por producto o por su popularidad. Sin embargo, no aplican una metodología formal para esta tarea, lo que originaría una valoración cimentada en un solo criterio más orientado al desempeño comercial que al global. Esto afecta la administración logística debido a que el impacto de un artículo para la gestión logística no se limita a su nivel de ventas sino a otros aspectos como el tiempo de reaprovisionamiento, margen de contribución, dimensiones, etc. Asimismo, este problema impide la adaptación diferenciada de los productos a un sistema de administración como los de sistema P, el sistema Q o algún otro. Debido al gran número de SKUs existentes, no sería plausible una aplicación individual de los sistemas antes mencionados. Debido a esto es que urge clasificar a los ítems existentes fundamentándolo en resultados cuantitativos y coherentes en el tiempo, además que tener estas consideraciones otorgaría mejores resultados al enfocar los esfuerzos de la administración en artículos de mayor relevancia.

En la Tabla 3-9 se puede apreciar los cinco modelos de parches que generaron los mayores ingresos en el año 2014 para la empresa JV Importaciones, mientras que en la Tabla 3-10 se observar lo respectivo a la familia de cámaras. Estos serían los principales productos considerados por la dirección para la administración de inventarios basados solo en el criterio, usado informalmente en la actualidad, de las ganancias generadas por las ventas.

Tabla 3-9 Modelos de parches con mayores ingresos (2014)

PRODUCTO	INGRESOS 2014 (S/.)
PARCHE COLD PATCH M-48	S/. 108,717.50
PARCHE VIPAL VD1	S/. 84,703.50
PARCHE VIPAL R-01	S/. 74,586.40
PARCHE SCHRADER SBR1	S/. 59,886.50
PARCHE SCHRADER SBMC2	S/. 52,170.00

Fuente: JV Importaciones

Tabla 3-10 Modelos de cámaras con mayores ingresos (2014)

PRODUCTO	INGRESO 2014 (S/.)
CAMARA 750-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	S/. 167,866.50
CAMARA FR-13 SUPER BULL PREMIUN TR-13	S/. 153,720.50
CAMARA 700-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	S/. 135,172.00
CAMARA FR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	S/. 108,062.50
CAMARA 300-18 SWALLOW TR4	S/. 100,782.00

Fuente: JV Importaciones

### c. *Control de la gestión*

El gran número de productos ofrecidos (más de 200 SKUs) ha generado una dificultad superlativa en cuanto al control de los niveles de existencias. Debido a que se utiliza una política general de revisión periódica semanal. Esto tiene dos implicancias principales en la gestión de las existencias: el aumento de costo operativo en la inspección física y la restricción del control a pocos artículos, adicionado al hecho de no contar con una distribución física de almacenes que facilite el control global. De esta forma se está frente a un escenario en el cual el período de revisión global puede ser excesivamente frecuente para algunos productos, o que por el contrario, genere la desestimación para realizar una inspección más detallada. Además del problema en el control físico de artículos, existe una mayor falencia para JV Importaciones, al no contar con un control ni registro de las métricas de desempeño que permitan tener una evaluación efectiva de la gestión logística. Debido a que estos indicadores resultan importantes para validar las propuestas de mejora del presente trabajo, se procederá a su cálculo.

### Índices de la Gestión Actual

- Inventario promedio: en la Tabla 3-11 se puede apreciar los valores obtenidos por cada familia, expresados tanto en unidades como en la moneda local. Debido a que la propuesta de mejora a presentarse en la presente tesis tiene un enfoque agregado, resulta de mayor provecho el analizar el desempeño agregado de los artículos. En este caso, el inventario promedio conjunto es de S/. 1'363,443.59, explicado en un 45.7% por la familia de cámaras y en un 54.3% por la de parches. Como se observa en la Ilustración 3-12, si bien

el inventario promedio de ambas familias, expresado en soles (barra derecha), es bastante similar, en cuanto al número de unidades (barra izquierda) es totalmente dispar.

Tabla 3-11 Inventario promedio por familia

FAMILIA	INVENTARIO PROMEDIO (UNID)	INVENTARIO PROMEDIO (S/.)
CAMARA	67,701.5	S/. 623,067.16
PARCHE	2'834,653.6	S/. 740,376.44
	2'902,355.1	S/. 1,363,443.59

Elaboración propia

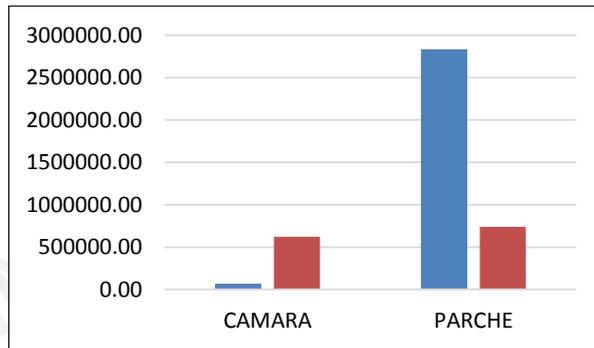


Ilustración 3-12 Relación de inventario promedio entre familias

Elaboración propia

- Rotación de inventario: este indicador es de vital significancia debido a que expone uno de los problemas identificados en el diagnóstico de la empresa: las excesivas existencias.

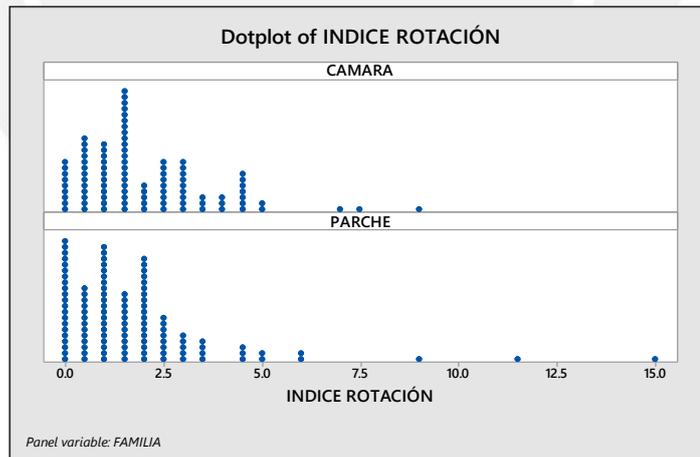


Ilustración 3-13 Dotplot de los índices de rotación

Elaboración propia

El control y mejora de esta métrica se refleja en una disminución de la necesidad de existencias, costos de posesión y almacenamiento. Como se puede visualizar en el diagrama de puntos de la Ilustración 3-13, los índices rotación anual se encuentran en

su gran mayoría por debajo de 2.5, lo cual es bastante bajo para un horizonte de inversión de un año. Se debe notar que hay variaciones considerables en algunos indicadores, llegando a niveles de hasta 15 renovaciones en promedio por año.

- **Productos con sobrestadía en inventario:** Este indicador permite traducir la rotación de inventarios en meses de permanencia promedio en posesión de las existencias y contrastarlo con una meta determinada por la administración. Primero, en la Tabla 3-12 se aprecia la estadía promedio en meses de ambas familias. Para este análisis, se eliminaron y normalizaron valores atípicos (ver Anexos 11 y 12).

Tabla 3-12 Estadía promedio en meses por familia

FAMILIA	ESTADIA PROMEDIO (MESES)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (MESES)
CAMARA	17.05	26.73
PARCHE	26.48	39.08
	21.8	34.14

Elaboración propia

En la tabla mostrada se presenta una preocupante realidad, y es que la estadía promedio de las existencias hasta su renovación alcanza valores mayores a dos años para los parches y de casi año y medio para las cámaras. Esto se agrava al notar la gran variabilidad mostrada por el indicador para cada ítem.

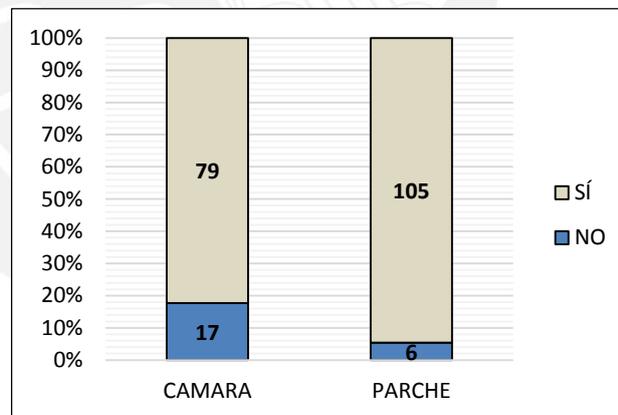


Ilustración 3-14 Productos con excesivo tiempo en inventario

Elaboración propia

Debido a la exposición de muchos de estos artículos a una futura obsolescencia, la dirección de JV Importaciones ha optado por establecer una política de estadía promedio en inventario no mayor al doble del tiempo de aprovisionamiento, para los productos importados, y de un mes para los productos nacionales. Al comparar esta meta trazada y la situación actual, se obtiene los resultados presentados en la

Ilustración 3-14, teniendo un porcentaje mayor al 80% de artículos con excesivo tiempo en el inventario para la familia de cámaras y de más del 90% para la familia de parches.

- Roturas de Stock: En la Ilustración 3-15 se puede apreciar el número de veces en las que el inventario de un artículo cayó hasta cero (48 veces en el año), no pudiendo cubrir la demanda del mercado sino hasta su reabastecimiento siguiente. Este concepto está relacionado con el número de ventas pérdidas, dado que al producirse una rotura de stock sigue un período en el cual se generan las ventas pérdidas, referidas a las potenciales transacciones perdidas con motivo de este desabastecimiento.

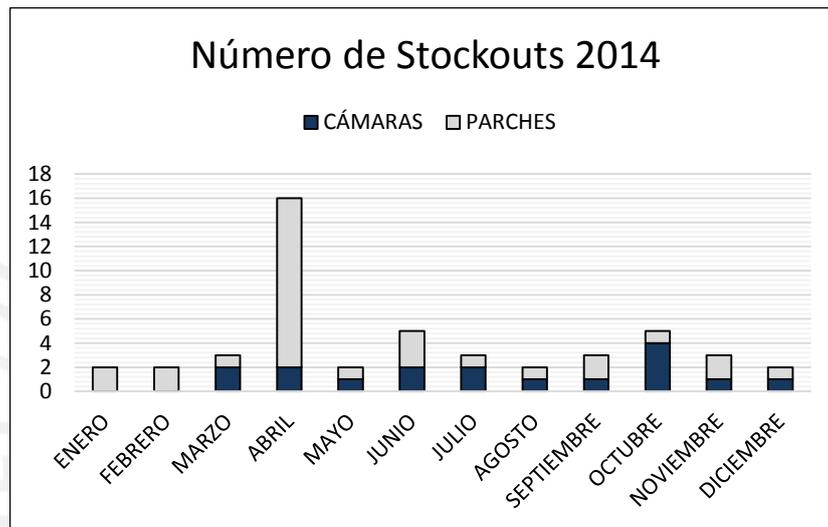


Ilustración 3-15 Número de Stockouts – 2014

Elaboración propia

Así mismo, al considerar el estimado para el 2015, se puede vislumbrar el riesgo de desabastecimiento en 11 artículos (9 modelos cámaras y 2 de parches), esto basado en su inventario final del 2014, la demanda mensual promedio presentada en ese año y el tiempo de reabastecimiento.

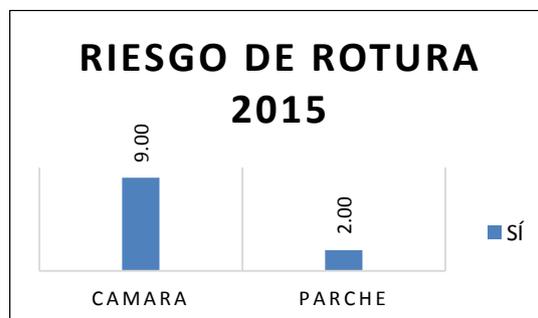


Ilustración 3-16 Número de artículos con riesgo de rotura de stock – 2015

Elaboración propia

Se puede deducir de ambas imágenes examinadas que debido al mayor número de roturas producidas en la familia de parches en el 2014, y dado que no cuentan con pronósticos cuantitativos, el jefe de compras optó por “proteger” la disponibilidad de estos productos mediante un abastecimiento excesivo, coherente con los índices de rotación ya presentados y la sobreestadía de existencias más notoria en esta familia.

- Tamaño de lote de reabastecimiento promedio: haciendo referencia a la cantidad de artículos promedio que se adquieren en cada pedido. En la Tabla 3-13 se muestran los cinco ítems, perteneciente a la familia de cámaras, con lotes promedio de mayor tamaño. Lo propio se hace con la familias de cámaras en la Tabla 3-14 .

Tabla 3-13 Lote de reabastecimiento promedio - Cámaras

PRODUCTO	LOTE DE REABASTECIMIENTO PROMEDIO
CAMARA 300-18 S & M TR-4	15000.0
CAMARA 300-18 SWALLOW TR4	5250.0
CAMARA 400-8 S & M TR87C	11050.0
CAMARA FR-13 SUPER BULL PREMIUN TR-13	4500.0
CAMARA FR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	3500.0

Elaboración propia

Tabla 3-14 Lote de reabastecimiento - Parches

PRODUCTO	LOTE DE REABASTECIMIENTO PROMEDIO
PARCHE DC107-25 NINGBO	300000.0
PARCHE DC107-30 NINGBO	300000.0
PARCHE DC110-30 NINGBO	360000.0
PARCHE SCHRADER SBF1	219500.0
PARCHE SCHRADER SBR0	200000.0

Elaboración propia

Estos valores de lote promedio son demasiados grandes en proporción a la demanda presentada por los modelos de parche citados en la tabla. Esto refuerza la idea de la urgencia del planeamiento de necesidades y el desarrollo de un sistema de control de inventarios que permitan hacer factible la elaboración de un cronograma de compras.

## 4. PROPUESTAS DE MEJORA

En el presente capítulo se procederá a emplear las metodologías de pronósticos y herramientas para la gestión de inventarios que se mencionaron en el marco teórico. Como menciona el título del presente proyecto de tesis, se planea proponer una estrategia de pronósticos y aplicar técnicas para una mejora en el control agregado de inventarios, siendo estos caracterizados por una demanda con comportamiento no determinístico.

### 4.1 Metodología de trabajo

Haciendo uso de lo analizado y diagnosticado en el capítulo anterior, se identificaron los instrumentos necesarios para contrarrestar las principales causas raíces de la problemática actual de la empresa JV Importaciones. La información empleada procede del año 2014 debido a que a partir de este año se implementó un software ERP básico que permitía registrar las ventas, los movimientos en inventarios y la información de los artículos comercializados, entre otra información de interés. Sin embargo, como se explicará más adelante, para el caso de los artículos de mayor importancia para la empresa JV Importaciones, se ha rastreado su registro de ventas desde el año 2012.

Se iniciará con la clasificación de los más de 200 SKUs con los que cuentan las dos familias analizadas, esto de acuerdo a una evaluación multicriterio que se compone de tres criterios como son los de frecuencia de venta, costo de ventas y margen de contribución. Posteriormente esta diferenciación será relevante para la toma de decisiones y el tratamiento de los distintos artículos incluidos.

Con la finalidad de mejorar la planificación de las necesidades en la cadena de suministro, se seleccionará una metodología de pronósticos acorde al comportamiento y naturaleza de la demanda, la importancia del artículo y el desempeño de los indicadores de error.

Para el refinado del sistema de revisión periódico y emisión de pedido empleado actualmente, se procederá desarrollando un sistema de reabastecimiento conjunto que mantenga el aprovechamiento de las economías de escalas, integración de pedidos y el manejo de proveedores internacionales por disposición geográfica. Adicionalmente se completará la política de inventarios propuesta por medio del uso de curvas de intercambio, las cuales permitirán definir el nivel de servicio más adecuado según lo deseado por la administración y un enfoque de costos.

## 4.2 Clasificación ABC de inventarios con enfoque multicriterio

Debido a que JV Importaciones maneja gran cantidad de ítems en sus dos familias de productos principales (207 SKUs) y su administración representa gran parte de los gastos en manejo de existencias, abastecimiento y adquisiciones, así como también la mayor parte de los ingresos de la empresa, la gestión de los mismos es crítica para el negocio.

Basándose en la relación de criterios de clasificación multicriterio presentados por Zuluaga *et al.* (2011) y en los objetivos e intereses de la compañía, esta herramienta permitirá identificar los productos más importantes mediante la valoración de tres factores relevantes por la naturaleza de la empresa,: la demanda o frecuencia de venta, con impacto tanto en el flujo de las existencias como en la administración del cuerpo de ventas (ventas al por menor y por mayor); el costo de ventas o valorización, principalmente importante debido a que representa la cantidad de dinero invertido por la dirección que se compromete en las ventas de cada ítem; el margen de contribución, con efecto directo sobre las utilidades percibidas por la compañía. Los cálculos y resultados de esta herramienta se encuentran detallados en el Anexo 13.

Para el tratamiento de los distintos criterios, se compara el resultado de una clasificación ABC clásica asignando el 80% del valor acumulado del factor analizado al tipo A, 15% siguiente al tipo B y el restante al tipo C, en contraste con el resultado de una asignación de tipo basada en el valor promedio ( $\bar{V}$ ) y la desviación estándar ( $s$ ) (Ver Tabla 4-1).

Tabla 4-1 Regla de decisión de la clasificación ABC

Clasificación	Regla de decisión
A	$V_i \geq \bar{V} + s$
B	$\bar{V} < V_i < \bar{V} + s$
C	$V_i \leq \bar{V}$

Elaboración propia

### 4.2.1 Criterio de frecuencia

Este primer criterio considera la popularidad que tienen los ítems en el inventario, lo que refiere a los productos que son pedidos con mayor frecuencia. La Tabla 4-2 muestra que a la categoría A pertenecen 22 ítems (que son los 10.63% de todos los ítems) representa el 79.51% de la demanda total de todos los ítems, la categoría B está formada por 38 ítems (que son los 18.36% de todos los ítems) representa el 15.48% de la demanda total de todos los ítems y a la

categoría C pertenecen 147 ítems (que son los 71.01% de todos los ítems) con el 5.01% de la demanda total.

Tabla 4-2 Clasificación ABC de acuerdo al criterio de frecuencia

Clasificación	Cantidad de Productos	% Ítem	% Ítem acumulado	Frecuencia	% Frecuencia	% Frecuencia acumulada
A	22	10.63%	10.63%	1552057	79.51%	79.51%
B	38	18.36%	28.99%	302113	15.48%	94.99%
C	147	71.01%	100.00%	97749	5.01%	100.00%
Total	207	100%		1951919	100%	

Elaboración propia

Ahora, a ese mismo criterio se le agregará el concepto del promedio y desviación estándar de la frecuencia de cada ítem. Los valores respectivos para realizar la clasificación con este enfoque se presentan junto a los resultados en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3 Clasificación ABC de acuerdo a la frecuencia, usando media y desviación estándar

Clasificación	Cantidad de Productos	% Ítem	% Ítem acumulado	Frecuencia	% Frecuencia	% Frecuencia acumulada
A	11	5.31%	5.31%	1264193	64.77%	64.77%
B	22	10.63%	15.94%	434400	22.26%	87.02%
C	174	84.06%	100.00%	253326	12.98%	100.00%
<b>Total</b>	<b>207</b>	<b>100%</b>		<b>1951919</b>	<b>100%</b>	

Elaboración propia

Los resultados obtenidos reflejan que la categoría A se reduce a la mitad de ítems inicialmente considerados y que aportan el 64.77% de las unidades vendidas. Asimismo, la categoría B contiene 22 ítems (10.63% del total) que equivalen al 87.02% de la frecuencia de venta. Finalmente, para los artículos del tipo C se tiene 174 ítems (84.06%) acumulando el 12.98% de la frecuencia total.

Gráficamente, el diagrama de Pareto se presenta en la Ilustración 4-1 usando el criterio de la demanda expresada en unidades de producto.

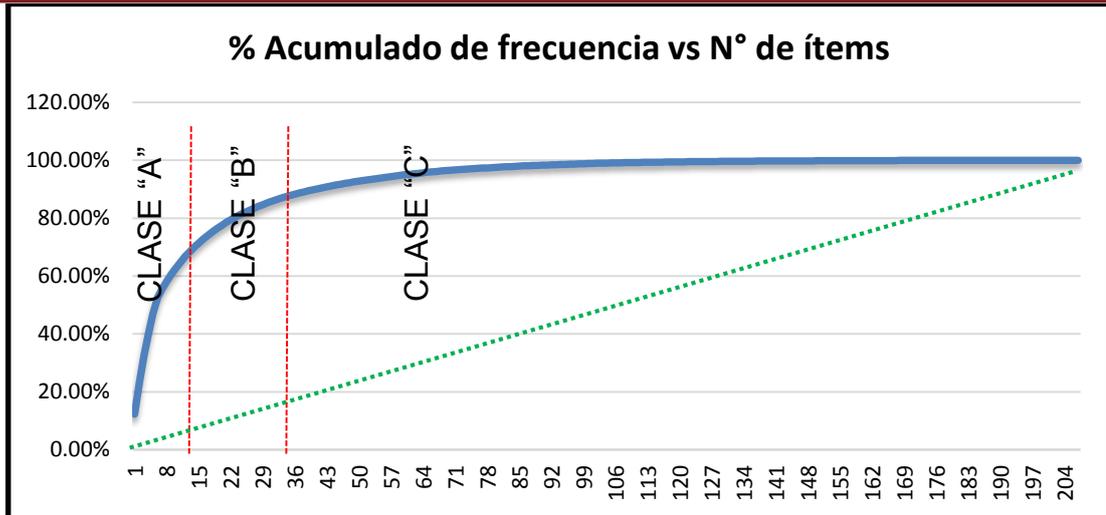


Ilustración 4-1 Pareto del criterio de frecuencia, usando el promedio y la desviación estándar  
Elaboración propia

Se puede apreciar del gráfico que el número de ítems contenidos en las dos primeras categorías son bastante reducidos, acumulando apenas el 15.94%, pero cubriendo un porcentaje acumulado de frecuencia de ventas bastante alto con un 87.02%.

#### 4.2.2 Criterio de costo o valor

El segundo criterio que se consideró está basado en el costo o valor que representa los ítems en el inventario. El procedimiento consistía en multiplicar la demanda acumulada en el año 2014 de cada artículo y multiplicarlo por el costo unitario del mismo. Nuevamente aplicando inicialmente el enfoque clásico de Pareto, en la Tabla 4-4 se muestra que a la categoría A pertenecen 49 ítems (23.67% de todos los ítems) representa el 79.82% del costo de todos los ítems, la categoría B está formada por 48 ítems (23.19% de todos los ítems) representa el 15.16% del costo total y a la categoría C pertenecen 110 ítems (53.14% de todos los ítems) representa el 5.02% del costo total.

Tabla 4-4 Clasificación ABC de acuerdo al criterio de costo

Clasificación	Cantidad de Productos	% Ítem	% Ítem acumulado	Costo	% Costo	% Costo acumulado
A	49	23.67%	23.67%	S/. 1,774,985.57	79.82%	79.82%
B	48	23.19%	46.86%	S/. 337,245.46	15.16%	94.98%
C	110	53.14%	100.00%	S/. 111,628.90	5.02%	100.00%
Total	207	100%		S/. 2,223,859.93	100%	

Elaboración propia

Se puede apreciar, en los resultados expuestos, que la categoría A tiene mayor cantidad de artículos que la categoría B. Esto es inconsistente con el principio de priorización de un menor número de artículos por cada categoría superior.

Tabla 4-5 Clasificación ABC de acuerdo al costo, usando media y desviación estándar

<b>Promedio</b>	S/. 10,743.28					
<b>Desviación estándar</b>	S/. 20,317.45					
Clasificación	Cantidad de Productos	% Ítem	% Ítem acumulado	Costo	% Costo	% Costo acumulado
A	19	9.18%	9.18%	S/. 1,199,955.79	53.96%	53.96%
B	36	17.39%	26.57%	S/. 642,594.16	28.90%	82.85%
C	152	73.43%	100.00%	S/. 381,309.99	17.15%	100.00%
Total	207	100%		S/. 2,223,859.93	100%	

Elaboración propia

Utilizando el promedio y la desviación estándar para poder realizar la clasificación se obtuvo que a la categoría A pertenecen 19 ítems (9.18% de todos los ítems) representa el 53.96% del costo de todos los ítems, la categoría B está formada por 36 ítems (17.39% de todos los ítems) representa el 28.90% del costo total y a la categoría C pertenecen 152 ítems (73.43% de todos los ítems) representa el 17.15% del costo total. La clasificación ABC de acuerdo a este método y los parámetros de evaluación (promedio y desviación estándar) se muestra en la Tabla 4-5.

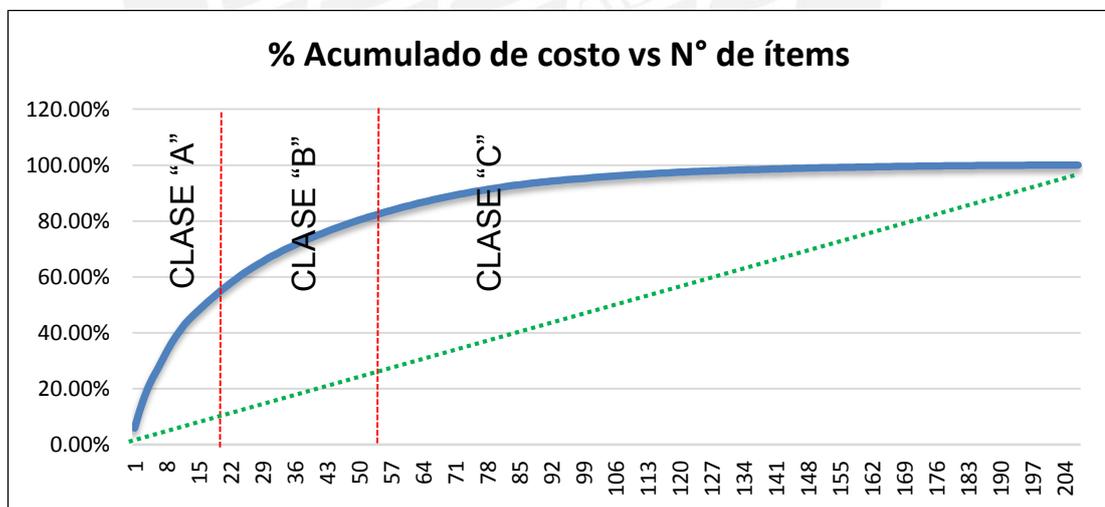


Ilustración 4-2 Pareto del criterio de costo, usando el promedio y la desviación estándar

Elaboración propia

En el diagrama de Pareto presentado en la *Ilustración 4-2* se aprecia que se distribuye en una proporción más adecuada al principio de focalizar en un menor porcentaje de artículos la

mayor proporción de los costos. De esta forma se corrige el problema presentado en la tabla anterior desarrollada con el método clásico.

#### 4.2.3 Criterio de margen de contribución o beneficio

Este criterio considera el beneficio directo a las utilidades brutas que generan los ítems comercializados. Para la evaluación de este criterio se empleó nuevamente la demanda del año 2014 multiplicada por el margen unitario generado por cada producto. De igual forma a lo anteriormente desarrollado, inicialmente se mostrarán los resultados bajo el criterio de categorización por el impacto sobre el total del criterio evaluado y se procederá luego a refinarlo mediante el uso del promedio y la desviación estándar.

Con el enfoque clásico se muestra que a la categoría A pertenecen 51 ítems (24.64% de todos los ítems) genera el 79.51% del beneficio total generado, la categoría B está formada por 57 ítems (27.54% de todos los ítems) genera el 15.41% del beneficio total y a la categoría C pertenecen 99 ítems (47.83% del total de ítems), generando el 5.09% de las utilidades brutas generadas por las familias de parches y cámaras.

Tabla 4-6 Clasificación ABC de acuerdo al criterio de beneficio

Clasificación	Cantidad de Productos	% Ítem	% Ítem acumulado	Beneficio	% Beneficio	% Beneficio acumulado
A	51	24.64%	24.64%	S/. 588,650.71	79.51%	79.51%
B	57	27.54%	52.17%	S/. 114,069.34	15.41%	94.91%
C	99	47.83%	100.00%	S/. 37,662.88	5.09%	100.00%
Total	207	100%		S/. 740,382.93	100%	

Elaboración propia

En la Tabla 4-6 se muestran los valores y porcentajes acumulados de ítems por cada categoría y asimismo el beneficio generado por cada una de estas. En dichos resultados se aprecia que la cantidad de artículos pertenecientes a la categoría A es muy cercano al de la categoría B y esto nuevamente presenta un escenario similar al del criterio anterior, siendo lo esperado un porcentaje significativamente menor tanto en comparación con los tipo B como con los tipo C (no llega ni a duplicarlo).

Al mismo criterio se le agregará el concepto de promedio y desviación estándar del beneficio de cada artículo. Los valores para realizar la clasificación respectiva, la media y la desviación estándar, y los resultados de esta variante de la aplicación se muestran en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7 Clasificación ABC de acuerdo al beneficio, usando media y desviación estándar

<b>Promedio</b>	S/. 3,576.73					
<b>Desviación estándar</b>	S/. 6,144.98					
Clasificación	Cantidad de Productos	% Ítem	% Ítem acumulado	Beneficio	% Beneficio	% Beneficio acumulado
A	21	10.14%	10.14%	S/. 408,545.17	55.18%	55.18%
B	35	16.91%	27.05%	S/. 198,514.98	26.81%	81.99%
C	151	72.95%	100.00%	S/. 133,322.78	18.01%	100.00%
Total	207	100%		S/. 740,382.93	100%	

Elaboración propia

Se tiene por tanto que los artículos de la categoría A acumulan el 10.14% del total de ítems (21 artículos) y estos representan el 55.18% de los beneficios percibidos de las ventas de la familia de parches y cámaras. Por su parte, la categoría B incluye 35 artículos (16.91% del total), los cuales suman el 26.81% de las utilidades brutas provenientes de la venta de las dos familias analizadas. Finalmente, la categoría C agrupa los 151 artículos restantes (72.95% del total) que representan el 18.01% de los beneficios.

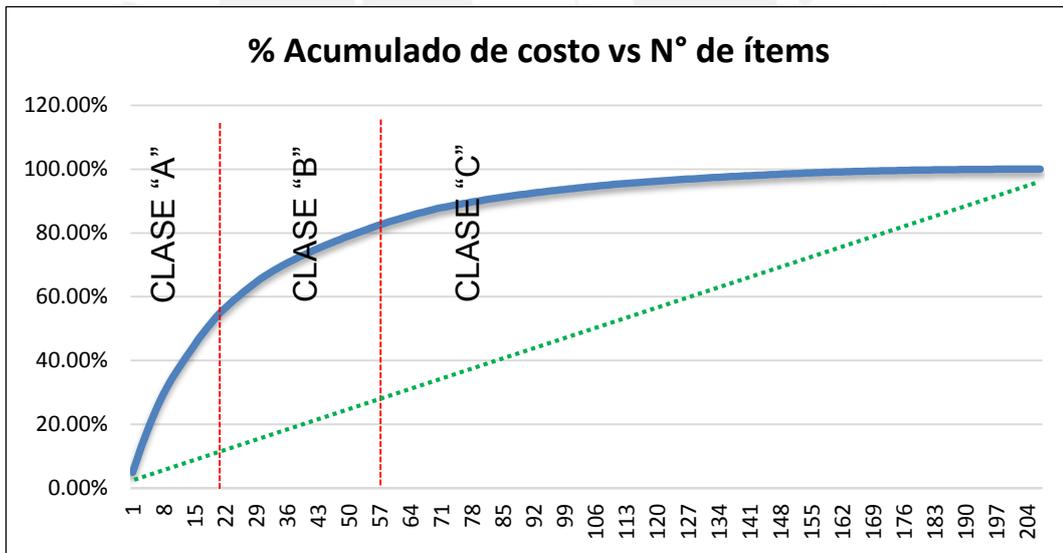


Ilustración 4-3 Pareto del criterio de beneficio, usando el promedio y la desviación estándar

Elaboración propia

En la Ilustración 4-3 se puede apreciar que la proporción del número de artículos de cada categoría se encuentra más proporcionada, dando una priorización a un reducido número de artículos que generan un impacto considerable respecto al criterio evaluado del margen de contribución. En este caso se puede observar claramente esto en las dos categorías principales, acumulando la primera más de la mitad del beneficio total de las ventas de la familia, mientras

en conjunto con la categoría B acumulaban más del 80%. Esto es un panorama más enriquecido del impacto de los distintos artículos pues está directamente ligado al resultado del ejercicio.

#### 4.2.4 Clasificación multicriterio

Dados los criterios antes mencionados se realiza la clasificación considerando el impacto de cada criterio en cada producto elaborándose una matriz como la mostrada en la Tabla 4-8, dependiendo de la categoría obtenida por cada ítem en el respectivo criterio.

Tabla 4-8 Tabla de criterios múltiples

Producto	Criterio						Suma	Categoría
	1	2	3	4	...	M		
1								
2								
3								
...								
N								

Fuente: Acosta (1998)

Una vez que se cuenta con la clasificación ABC para cada criterio por separado, se le asignará a los ítems de clase A el puntaje de 3, a los de clase B el puntaje de 2 y a los ítems de clase C se le otorgará el puntaje de 1 por cada criterio. Así, luego se consolida la información en un cuadro como el anterior y se suma los puntajes obtenidos por los tres criterios de cada producto. Al final se realizará la categorización de acuerdo a la suma obtenida, el grupo A habrá obtenido puntaje de 7 a 9, el grupo B de 5 a 6 y el grupo C los que obtuvieron puntaje de 3 a 4. El cuadro completo se encuentra con mayor detalle en el CD adjunto a este estudio.

De esta forma se obtiene la clasificación multicriterio considerando los tres criterios de valor, beneficio y frecuencia hallados con el enfoque propuesto previamente de emplear el promedio y la desviación estándar para ajustar el número de ítems con la intención de concentrar los esfuerzos de la administración en un número reducido de ítems con el mayor impacto posible.

En la Tabla 4-9 se puede apreciar el resultado final de número de ítems asignados a cada categoría siguiendo un enfoque multicriterio de tres valoraciones con ponderaciones igual (todos los criterios igualmente ponderados). De esta forma se consigue categorizar 22 artículos (10.63% del total) como los de mayor impacto y relevancia para JV Importaciones, acumulando más de la mitad de la frecuencia de demandas, de los costos de ventas y del

beneficio generado por las utilidades brutas. Estos se consideran como artículos del tipo A. Mientras que en la categoría B se incluyen 31 artículos (14.98% del total) que representan en promedio más de una cuarta parte de relevancia en los tres criterios considerados. Finalmente, 154 artículos (74.40% del total) representan igual o menos del 20% en cada uno de las tres fuentes de valoración.

Tabla 4-9 Tabla de clasificación ABC multicriterio, usando promedio y desviación estándar

Clasificación	Cantidad de Productos	% Ítem	% Ítem acumulado	% Frecuencia	% Costo	% Beneficio
A	22	10.63%	10.63%	59.53%	55.07%	54.23%
B	31	14.98%	25.60%	27.35%	24.93%	25.79%
C	154	74.40%	100.00%	13.12%	20.00%	19.97%
Total	207	100%				

Elaboración propia

En la Ilustración 4-4 se puede apreciar que con la nueva clasificación se equipara el porcentaje de impacto de cada categoría respecto a cada uno de los tres criterios considerados (frecuencia, costo y beneficio).

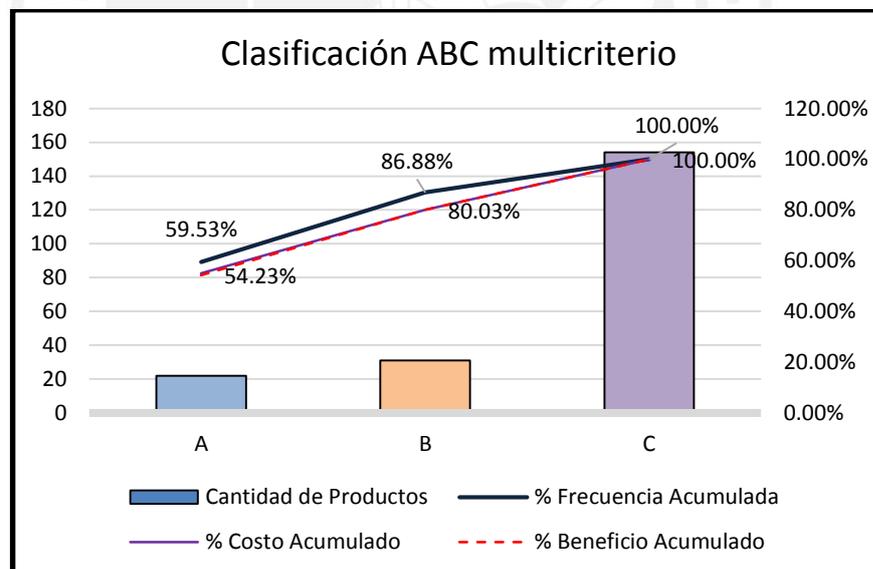


Ilustración 4-4 Clasificación ABC multicriterio y la relevancia por criterio

Elaboración propia

#### 4.2.5 Acotamiento de la clasificación ABC multicriterio

Dado que en cada uno de los diagramas de Pareto presentados en los criterios de evaluación se mostraba un alejamiento considerable respecto a la recta de equidistribución o

equiconcentración, la cual se traza en base al porcentaje acumulado de artículos y se mostraba como una línea diagonal punteada, la desigualdad entre los artículos es considerable. Esto resulta importante para el análisis debido a que es una señal de que se requiere de una acotación más estricta los productos de cada categoría. Siendo la categoría A, está se tendrá que acotar de forma que sea posible identificar los ítems con un impacto más significativo en base a los tres criterios evaluados conjuntamente.

Siguiendo el número de acotaciones desarrollado por Párraga (2011) pero categorizándolos a partir del puntaje total obtenido en la evaluación multicriterio, con el fin de obtener una política de inventario con mejor control de los artículos más críticos por la empresa importadora, sobretodo orientado a una posible disposición física y cuidado de los artículos. Es así que se establece acotaciones más estrictas que definen siete categorías: A1, A2, A3, B1, B2, C1, C2. La clasificación respectiva se determinará de mayor a menor en los puntajes totales obtenidos en la evaluación multicriterio, correspondiéndole a los artículos con puntuación de 9 la sub-categoría A1, y por otro lado, a un artículo con puntuación de 3 se le consideraría un C2. Los resultados de esta acotación se pueden apreciar en la Tabla 4-10.

Tabla 4-10 Acotamiento ABC multicriterio

Clasificación	Familia		Total Ítems	% Ítems
	Parche	Cámara		
A1	3	0	3	1.45%
A2	4	3	7	3.38%
A3	5	7	12	5.80%
B1	12	3	15	7.25%
B2	11	5	16	7.73%
C1	10	7	17	8.21%
C2	66	71	137	66.18%

Elaboración propia

#### 4.3 Estrategia de pronósticos

En este acápite se desarrollará una estrategia en el uso de pronósticos para la empresa JV Importaciones debido a que, cómo se expuso en el análisis de la situación actual, no cuenta con un proceso formal de en la planificación de sus necesidades futuras. Esto le ocasiona problemas actualmente debido a que significa un tiempo de aprovisionamiento mayor dada la respuesta más lenta de su proveedor a los pedidos. Este último recién inicia el proceso de producción del lote al momento de confirmarse la compra por parte de la empresa importadora. Sin embargo, de desarrollarse una metodología de pronóstico que permita estimar las

necesidades de la compañía, así como asociarla a una gestión formal de inventarios, conseguiría hacer posible un cronograma de compras conjunto con sus proveedores, el cual conseguiría reducir los tiempos de reaprovisionamiento actuales.

El término estrategia de pronósticos es usado en el título de esta sección pues no solo se planteará la selección e implementación de modelos de pronósticos adecuados sino que se hará en función a dos horizontes de planeación: corto (un mes) y mediano plazo (seis meses a un año). Para el primer horizonte se emplearán modelos adaptativos de corto alcance como los de suavizado exponencial, mientras que para el horizonte de mediano plazo se evaluarán modelos de mayor alcance y estabilidad como los de series de tiempo, en sus variantes de regresión lineal, cuadrática y exponencial. En la Tabla 4-11 se aprecia este proceso de decisión.

Tabla 4-11 Estrategia para la evaluación de pertinencia de modelo de pronóstico

CLASIFICACIÓN	ESTACIONALIDAD	PATRÓN DE DEMANDA				MODELO	
		SUAVIZADO	ERRÁTICO	INTERMITENTE	GRUMOSO	CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO
A	X					<ul style="list-style-type: none"> <li>Estacional aditivo</li> <li>Estacional multiplicativo</li> </ul>	
		X	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Suavizado exponencial simple (SES)</li> <li>Suavizado exponencial doble (SED)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regresión lineal</li> <li>Regresión cuadrática</li> <li>Regresión exponencial</li> </ul>
				X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método Syntetos and Boyland (SAB)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regresión lineal</li> <li>Regresión cuadrática</li> <li>Regresión exponencial</li> </ul>
B		X	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Suavizado exponencial simple (SES)</li> <li>Suavizado exponencial doble (SED)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regresión cuadrática</li> <li>Regresión exponencial</li> </ul>
				X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método Syntetos and Boyland (SAB)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regresión cuadrática</li> <li>Regresión exponencial</li> </ul>
C		X	X			<ul style="list-style-type: none"> <li>Suavizado exponencial simple (SES)</li> </ul>	
				X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método Syntetos and Boyland (SAB)</li> </ul>	

Elaboración propia

Notar que para los artículos de la categoría A, los de mayor impacto en la gestión, se agrega un criterio más de evaluación en la pertinencia de un modelo de pronóstico: la estacionalidad. Esto se ha decidido en razón a la necesidad de la mayor precisión posible en las estimaciones de estos ítems. Además de esto, en el corto plazo, para la categoría B se contrastarán tres modelos de pronósticos mientras que en la clase C solamente dos, los de mayor sencillez. En esta última categoría no se desarrollará pronósticos de mediano plazo dado el gran número de ítems incluidos y la menor relevancia para el desempeño de la administración de existencias. Estos diferenciados niveles de análisis por clasificación de artículos se inspiró en la diferencia de esfuerzos en la administración de artículos por clases desarrollada por Silver *et al.* (1998).

El desarrollo de todos los acápite pertenecientes a pronósticos se encuentran desarrollados en el Anexo 14.

### 4.3.1 Pronósticos para artículos clase A

En el análisis de los 22 artículos pertenecientes a la clasificación A se ha incorporado a la data disponible del 2014, el registro de ventas de los años 2012 y 2013 dada la necesidad de un mayor número de períodos para el análisis de estacionalidad y el desarrollo de modelos más preciso. Debido a que es la clasificación con menor número de ítems, se presentará a mayor detalle gráfico el proceso de desarrollo de la estrategia de selección pronósticos, mientras que en las siguientes clases se irá reduciendo a presentar consolidados de resultados. El desarrollo de todos los cálculos a detalle se encuentran en el Anexo 14.2.

#### a. Análisis de patrón de demanda

Para el análisis del patrón de la demanda es importante primero observar gráficamente el comportamiento que presenta. Para este fin, en la Ilustración 4-5 y la Ilustración 4-6 se presentan las series de tiempos de los ítems clase A diferenciadas en parches y cámaras respectivamente.

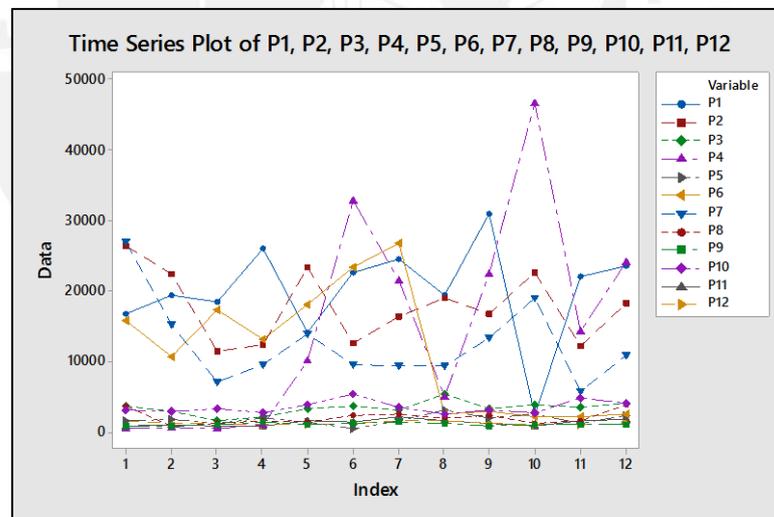


Ilustración 4-5 Gráfico de serie de tiempos para parches

Elaboración propia

En la gráfica de parches se aprecia la alta variabilidad entre los distintos modelos, mientras que los de menor costo pero mayor frecuencia las fluctuaciones son muy grandes, los de mayor valor y menor demanda presentan características más estables, aunque esto solo se corroborará con el cálculo de los coeficientes de variación.

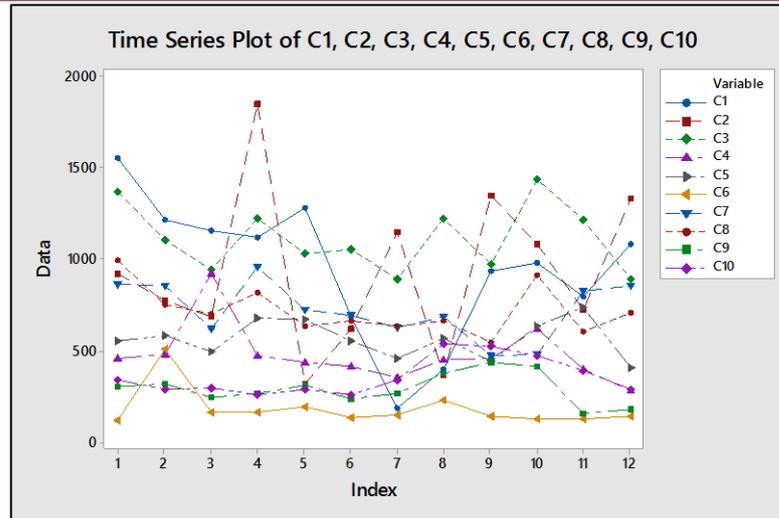


Ilustración 4-6 Gráfica de serie de tiempos para cámaras  
Elaboración propia

Por su parte, dada la demanda más homogénea entre modelos de cámaras, la escala en la cual se desarrollan las series de tiempo gráficamente, sí permite hacer una inferencia inicial más certera respecto a la variabilidad de la demanda, en este caso se observa un mayor número de demandas estables en proporción con respecto a la mostrada por los parches. El volumen promedio de unidades por ventas tiene un claro impacto al momento de comparar ambas familias, siendo los parches los de mayor valor en este sentido.

Para complementar y validar lo observado gráficamente, se procedió al cálculo de los coeficientes de variación cuadrado (CV cuadrado) y además del cálculo del coeficiente de determinación (R cuadrado) ajustado a los 36 períodos mensuales evaluados para evaluar un potencial ajuste lineal y por tanto, la presencia de una clara tendencia lineal sostenida, en cuyo caso se debiera optar por un modelo de suavizado exponencial doble.

Los resultados indican que solo dos de los ítems presentan un patrón de variabilidad moderado ( $CV \text{ cuadrado} > 0.49$ ), ambos parches, pero que la mitad del total sigue manifestando un comportamiento de demanda probabilística ( $CV > 0.1$ ). En tanto que ninguno de los 22 productos clase A evidencia una tendencia lineal determinística ( $R \text{ cuadrado} > 0.85$ ), por lo cual se deberá proceder a contrastar entre los dos métodos de suavizamiento exponencial para el corto plazo y evaluar los otros dos ajustes de regresión (cuadrático y exponencial) para obtener el más adecuado. Se espera que siendo el patrón de demanda más común el suavizado, los pronósticos a mediano plazo serán bastante precisos.

Tabla 4-12 Coeficientes de variabilidad cuadrado y coeficientes de determinación – Clase A

PRODUCTO	CV <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Patrón
PARCHE SCHRADER SBR1	0.1167	0.0578	Suavizado
PARCHE VIPAL R-01	0.0752	0.0411	Suavizado
PARCHE VIPAL VD1	0.0687	0.0916	Suavizado
CAMARA 300-18 S & M TR-4	0.1487	0.0003	Suavizado
CAMARA 300-18 SWALLOW TR4	0.2065	0.0365	Suavizado
CAMARA FR-13 SUPER BULL PREMIUN TR-13	0.0243	0.1725	Suavizado
PARCHE DC110-30 NINGBO	0.9210	0.0824	Errática
PARCHE SCHRADER SBMC2	0.1451	0.0944	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBR0	0.5654	0.0131	Errática
PARCHE VIPAL R-00	0.2034	0.0018	Suavizado
CAMARA 700-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	0.1029	0.0103	Suavizado
CAMARA 750-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	0.0304	0.3897	Suavizado
CAMARA 825-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	0.3073	0.0003	Errática
CAMARA ER-12 SUPER BULL PREMIUN TR-13	0.0426	0.0407	Suavizado
CAMARA FR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	0.0304	0.0820	Suavizado
CAMARA KR-15 SUPER BULL PREMIUN TR-13	0.0794	0.0669	Suavizado
CAMARA KR-16 SUPER BULL PREMIUN TR-13	0.0730	0.1846	Suavizado
PARCHE M-48 EVERWINNER	0.2104	0.0739	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBMC3	0.0345	0.1908	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBR2	0.0603	0.1600	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBRC10	0.1072	0.1644	Suavizado
PARCHE VIPAL VD2	0.0330	0.1993	Suavizado

Elaboración propia

**b. Prueba de normalidad de la distribución de probabilidades de la demanda**

Como parte del proceso de análisis del comportamiento de la demanda y considerando que por lo general, la teoría relacionada al planeamiento y control de inventarios plantea la utilización de modelos de inventarios basados en demandas que siguen una distribución normal, se realizará la prueba de Kolmogorov Smirlov para determinar si esta sigue o no una distribución normal.

Siendo la hipótesis nula que los datos siguen una distribución normal, la Ilustración 4-7 presenta los resultados de la prueba, los cuales permiten afirmar que, con un nivel de confianza del 95%, los datos siguen una distribución normal por aceptar la hipótesis nula ( $p\text{-value} > 0.05$ ). Es así que para los artículos de la clase A, la prueba de bondad de ajuste ejecutada confirma la validez de los supuestos de normalidad en el comportamiento de la demanda para los artículos pertenecientes.

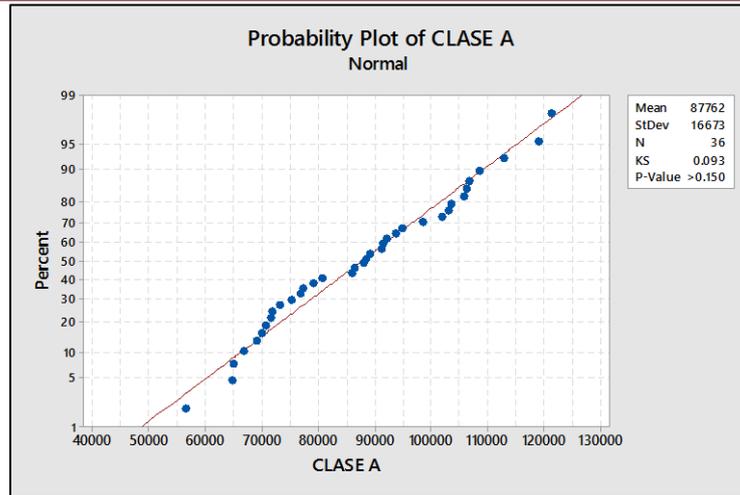


Ilustración 4-7 Test de Normalidad Kolmogorov Smirlov - clase A  
Elaboración propia

*c. Análisis de patrón de demanda*

El proceso de análisis de estacionalidad puede resultar simple desde una percepción meramente gráfica pero dada la necesidad de precisión y el de ofrecer una estrategia con potencialidad a escala (mayor número de artículos), se decidió hacer uso del test de raíz unitaria usando el contraste Aumentado de Dickey-Fuller (ADF), esto mediante el uso del software Eviews 9. Como para poder validar el uso de dicha prueba primero se debe tener certeza de la no existencia de autocorrelación en el modelo, se hará uso del estadístico de Durbin-Watson.

Tabla 4-13 Parámetros de test de raíz unitaria

Parámetros de Experimentación	
Durbin- Watson (región de no autocorrelación)	dU=1.8      4-dU=2.2
Significancia de Test de valor crítico	5% (NC 95%)
N° de retrasos	Automático bajo el criterio de Schwarz
Hipótesis nula del Test	La serie de tiempo tiene raíz unitaria, es no estacionaria

Elaboración propia

En la Tabla 4-13 se establecen los parámetros del test ejecutado. Cabe mencionar que si bien el número de retrasos es automático, estos se variaron en función de mantener la no autocorrelación en el modelo, lo cual lo hace perder potencia más no lo inválida. En la Ilustración 4-8 se muestra la aplicación del test para el parche Schrader SBR1.

Null Hypothesis: P1 has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 2 (Fixed)					Date: 10/26/15 Time: 13:40 Sample: 2012M01 2014M12 Included observations: 36					
	t-Statistic	Prob.*	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob		
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.278496	0.0096			1 -0.420	-0.420	6.8973	0.009		
Test critical values:					2 0.065	-0.136	7.0664	0.029		
1% level	-4.262735				3 0.098	0.090	7.4685	0.058		
5% level	-3.552973				4 -0.149	-0.074	8.4139	0.078		
10% level	-3.209642				5 0.370	0.348	14.460	0.013		
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.					6 -0.332	-0.082	19.480	0.003		
Augmented Dickey-Fuller Test Equation					7 0.271	0.187	22.937	0.002		
Dependent Variable: D(P1)					8 -0.098	-0.038	23.406	0.003		
Method: Least Squares					9 0.070	0.168	23.656	0.005		
Date: 10/26/15 Time: 21:35					10 0.009	-0.131	23.660	0.009		
Sample (adjusted): 2012M04 2014M12					11 -0.326	-0.304	29.475	0.002		
Included observations: 33 after adjustments					12 0.596	0.353	49.698	0.000		
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	13 -0.303	0.105	55.171	0.000		
P1(-1)	-2.214837	0.517667	-4.278496	0.0002	14 0.005	-0.117	55.173	0.000		
D(P1(-1))	0.529278	0.402420	1.315239	0.1991	15 0.015	-0.128	55.187	0.000		
D(P1(-2))	0.139871	0.225168	0.621185	0.5395	16 -0.133	-0.026	56.403	0.000		
C	34129.54	8042.882	4.243447	0.0002	17 0.231	-0.135	60.254	0.000		
@TREND("2012M01")	310.7065	133.4572	2.328137	0.0274	18 -0.229	0.032	64.240	0.000		
R-squared	0.775068	Mean dependent var	320.2424		19 0.104	-0.052	65.103	0.000		
Adjusted R-squared	0.742935	S.D. dependent var	11229.38		20 -0.081	-0.043	65.665	0.000		
S.E. of regression	5693.472	Akaike info criterion	20.27076		21 0.028	-0.073	65.738	0.000		
Sum squared resid	9.08E+08	Schwarz criterion	20.49750		22 -0.015	0.017	65.758	0.000		
Log likelihood	-329.4675	Hannan-Quinn criter.	20.34705		23 -0.212	0.018	70.480	0.000		
F-statistic	24.12056	Durbin-Watson stat	2.083339		24 0.286	-0.083	79.781	0.000		
Prob(F-statistic)	0.000000				25 -0.188	-0.074	84.174	0.000		
					26 -0.021	-0.041	84.234	0.000		
					27 -0.018	-0.040	84.282	0.000		
					28 -0.105	-0.051	86.166	0.000		
					29 0.086	-0.118	87.612	0.000		
					30 -0.084	0.011	89.219	0.000		
					31 0.015	0.012	89.282	0.000		
					32 -0.018	0.088	89.392	0.000		
					33 0.003	0.005	89.397	0.000		
					34 -0.011	0.016	89.484	0.000		
					35 -0.009	0.143	89.601	0.000		

Ilustración 4-8 Reporte de test ADF y correlograma para el parche Parche Schrader SBR1  
Elaboración propia

Con un estadístico de Durbin-Watson de 2.08 se asegura la no autocorrelación, corroborado por el correlograma también incluido, para lo cual se tuvo que agregar un retraso al mínimo obtenido por el criterio de Schwarz para la ejecución del contraste, por lo que no resulta significativo (p-value mayor a 0.05) y genera una pérdida de potencia pero que da validez al contraste. Finalmente se aprecia en la parte superior del reporte que el valor del estadístico ADF obtiene un p-value de 0.0096 menor al 0.05 y por tanto se rechaza la hipótesis nula, siendo la serie de tiempo de demanda del parche Schrader SBR1, una serie estacionaria. Esta conclusión puede ser igualmente corroborada al apreciarse la serie de tiempo analizada a detalle gráficamente en el Anexo 15.

La misma ejecución anterior se realizó a los otros 21 ítems pertenecientes a la clase A, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 4-14. Como se aprecia en dicha tabla, solo 6 de los 22 ítems de la clase A no presentaron estacionalidad. Sin embargo, las estacionalidades presentes no presentaban una motivación climática sólida (se esperaba que en verano fuera el pico), al consultar a la dirección, se determinó que esto era debido a la gran demanda proveniente de mayoristas y minoristas del interior del país, lo que diversificada fuertemente las condiciones estacionales evaluadas por cada uno de estos clientes.

Tabla 4-14 Resultados test de raíz unitaria con contraste ADF

PRODUCTO	Durbin-Watson	Retrasos	P-value	¿Estacional?
PARCHE SCHRADER SBR1	2.05	1	0.0000	SÍ
PARCHE VIPAL R-01	2.04	3	0.0385	SÍ
PARCHE VIPAL VD1	1.98	9	0.0009	SÍ
CAMARA 300-18 S & M TR-4	1.86	8	0.0000	SÍ
CAMARA 300-18 SWALLOW TR4	2.04	3	0.0385	SÍ
CAMARA FR-13 SUPER BULL PREMIUN TR-13	1.90	1	0.0000	SÍ
PARCHE DC110-30 NINGBO	1.94	0	0.0068	SÍ
PARCHE SCHRADER SBMC2	1.98	0	0.0002	SÍ
PARCHE SCHRADER SBR0	1.91	4	0.0144	SÍ
PARCHE VIPAL R-00	2.10	14	0.9096	NO
CAMARA 700-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	1.95	2	0.1769	NO
CAMARA 750-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	1.90	2	0.2797	NO
CAMARA 825-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	1.86	14	0.5852	NO
CAMARA ER-12 SUPER BULL PREMIUN TR-13	2.02	0	0.0207	SÍ
CAMARA FR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	2.19	5	0.0179	SÍ
CAMARA KR-15 SUPER BULL PREMIUN TR-13	1.96	1	0.0000	SÍ
CAMARA KR-16 SUPER BULL PREMIUN TR-13	2.09	5	0.0118	SÍ
PARCHE M-48 EVERWINNER	1.88	1	0.0002	SÍ
PARCHE SCHRADER SBMC3	1.92	0	0.0047	SÍ
PARCHE SCHRADER SBR2	2.11	3	0.0000	SÍ
PARCHE SCHRADER SBRC10	2.01	3	0.1241	NO
PARCHE VIPAL VD2	1.87	5	0.3615	NO

Elaboración propia

**d. Selección de modelos de pronóstico a corto plazo**

Haciendo uso de la estrategia para la evaluación de la pertinencia presentada al inicio de la sección, se prosiguió a la selección de los modelos de pronóstico a comparar.

Para seleccionar entre los modelos más acordes a los patrones de demanda y estacionalidad en el corto plazo se emplearon los indicadores de error para cada artículo, evaluando el MAPE del método estacional multiplicativo y el aditivo para los que presentaban estacionalidad, mientras que para los que no, se contrastaban los valores del MAD, MSE y MAPE de ambos tipos de suavizados exponenciales.

En la Tabla 4-15 se observan los resultados del contraste de errores y posterior selección del modelo de pronósticos a utilizarse de acuerdo a su desempeño en el indicador MAPE de error, el cual según Krajewski *et al.* (2013) es la mejor medida de error para hacer comparaciones. Los resultados son concluyentes y categóricos en emplear el método estacional multiplicativo

para los 16 artículos en relación. Para este análisis se empleó el software Minitab 17, el cual ofrece un ajuste de la serie de tiempo a un modelo estacional reduciendo el error al mínimo posible, para ver un ejemplo de su aplicación en el Parche Schrader SBR1 consultar el Anexo 16. Este mismo software también puede generar pronósticos anuales (horizonte mediano plazo) a partir del modelo de pronóstico estacional más preciso, por lo cual para estos ítems no será necesario definir parámetros óptimos.

Tabla 4-15 Comparación y selección de métodos estacionales

PRODUCTO	ESTACIONAL ADITIVO	ESTACIONAL MULTIPLICATIVO	Seleccionado
	MAPE	MAPE	
PARCHE SCHRADER SBR1	8	6	MULTIPLICATIVO
PARCHE VIPAL R-01	4	3	MULTIPLICATIVO
PARCHE VIPAL VD1	4.5	4.4	MULTIPLICATIVO
CAMARA 300-18 S & M TR-4	6.82	4.72	MULTIPLICATIVO
CAMARA 300-18 SWALLOW TR4	6.84	4.9	MULTIPLICATIVO
CAMARA FR-13 SUPER BULL PREMIUN TR-13	2.252	1.855	MULTIPLICATIVO
PARCHE DC110-30 NINGBO	6.1	3	MULTIPLICATIVO
PARCHE SCHRADER SBMC2	4.57	1.94	MULTIPLICATIVO
PARCHE SCHRADER SBR0	11	3	MULTIPLICATIVO
CAMARA ER-12 SUPER BULL PREMIUN TR-13	4.54	3.97	MULTIPLICATIVO
CAMARA FR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	2.296	1.855	MULTIPLICATIVO
CAMARA KR-15 SUPER BULL PREMIUN TR-13	4.618	3.105	MULTIPLICATIVO
CAMARA KR-16 SUPER BULL PREMIUN TR-13	3.299	2.2657	MULTIPLICATIVO
PARCHE M-48 EVERWINNER	6.7	4.04	MULTIPLICATIVO
PARCHE SCHRADER SBMC3	2.95	2.35	MULTIPLICATIVO
PARCHE SCHRADER SBR2	2.58	1.85	MULTIPLICATIVO

Elaboración propia

En tanto, para los artículos que no presentaban estacionalidad en su demanda, la Tabla 4-16 registra los resultados del contraste de errores y selección del método de pronósticos más preciso. El horizonte de tiempo para el desarrollo de los modelos fue de dos años, obviando el 2012 debido a la antigüedad del mismo. Para cuatro de los seis artículos evaluados se recomienda el uso del método de suavizado exponencial simple, mientras que para la cámara 750-16 Super Bull Premium TR177A se hace lo propio con el suavizado exponencial doble. Solo para el Parche Vipal VD2 no se concluye un óptimo debido a que este no puede ser válido (alfa casi 1) y se deberá ajustar con un método causal a largo plazo.

Tabla 4-16 Comparación y selección de métodos de suavizado – clase A

PRODUCTO	Suavizado exponencial simple				Suavizado exponencial doble					Seleccionado
	Alpha ( $\alpha$ )	MAPE	MAD	MSE	Alpha ( $\alpha$ )	Trend ( $\gamma$ )	MAPE	MAD	MSE	
PARCHE VIPAL R-00	0.073	27	3185	21931708	0.3491	0.1234	32	3390	24887391	SES
CAMARA 700-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	0.0375	23.6	99.7	22044.5	0.5015	0.1057	29.4	128.2	27406.4	SES
CAMARA 750-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	0.4005	19.5	91	11891.8	0.5118	0.1228	18.7	84	11394.1	SED
CAMARA 825-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	0.0371	26.53	55.06	9750.69	0.2876	0.0544	36.1	65.4	12807.1	SES
PARCHE SCHRADER SBRC10	0.1926	22	268	112096	0.8786	0.0774	22	282	133734	SES
PARCHE VIPAL VD2	0.99	14.3	160.5	40073.4	0.99	0.001	14.4	161.7	40527.2	Ver largo plazo

Elaboración propia

Para la optimización de los estimadores alfa y gamma correspondientes para cada método, se usó nuevamente el software Minitab 17 en el cual se crearon automáticamente los pronósticos minimizando el error al mínimo a través de Modelo Autoregresivo Integrado de Media Móvil ARIMA. Estos estimadores deberán ser usados posteriormente para la realización propia de pronósticos garantizando así el mínimo error en cada uno de los modelos realizados, aunque con actualización periódica para mantener la dinámica de las técnicas usadas.

*e. Selección de modelos de pronóstico a mediano plazo*

Como se mencionó anteriormente, los ítems cuyo modelo de pronóstico de corto plazo es estacional ya cuentan con un horizonte de estimaciones a mediano plazo, es por esto que solo se realizará la comparación y selección de métodos causales para los artículos con demanda no estacional. En este caso se hará uso del indicador MAPE, nuevamente por ser el indicador más indicado para comparación de series de tiempo. Sin embargo, dado que el MAD genera una valoración acorde a un parámetro importante para el planeamiento de la demanda anual como es la desviación estándar del pronóstico, este será registrado para su uso posterior.

El horizonte para el cual se ejecutó el ajuste incluía los tres años de demanda registrados. Asimismo, todos los análisis de tendencia para la selección del mejor ajuste se realizaron usando el mismo software Minitab, consultar el Anexo 19 para ver un ejemplo de los reportes obtenidos para el Parche Vipal R-00.

Como se había anticipado en el análisis de los patrones de la demanda, el ajuste lineal fue desestimado para el pronóstico de mediano plazo. En cambio, el exponencial se mostró más adaptable a distintos patrones, mientras que el cuadrático generó un buen desempeño en ítems con notable crecimiento anual.

Tabla 4-17 Contraste y selección de métodos de pronósticos a mediano plazo – clase A

PRODUCTO	MAPE			Seleccionado	MAD Asociado
	Ajuste lineal	Ajuste cuadrático	Ajuste exponencial		
PARCHE VIPAL R-00	28	28	25	EXPONENCIAL	2874
CAMARA 700-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	33.9	33.7	31.4	EXPONENCIAL	109.5
CAMARA 750-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	19.34	17.95	18.72	CUADRATICO	72.07
CAMARA 825-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	47.4	47.4	35	EXPONENCIAL	58.5
PARCHE SCHRADER SBRC10	19.5	17.9	18.7	CUADRATICO	200.4
PARCHE VIPAL VD2	11.5	11.5	11.2	EXPONENCIAL	121.9

Elaboración propia

Para el desarrollo de los pronósticos a largo plazo de los artículos con demanda estacional se hizo uso del software POM, los reportes de dicha aplicación se muestran en el Anexo 17. Un ejemplo de su aplicación individual al Parche Schrader SBR1 se ve en el Anexo 18.

#### 4.3.2 Pronósticos para artículos clase B

Para el análisis de la demanda y el desarrollo de la estrategia de selección de una metodología de pronósticos de los 31 artículos de la categoría B se empleó la información disponible del 2014, lo cual es aceptable considerando que Chase *et al.* (2009) señala contar con un número de entre 5 y 10 observaciones al inicio de la aplicación de los métodos de suavizado.

##### a. Análisis de patrón de demanda

Dado el número mayor de artículos contenidos en esta categoría, el análisis del patrón de demanda se limitará a la evaluación de los coeficientes de variabilidad cuadrado y a los coeficientes de determinación. En la Tabla 4-18 se reportan los resultados del cálculo de ambos valores.

En este clase B hay seis artículos con un coeficiente de variabilidad cuadrado superiores al 0.49 y que por tanto presentan una variabilidad moderada. En cuanto a la proporción de artículos con demanda probabilística, el 87.09% de los ítems muestran una demanda con características probabilísticas ( $CV > 0.1$ ). Asimismo, al igual que con los artículos de la clase A, no hay un coeficiente de determinación significativo como para vislumbrar la aplicación de una metodología en concreto. Nuevamente todos los artículos de la categoría cuentan con un patrón de demanda suavizado o errático, dado esto, los métodos a evaluar serán los de suavizado exponencial simple y doble.

Tabla 4-18 Coeficientes de variabilidad cuadrado y coeficientes de determinación – Clase B

PRODUCTO	CV <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Patrón
CAMARA 300-18 HUNG-A TR-4	0.2206	0.0251	Suavizado
CAMARA 300-18 KENDA TR-4	0.1522	0.4723	Suavizado
CAMARA 400-8 SWALLOW TR87C	0.1703	0.1047	Suavizado
PARCHE DC110-40 NINGBO	1.9982	0.1052	Errática
PARCHE SCHRADER SBF1	1.0583	0.4042	Errática
PARCHE SCHRADER SBF2	0.1147	0.2185	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBF3	1.0925	0.1061	Errática
PARCHE SCHRADER SBMC4	0.3495	0.1927	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBMC5	0.3332	0.0881	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBR3	0.1856	0.0180	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBRB1	0.8618	0.0883	Errática
PARCHE VIPAL R-02	0.1989	0.0017	Suavizado
PARCHE VIPAL R-03	0.2283	0.0001	Suavizado
PARCHE VIPAL R-04	0.0748	0.0017	Suavizado
PARCHE VIPAL RBM-01	0.1636	0.1324	Suavizado
CAMARA 1200R20 SUPER BULL PREMIUN TR78A	0.4687	0.0690	Suavizado
CAMARA 300-17 SWALLOW TR4	0.4971	0.2826	Errática
CAMARA 410-18 SWALLOW TR-4	0.1801	0.5402	Suavizado
CAMARA 700-15 SUPER BULL PREMIUN TR177A	0.2669	0.1006	Suavizado
CAMARA KR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	0.1499	0.2055	Suavizado
PARCHE COLD PATCH L-24	0.5950	0.1486	Errática
PARCHE SCHRADER SBMC6	0.2712	0.1603	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBR4	0.2435	0.0049	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBRC12	0.1294	0.3598	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBRC14	0.2734	0.1430	Suavizado
PARCHE SCHRADER SBRC40	0.0719	0.2873	Suavizado
PARCHE VIPAL RAC10	0.4006	0.0879	Suavizado
PARCHE VIPAL VD3	0.0971	0.0327	Suavizado
PARCHE VIPAL VD4	0.0955	0.0007	Suavizado
PARCHE VIPAL VD5	0.2345	0.0030	Suavizado
PARCHE VIPAL VF-8	0.4457	0.0317	Suavizado

Elaboración propia

**b. Prueba de normalidad de la distribución de probabilidades de la demanda**

Al igual como en los artículos de la categoría A, con la finalidad de validar los supuestos de una distribución normal de la demanda, se ejecutó la prueba de bondad de ajuste a la demanda agregada de los 31 artículos pertenecientes. Tanto la hipótesis nula como el nivel de confianza se mantienen.

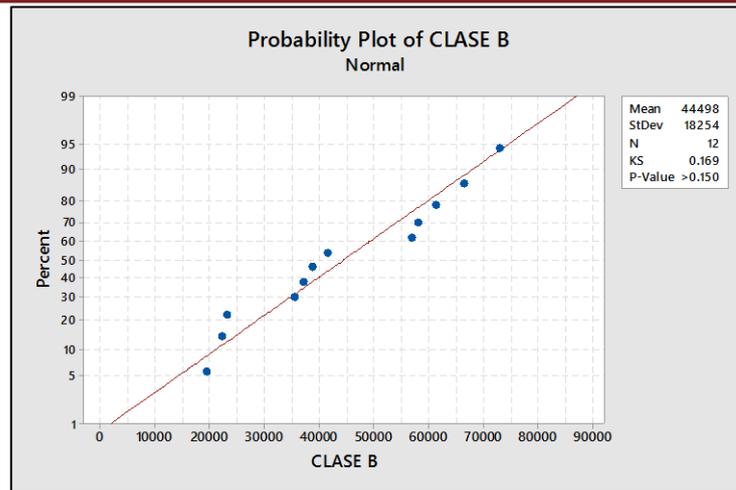


Ilustración 4-9 Test de normalidad Kolmogorov Smirlov - clase B

Elaboración propia

En la Ilustración 4-9 se presentan los resultados de la prueba de normalidad, empleando el test de Kolmogorov Smirlov. Los resultados confirman el rechazo de la hipótesis nula ( $p\text{-value} > 0.05$ ), por lo que se entiende que hay una certeza del 95% que la demanda mensual sigue una distribución normal.

### c. Selección de modelos de pronóstico a corto plazo

Siguiendo la estrategia para la evaluación de la pertinencia presentada al inicio de la sección, los métodos de pronóstico a corto plazo que serán evaluados y contrastados para esta categoría de artículos son los que aplican el suavizado exponencial, ya sea simple o con un ajuste de tendencia (doble). Nuevamente se hizo uso de la optimización de parámetros alfa y gamma correspondientes a cada método mediante el uso del software Minitab, a través de su modelo ARIMA. En la Tabla 4-19 se registran los resultados del desarrollo de cada modelo y su desempeño en cada uno de los tres indicadores de error evaluados: MAPE, MAD y MSE.

De los 31 ítems en evaluación, para 21 de ellos se seleccionó el uso de modelos de suavizado simple, mientras que los 10 restantes se obtienen un desempeño mejor con el suavizado exponencial doble. Se puede observar la presencia de estimadores alfa muy cercanos a la unidad en los métodos de suavizado exponencial simple seleccionados y valores de MAPE demasiado altos, esto se puede atribuir a la necesidad incluir una mayor cantidad de períodos para el desarrollo del modelo más adecuado y a una gran variabilidad en la demanda de dichos artículos.

Tabla 4-19 Comparación y selección de métodos de suavizado – clase B

PRODUCTO	Suavizado exponencial simple				Suavizado exponencial doble				Seleccionado	
	Alpha (α)	MAPE	MAD	MSE	Alpha (α)	Trend (γ)	MAPE	MAD		MSE
CAMARA 300-18 HUNG-A TR-4	0.001	46.4	139.4	28843.2	0.6005	0.0181	50.2	138.7	37191.7	SES
CAMARA 300-18 KENDA TR-4	0.5713	41.4	75.35	9851.7	0.2696	0.5424	37.54	77.72	9218.86	SED
CAMARA 400-8 SWALLOW TR87C	0.0811	50	114.4	19775.8	1.9216	0.01	59.7	163.1	39645.6	SES
PARCHE DC110-40 NINGBO	0.0556	594	3844	32976136	0.4068	0.2982	450	5060	44984378	SES
PARCHE SCHRADER SBF1	0.3111	156	2819	17646960	0.4006	0.2899	179	2886	17900147	SES
PARCHE SCHRADER SBF2	0.1047	35	677	662280	0.1788	0.01	34	647	562085	SED
PARCHE SCHRADER SBF3	0.7782	778	1667	4643349	0.5682	0.01	1090	1844	4795375	SES
PARCHE SCHRADER SBMC4	0.1998	40	270	160416	0.5005	0.01	44	268	162310	SES
PARCHE SCHRADER SBMC5	0.1117	37.4	143.3	58363.8	0.3074	0.01	51.6	180	61486.5	SES
PARCHE SCHRADER SBR3	0.001	42	825	1277615	0.8315	0.0194	53	1111	1957189	SES
PARCHE SCHRADER SBRB1	0.1385	400	7688	83362240	0.1337	0.1055	287	7307	77778075	SED
PARCHE VIPAL R-02	0.0556	37	1115	2265018	0.3964	0.2918	55	1548	3381331	SES
PARCHE VIPAL R-03	0.1308	49	685	929276	0.2487	0.2322	65	810	1119838	SES
PARCHE VIPAL R-04	0.0795	16	310	252185	0.2267	0.3275	23	419	332997	SES
PARCHE VIPAL RBM-01	0.0645	37	1432	4053339	0.3432	0.279	45	1773	5257642	SES
CAMARA 1200R20 SUPER BULL PREMIUN TR78A	0.9288	52.21	21.65	820.412	0.3322	0.2802	74.31	25.92	1345.94	SES
CAMARA 300-17 SWALLOW TR4	0.9966	66.8	83.1	10195	0.9724	0.1435	269.5	112.9	15877.2	SES
CAMARA 410-18 SWALLOW TR-4	0.4474	31.38	44.99	3293.86	0.2045	0.3366	30.97	37.77	2575.63	SED
CAMARA 700-15 SUPER BULL PREMIUN TR177A	0.1595	76.97	33.62	1831.65	0.232	0.3587	61.52	32.95	2209.08	SED
CAMARA KR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	0.3236	30.93	36.05	2066.59	0.4301	0.2674	39.58	40.07	2497.82	SES
PARCHE COLD PATCH L-24	0.0169	112	348	195560	0.1938	0.2814	75	355	227127	SES
PARCHE SCHRADER SBMC6	0.1	52.74	50.12	4400.47	0.2473	0.3054	66.72	59.89	5194.93	SES
PARCHE SCHRADER SBR4	0.0321	207	552	541586	0.3316	0.2987	255	781	872338	SES
PARCHE SCHRADER SBRC12	0.3017	106.1	175.6	53807.2	0.1919	0.2778	121.2	167.7	48555.5	SED
PARCHE SCHRADER SBRC14	0.0363	291	191.8	62678.9	0.2019	0.3477	291.8	203.3	72846.8	SES
PARCHE SCHRADER SBRC40	0.1994	25.69	34.92	1811.9	0.2123	0.3437	21.88	31.19	1763.83	SED
PARCHE VIPAL RAC10	0.001	31	277	219906	0.4247	0.2054	63	356	228313	SES
PARCHE VIPAL VD3	0.1125	23.9	123.3	29059.3	0.2222	0.2383	25.5	126.3	36357.3	SES
PARCHE VIPAL VD4	0.1434	34.4	92.2	10374.4	0.3156	0.3111	33.9	91	12002.7	SED
PARCHE VIPAL VDS	0.0903	54	95.6	16168.5	0.0855	0.01	49	90.9	15628.6	SED
PARCHE VIPAL VF-8	0.0919	92	595	508907	0.2265	0.2568	89	547	502006	SED

Elaboración propia

Como ejemplo se puede tomar el Parche Schrader SBF3, el cual presenta un MAPE con valores de 778, para el suavizado exponencial simple, y de 1090 para el suavizado exponencial doble. Estos valores son exageradamente altos y se pueden explicar del análisis gráfico de los ajustes efectuados (ver Ilustración 4-10).

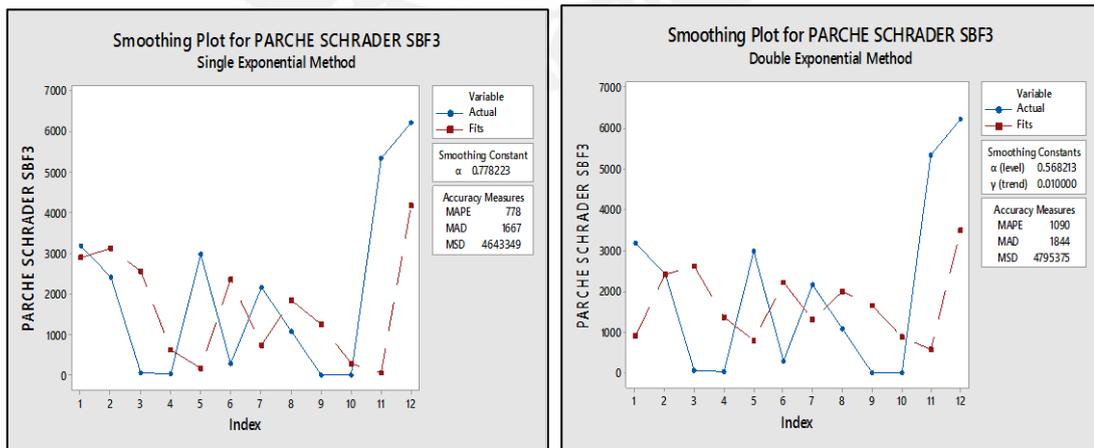


Ilustración 4-10 Reporte gráfico del ajuste de los modelos SES y SED

Elaboración propia

Se puede notar claramente el retraso que presentan ambos modelos de pronóstico, lo cual conjugado a la ya mencionada alta variabilidad en el patrón de demanda ( $CV^2=1.09$ ), son la razón del error porcentual tan alto de los pronósticos. Debido a esto, para los artículos con un valor de MAPE por encima de 40, la selección de estos modelos no resulta conclusivos y se debe reforzar su optimización mediante la inclusión de mayor data histórica en el futuro.

**d. Selección de modelos de pronóstico a mediano plazo**

Para completar el desarrollo de la propuesta de métodos de pronósticos para los artículos de la clase B se efectuó el mismo análisis y comparación que el realizado para los artículos clase A, con la excepción del ajuste cuadrático debido a su crecimiento muy marcado (siempre positivo), que por el número de períodos más reducido en comparación, no darían fe de un mejor pronóstico futuro, sino solo de un ajuste estadístico mejor.

Tabla 4-20 Contraste y selección de método de pronóstico a mediano plazo – clase B

PRODUCTO	MAPE		Seleccionado	MAD Asociado
	Ajuste lineal	Ajuste exponencial		
CAMARA 300-18 HUNG-A TR-4	45.3	38.4	EXPONENCIAL	128.1
CAMARA 300-18 KENDA TR-4	32.32	31.5	EXPONENCIAL	61.24
CAMARA 400-8 SWALLOW TR87C	45.1	40.1	EXPONENCIAL	78.31
PARCHE DC110-40 NINGBO	550	205	EXPONENCIAL	3620
PARCHE SCHRADER SBF1	254	142	EXPONENCIAL	2609
PARCHE SCHRADER SBF2	31	30	EXPONENCIAL	599
PARCHE SCHRADER SBF3	912	415	EXPONENCIAL	1769
PARCHE SCHRADER SBMC4	35	29	EXPONENCIAL	222
PARCHE SCHRADER SBMC5	41.6	36.3	EXPONENCIAL	132.4
PARCHE SCHRADER SBR3	38	34	EXPONENCIAL	789
PARCHE SCHRADER SBRB1	363	199	EXPONENCIAL	7062
PARCHE VIPAL R-02	38	34	EXPONENCIAL	1031
PARCHE VIPAL R-03	52	47	EXPONENCIAL	713
PARCHE VIPAL R-04	18	17	EXPONENCIAL	309
PARCHE VIPAL RBM-01	34	33	EXPONENCIAL	1358
CAMARA 1200R20 SUPER BULL PREMIUN TR78A	57.13	47.36	EXPONENCIAL	17.66
CAMARA 300-17 SWALLOW TR4	138.81	91.3	EXPONENCIAL	97.9
CAMARA 410-18 SWALLOW TR-4	24.47	24.34	EXPONENCIAL	32.29
CAMARA 700-15 SUPER BULL PREMIUN TR177A	36.33	30.8	EXPONENCIAL	20.53
CAMARA KR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	26.05	24.75	EXPONENCIAL	29.3
PARCHE COLD PATCH L-24	87	63	EXPONENCIAL	282
PARCHE SCHRADER SBMC6	58.84	51.41	EXPONENCIAL	47.03
PARCHE SCHRADER SBR4	66.12	57.83	EXPONENCIAL	377
PARCHE SCHRADER SBRC12	102	88.9	EXPONENCIAL	173.3
PARCHE SCHRADER SBRC14	223.2	139.9	EXPONENCIAL	188.4
PARCHE SCHRADER SBRC40	15.31	13.8	EXPONENCIAL	21.37
PARCHE VIPAL RAC10	44	35	EXPONENCIAL	250
PARCHE VIPAL VD3	22.5	21.1	EXPONENCIAL	109.8
PARCHE VIPAL VD4	33.15	31	EXPONENCIAL	85.17
PARCHE VIPAL VD5	47.6	43.1	EXPONENCIAL	89.9
PARCHE VIPAL VF-8	81	60	EXPONENCIAL	531

Elaboración propia

Los análisis de tendencia también fueron comparados según su desempeño en el indicador MAPE y asociados al valor MAD que presenta el modelo seleccionado en cada caso.

En la Tabla 4-20 se registran los resultados del contraste de desempeño de los dos ajustes de tendencia para el desarrollo de un método de pronóstico a mediano plazo. Nuevamente se reafirma lo que se infirió del análisis del coeficiente de correlación para los 31 artículos, siendo en todos los casos el mejor ajuste el de crecimiento exponencial. Sin embargo, se debe observar que si bien el valor del MAPE máximo para la pertinencia de un modelo debe ser mayor al tratarse un horizonte mayor de análisis, hay 8 ítems con un valor mayor a 60 en dicho indicador, lo cual deberá derivar en una desestimación de dichos modelos para el pronóstico y evaluarse otras opciones para las estimaciones de mediano plazo hasta que se obtenga mayor cantidad de data y los modelos sean más confiables.

### 4.3.3 Pronósticos para artículos clase C

Para la presentación de los resultados obtenidos en el análisis del patrón de la demanda y selección de modelo de pronóstico se emplearán consolidados en razón del gran número de ítems incluidos en la categoría C. En concordancia con la estrategia presentada en la Tabla 4-11, el criterio para la selección del método del pronóstico se limitará al patrón de variabilidad que muestre la demanda. Asimismo, el supuesto de normalidad en el comportamiento de la demanda se mantendrá respecto a lo hallado en las clases A y B, por ser estas las de mayor relevancia para la gestión de inventarios.

#### *a. Análisis de patrón de demanda y selección de método de pronóstico*

A diferencia de los patrones de variabilidad hallados para las clases A y B, la categoría C sí incluye demandas con características de un patrón grumoso, el cual incluye un coeficiente de variabilidad cuadrado superior al 0.49 y un período entre demandas promedio superior a 1.32, esto último es una clara característica de un registro de ventas con períodos de demanda nula. Para este caso específico de dificultad para el desarrollo de pronósticos, se propone emplear el método de Syntetos and Boyland (SAB), el cual es una modificación del método Croston clásico, el cual realiza un suavizado simple en la demanda pero también en los períodos de demanda nula. Autores como Silver *et al.* (1998) y Faccio *et al.* (2009) señalan que este método tiene un mejor desempeño para artículos con estas características, en contraposición al uso del suavizado simple convencional.

Tabla 4-21 Selección de modelo de pronóstico para artículos clase C

PATRÓN VARIABILIDAD	# DE ÍTEMS	Modelo de pronóstico
Suavizado	32	SES
Errática	64	SES
Grumoso	58	SAB

Elaboración propia

En la Tabla 4-21 se consolidan los resultados de selección de modelos a emplearse para el pronóstico de corto plazo de los artículos pertenecientes a la clase C. Cabe señalar que para el método de Syntetos and Boyland, se cuenta con un software gratuito para su ejecución, como es el R Project, el cual incluye un paquete de funciones para análisis de tiempo empleando el método de Croston modificado.

#### 4.4 Sistema de reabastecimiento conjunto

Dado que en la práctica es muy difícil o casi imposible que las organizaciones controlen sus inventarios de ítems en forma aislada debido a múltiples razones (requerimientos de los tamaños de las órdenes de los proveedores, el medio de transporte utilizado y los procedimientos de compra que tiene la organización), como parte de la propuesta de mejoras de este proyecto de tesis, se ha desarrollado un sistema para reabastecimiento y revisión periódica que incluye el concepto de agrupación de artículos para el aprovechamiento de las economías de escalas, esto se ajusta muy bien a la política actual de adquisiciones, sobre todo con respecto a los proveedores internacionales (todas las órdenes de compras en los últimos años incluyen por lo menos diez ítems). Asimismo, la empresa controla el inventario de varios ítems en forma conjunta, realizando las revisiones semanales de aproximadamente 50 ítems por vez (esto incluye artículos de otras familias). Para efectos prácticos, se busca reunir una orden de un tamaño adecuado para el procesamiento tanto del proveedor, como de la organización. Cabe resaltar que el método empleado es desarrollado empleando la metodología expuesta por Silver, Pyke & Peterson (1998) para artículos con demanda probabilística, una variación refinada del sistema periódico de reabastecimiento conjunto clásico explicado por Ballou (2004) y Vidal (2005). Para la aplicación del método mencionado, se deberá determinar un tiempo de revisión común para diversos ítems y ordenar cantidades diferentes para cada uno de ellos, de acuerdo con su inventario efectivo y su inventario máximo, así como un porcentaje de repartición de los costos fijos mayores de pedido entre los artículos incluidos en el análisis.

#### 4.4.1 Agrupación de artículos

Dado que los costos de realizar un pedido varían de país en país, ya sea por los costos de importación (agenciamiento de carga, aduanas, costo de llamadas, etc.) o tiempo de negociación, se ha determinado que se segregarán los 207 ítems de acuerdo a su origen. Es así que los artículos provenientes de un mismo país se agruparán también considerando el puerto desde el cual se hace el embarque, esto debido a que por ejemplo en el caso de China se tienen dos puertos de embarque y sería costoso y poco práctico cambiar el punto de despacho actual a uno solo. El resultado de esta aglomeración de SKUs se puede apreciar en la Tabla 4-22.

Tabla 4-22 Agrupación de ítems para reabastecimiento conjunto

PUERTO / ORIGEN	MARCA	N° de ítems
BUSAN	SUPER BULL	1
	SUPER BULL PREMIUN	36
JAKARTA	HUNG-A	2
	SWALLOW	7
NACIONAL	CAMELL	4
	COLD PATCH	4
	CONCORD PLUS	9
	CST	3
	DIAMOND	3
	DURO	1
	FORTUNE	1
	GOSTONE	3
	KENDA	6
	MARELY	1
	NEXEN	6
	PANESA	1
	TAIWAN	2
	TRULPER	1
	VIPAL	35
NHAVA SHEVA	ARL	6
NINGBO	CLASSIC	8
	EVERWINNER	1
	NINGBO	15
QUINGDAO	S & M	6
SANTOS	RUZI	5
	SCHRADER	32
	TIREFIX	8

Elaboración propia

#### 4.4.2 Costos relacionados

Para poder hacer uso del método es necesario evaluar y determinar todos los costos implicados en cada colocación de orden y que estén relacionados con la determinación de la política de revisión. El modelo tiene a consideración los costos de compra por unidad, el costo de posesión de inventarios, costo de revisión y dos costos relacionados con la realización de pedidos: el costo mayor de la orden y el costo menor de un artículo.

Para la determinación eficaz de costos se ha tomado en consideración tasas de cambio constantes durante el estudio, ya que la fluctuación constante de los países implicados en varios de los costos, puede afectar el estudio. Los costos a calcularse son distribuidos imparcialmente y se ha descontado los costos referidos a los artículos no pertenecientes a las familias en análisis, esto a excepción del cálculo del costo de revisión.

*a. Costo de mantener inventario (r) y costo de revisión*

La empresa actualmente no maneja el concepto de costo de posesión de inventarios o su tasa asociada, solo considerando el costo de oportunidad del dinero inmovilizado en sus inventarios, el cual ha sido establecido en 12%. Para poder establecer cuál sería el valor de este parámetro se ha conjugado los costos referidos a los almacenes y a los inventarios (ambos se detallan en el análisis de las sub-áreas claves), asignándolos de la siguiente forma:

Costo de posesión de inventarios = Costo de instalaciones (alquiler + depreciación) + Gasto de operaciones en almacén + 30% de costos de mantenimiento de inventarios + Gastos administrativos para el manejo de existencias + 50% de Otros (licencia de software, depreciación de equipos empleados, etc.) + 10% del Sueldo del personal + Pérdidas o mermas

El resultante de este costo de posesión referido a ambas familias es de un valor total de S/. 125,140.42. Asimismo, el inventario promedio total de ambas familias de productos que maneja JV Importaciones es de S/. 1'358,550.81. Al dividir el costo de posesión de inventario total entre el inventario promedio total valorizado se puede obtener el costo de mantener una unidad monetario en posesión en un año. Se realiza este cálculo en unidades monetarias dado que son dos familias de productos con valorizaciones distintas: no será lo mismo mantener una cámara de S/. 40 que un parche de S/. 0.10. En la Tabla 4-23 se aprecian los resultados de este cálculo y su transformación a una tasa de posesión anual. Tanto para el cálculo del costo de posesión por unidad monetaria y para el índice de costo de posesión, se ha agregado el costo de oportunidad considerado por la empresa antes mencionado.

Tabla 4-23 Costo de posesión de inventario (r)

<b>Inventario Promedio Total (S/.)</b>	S/. 1,358,550.81
<b>COSTO DE POSESIÓN DE INVENTARIOS</b>	S/. 125,140.42
<b>Costo de posesión (S/. / S/. /año)</b>	S/. 0.2121
<b>Índice de costo de posesión (r)</b>	21.211%

Elaboración propia

Para el cálculo del costo de revisión se prorrateó el costo de controlar los inventarios incluido en lo que se presentaba como “costo de mantenimiento de inventario”, del cual le correspondía

el 70% a dichos costos (el otro 30% se le asignó al costo de posesión). Dado que se realizaron 50 revisiones el año de análisis y en cada una de estas se controló y registraron los niveles de existencias de 50 artículos en promedio, el resultado de esta operación se muestra a continuación:

<b>Costo de revisión (x ítem)</b>	S/.	12.72
-----------------------------------	-----	-------

**b. Costo de ordenar**

El costo de ordenar, como se mencionó anteriormente, varía dependiendo del país desde el cual se realice la importación, esto es debido a las diferencias tarifarias de los agentes de carga en sus comisiones o costos de representación (cuando se debe consolidar cargas de distintos proveedores bajo estándares establecidos por el importador), una mayor complejidad en las negociaciones con las empresas productoras debido al idioma o cultura corporativa, costos más altos de llamadas telefónicas (cuando el trato es directo) o demora en la negociación de los términos comerciales por producto o por envío completo.

La empresa JV Importaciones registra los costos estimados incurridos en cada una de las operaciones de importación que realiza basándose en las horas invertidas por el gerente de logística, el costo prorrateado de la cuenta telefónica, los costos de agentes de carga y aduanas que no dependen de la cantidad importada (estos costos variables ya se incluyen en costeo del producto). Esto originalmente lo realizaban con la intención de comparar a fin de año el desempeño de cada una de las importaciones, realizar contrastes entre cada opción de importación y realizar las valoraciones respectivas. Dado que en los últimos años ha habido cambios de proveedores, agentes intermediarios en la importación y otros factores, se ha recabado el registro de las últimas tres operaciones de importación para obtener los componentes fijos y variables de cada proceso. Cabe resaltar que este cálculo se ha hecho por cada proveedor ubicado en los países y puertos de origen antes mostrados. Un ejemplo de este cálculo se aprecia en la Tabla 4-24 y Tabla 4-25, donde se registran los cuatro últimos costos de realizar un pedido a las marcas Everwinner y Ningbo/Classic (mismo proveedor), ambas ubicadas en la ciudad de Ningbo, China.

La descomposición de estos costos se realiza mediante la aplicación de regresión lineal, siendo la variable endógena el costo total de realizar el pedido y la variable exógena el número de ítems para los cuales se hace una orden.

Tabla 4-24 Descomposición de costos de ordenar - Everwinner

<b>COSTO TOTAL PEDIDO</b>	S/. 1,077.63	S/. 1,025.79	S/. 567.54	S/. 648.53
<b>EVERWINNER</b> # Ítems	42	38	15	19
<b>Costo Fijo Mayor</b>	S/. 282.35			
<b>Costo Menor</b>	S/. 19.21			

Elaboración propia

Tabla 4-25 Descomposición de costos de ordenar – Ningbo/Classic

<b>COSTO TOTAL PEDIDO</b>	S/. 942.28	S/. 857.38	S/. 728.52	S/. 1,085.14
<b>NINGBO/CLASSIC</b> # Ítems	36	31	24	43
<b>Costo Fijo Mayor</b>	S/. 278.44			
<b>Costo Menor</b>	S/. 18.65			

Elaboración propia

Es importante señalar que ese número de ítems hace referencia a la cantidad de SKUs incluidos en la cotización y no al número de unidades. Es así que la pendiente resultante del modelo de regresión representa el costo menor el cual, siguiendo el modelo de Silver, Pyke & Peterson (1998), es el monto de dinero que supone incluir un artículo más en la orden de compra. Mientras que la intersección de la recta resulta ser el costo fijo mayor de realizar cualquier pedido. En la Tabla 4-26 se presentan los valores resultantes de este análisis para las marcas que despachan desde el puerto de Ningbo. En el caso del costo menor, al ser un sistema de revisión periódico, se adiciona el costo de revisión unitario calculado anteriormente dado que en cada pedido se deberá haber realizado previamente un control del nivel de existencias.

Tabla 4-26 Costos mayor y menor – Puerto Ningbo

<b>COSTO MAYOR</b>	S/. 280.39		
<b>COSTO MENOR</b>		<b>(+) Revisión</b>	
<b>EVERWINNER</b>	S/. 19.21	S/. 31.93	
<b>NINGBO</b>	S/. 18.65	S/. 31.37	
<b>CLASSIC</b>	S/. 18.65	S/. 31.37	

Elaboración propia

Como se pudo ver en la tabla anteriormente presentada, para este caso específico, el costo mayor de realizar un pedido a las empresas ubicadas en Ningbo, calculada a partir del promedio de los costos mayores de cada una de las compañías para que se pueda aplicar la metodología, es de S/. 280.39 y el costo menor (incluido costo de revisión) varía entre S/. 31.37 y S/. 31.93. La relación completa de dichos costos para cada una de las empresas en los puertos y orígenes analizados se incluyen en el Anexo 20.9.

#### 4.4.3 Desarrollo del sistema de revisión periódica

Como se refirió anteriormente, el sistema de revisión periódica conjunta ha sido elaborada por agrupamientos de marcas de acuerdo al puerto de despacho empleado o a su país de origen, como el caso de los productos adquiridos localmente.

Tabla 4-27 Cálculo de EOQ y tiempo de revisión inicial

PRODUCTO	CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO	EOQ INICIAL	TIEMPO ENTRE REVISIONES (MESES)
PARCHE DC110-30 NINGBO	A	29310	1.97
PARCHE M-48 EVERWINNER	A	2409	1.19
PARCHE DC110-40 NINGBO	B	12268	3.13
PARCHE DC107-25 NINGBO	C	15138	10.28
PARCHE DC107-30 NINGBO	C	14940	5.87
PARCHE DC107-40 NINGBO	C	9661	10.21
PARCHE DC110-52 NINGBO	C	5248	4.68
PARCHE CP-501 DE LONA NINGBO	C	690	4.86
PARCHE CP-502 DE LONA NINGBO	C	327	7.28
PARCHE CP-503 DE LONA NINGBO	C	239	9.56
PARCHE DC107-52 NINGBO	C	3774	10.31
PARCHE DC107-65 NINGBO	C	2431	8.54
PARCHE DC107-75 NINGBO	C	2301	6.86
PARCHE DC108-34X24 NINGBO	C	301	8.21
PARCHE DC108-72X40 NINGBO	C	227	10.72
PARCHE DC110-75 NINGBO	C	1456	9.50
PARCHE CP-401 CLASSIC	C	12685	5.18
PARCHE CP-201 CLASSIC	C	3922	39.35
PARCHE CP-202 CLASSIC	C	7094	12.51
PARCHE CP-203 CLASSIC	C	4670	13.11
PARCHE CP-402 CLASSIC	C	5320	8.24
PARCHE CP-403 CLASSIC	C	3145	8.93
PARCHE CP-404 CLASSIC	C	1553	10.17
PARCHE EWQ-09 CLASSIC	C	4075	7.92

Elaboración propia

Es así que empleando los parámetros y valores anteriormente definidos, se realiza el cálculo del EOQ inicial a partir del costo menor de pedir y el respectivo tiempo entre revisiones (R). A partir de estos resultados iniciales se selecciona el artículo con el menor periodo de revisión inicial, este se denota como “producto 1” por el momento. Posteriormente se aplica el algoritmo de distribución del costo fijo mayor a partir de una proporción alfa ( $\alpha$ ) igualando paulatinamente los tiempos de revisión de menor a mayor. Como ejemplo de esta aplicación se muestran los resultados de estos cálculos para los 24 productos agrupados en el puerto de

Ningbo (marcas Everwinner, Ningbo y Classic). En la Tabla 4-27 se presentan los valores iniciales de tamaño de lote y tiempo de revisión y en la Tabla 4-28 se incluyen los resultados de la aplicación de esta metodología de cálculo para la selección de un período base de revisión.

Es resaltable señalar que para el cálculo del alfa en cada uno de los agrupamientos se empleó la funcionalidad del Solver de Excel siguiendo la recomendación de Silver *et al.* (1998) para el desarrollo de esta modalidad de cálculo. El objetivo del mismo era que los alfas de los productos 1, 2 y 3 (en este caso) sumaran 1, manteniendo los períodos entre revisiones (R ajustado) iguales. Luego de definir el período base de revisión del agrupamiento respectivo (3 meses), se redondea al número más próximo aplicando potencia de dos, 3 por 2<sup>0</sup> para el período base, haciendo lo mismo con cada uno de los demás artículos.

Tabla 4-28 Resultados de sistema de reabastecimiento conjunto - Ningbo

PRODUCTO	Alfa ( $\alpha$ )	EOQ AJUSTADO	R AJUSTADO (MESES)	R REDONDEADO (MESES)	N° DE PEDIDOS AL AÑO
PARCHE DC110-30 NINGBO	0.209	49626	3.33	3	4
PARCHE M-48 EVERWINNER	0.777	6737	3.33	3	4
PARCHE DC110-40 NINGBO	0.014	13041	3.33	3	4
	1.000		3.00	<b>PERÍODO BASE</b>	

Elaboración propia

Para los demás artículos del agrupamiento, el valor de alfa asignado es nulo dado que el costo fijo mayor ya ha sido repartido entre los artículos de mayor frecuencia de revisión.

El desarrollo y resultado de estas operaciones para cada uno de los otros seis agrupamientos se muestran en el Anexo 20. A modo de muestra, los resultados de la aplicación esta metodología en los artículos más importantes de la gestión, los de clasificación A, se muestran a modo de resumen en la Tabla 4-29.

Como era de esperarse, todos los ítems de clase A resultaron ser seleccionados como período base dentro de su agrupamiento, siendo establecida su frecuencia de revisión en períodos mensuales enteros para mantener el sistema sencillo de cronograma de revisiones pero reduciendo su frecuencia a valores mensuales. Adicionalmente, el valor de los lotes promedio de esta política, y que resultará equivalente a un valor de EOQ para la aplicación de la siguiente herramienta, se incluyen en la última columna de la tabla anterior.

Tabla 4-29 Período de reabastecimiento conjunto y revisión para artículos clase A

PRODUCTO	PUERTO /ORIGEN	R DEFINITIVO (MESES)	PEDIDOS AL AÑO	LOTE MEDIO (D*R)
PARCHE DC110-30 NINGBO	NINGBO	3	4	44729.00
PARCHE M-48 EVERWINNER	NINGBO	3	4	6071.75
PARCHE SCHRADER SBR1	SANTOS	2	6	39924.33
PARCHE SCHRADER SBMC2	SANTOS	2	6	3478.00
PARCHE SCHRADER SBR0	SANTOS	2	6	22829.33
PARCHE SCHRADER SBMC3	SANTOS	2	6	2005.83
PARCHE SCHRADER SBR2	SANTOS	2	6	6926.50
PARCHE SCHRADER SBRC10	SANTOS	2	6	2590.00
CAMARA FR-13 SUPER BULL PREMIUN TR-13	BUSAN	1	12	1113.92
CAMARA 700-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	BUSAN	1	12	479.33
CAMARA 750-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	BUSAN	1	12	548.58
CAMARA 825-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	BUSAN	1	12	200.75
CAMARA ER-12 SUPER BULL PREMIUN TR-13	BUSAN	1	12	708.33
CAMARA FR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	BUSAN	1	12	720.42
CAMARA KR-15 SUPER BULL PREMIUN TR-13	BUSAN	1	12	292.92
CAMARA KR-16 SUPER BULL PREMIUN TR-13	BUSAN	1	12	358.58
CAMARA 300-18 SWALLOW TR4	JAKARTA	2	6	1866.33
CAMARA 300-18 S & M TR-4	QUINGDAO	3	4	2756.00
PARCHE VIPAL R-01	NACIONAL	1	12	17758.67
PARCHE VIPAL VD1	NACIONAL	1	12	3361.25
PARCHE VIPAL R-00	NACIONAL	1	12	12431.50
PARCHE VIPAL VD2	NACIONAL	1	12	1187.00

Elaboración propia

Finalmente, dados que los valores de frecuencia de revisiones fluctúan entre 1 mes para los productos de mayor rotación y 64 meses para el de menor rotación (excesivo), en coordinación con la dirección de JV Importaciones se estableció un límite de validez de este sistema en dos años, tiempo suficiente no generar variaciones constantes en los períodos entre revisiones, pasado los cuales se debiera volver a aplicar la metodología presentada, actualizando los datos y valores pertinentemente.

#### 4.5 Curvas de intercambio probabilística

Si bien, el uso de curvas de intercambio determinísticas para hallar valores ideales de operación en cuanto al número de reposiciones por año o el inventario cíclico promedio total resultan muy útiles, autores como Vidal (2005) refieren que las curvas de intercambio probabilísticas son de mucha mayor importancia por cuanto su gran aproximación con los sistemas de control de inventarios reales.

#### 4.5.1 Desarrollo de la metodología

Lo primero que debe ser identificado es la finalidad del uso de esta herramienta para el control conjunto de ítems, en este caso particular, es el de poder definir una política de nivel de servicio de ciclo para la determinación de un nivel de stock de seguridad basado en consideraciones agregadas (concepto explicado en el marco teórico).

El enfoque más desarrollado por los autores para esta herramienta es la de balancear el nivel de servicio individual de cada artículo para establecer una política única, esto por lo general en base a un nivel de servicio ya previamente establecido o a alguna otra consideración de política relacionable como el punto de reorden para el sistema Q. Sin embargo, para el presente proyecto de tesis se ha elaborado un enfoque distintivo y coherente con las herramientas previamente aplicadas, como la clasificación multicriterio, y la opinión de la administración de la empresa. Es por esto que, por ejemplo, para cada clasificación se elaborará una curva propia que permita mantener el principio de diferenciación de esfuerzo entre categorías.

Dado que en JV Importaciones no existe una política de control de inventarios formalmente establecida en la actualidad, se partirá de un valor óptimo individual el cual se considerará como “inicial” y se procederá a la aplicación de las herramientas de la curva de intercambio para el cálculo de los niveles de servicio balanceados para posteriormente plantear otro escenario de comparación a los dos anteriormente mencionados, siendo este establecido en base a la optimización de costos de la clase A y diferencia de 5% entre los niveles de servicio de cada categoría. La selección del nivel de servicio de ciclo se efectuará en base al costo total menor resultante del costo de mantener el nivel de stock de seguridad y el costo de faltantes esperado asociados al nivel de servicio propuesto.

En la Tabla 4-30 se muestran los valores necesarios para la aplicación de la curva de intercambio probabilístico, nuevamente para los artículos de la clase A. Esta información se complementa con el período entre revisiones y el tamaño de lote promedio presentados en la tabla de resultados del sistema de reabastecimiento conjunto.

Cabe mencionar que dada la limitada data con la cual cuenta la empresa, tanto los valores de demanda anual como de desviación de la misma se tomaron a partir de los valores reales registrados en el año 2014. El desarrollo de esta política por tanto es la más precisa posible para comparar con los resultados de dicho año, mientras que no necesariamente lo es con respecto a lo sucedido en el 2015. Sin embargo, dado los tiempos de revisiones mensuales y

la decisión de la dirección de mantener un nivel de servicio estable a lo largo del tiempo, esto no tendrá ningún impacto mayor salvo el cálculo anual de nivel de stock de seguridad necesario de acuerdo a los pronósticos de cada artículo.

Tabla 4-30 Características de los ítems clase A

PRODUCTO	DEMANDA ANUAL	$\sigma$ (DEMANDA)	LT	$\sigma$ (LEAD TIME)	DESV. EST. TOTAL	COSTO UNITARIO DE PÉRDIDA (B2)
PARCHE DC110-30 NINGBO	178916	14308.33	1.23	0.233	29644.32	S/. 0.07
PARCHE M-48 EVERWINNER	24287	1231.45	1.23	0.233	2577.35	S/. 1.24
PARCHE SCHRADER SBR1	239546	6818.80	0.93	0.233	12573.14	S/. 0.12
PARCHE SCHRADER SBMC2	20868	662.37	0.93	0.233	1204.82	S/. 0.70
PARCHE SCHRADER SBRO	136976	8582.87	0.93	0.233	14939.21	S/. 0.10
PARCHE SCHRADER SBMC3	12035	347.79	0.93	0.233	639.98	S/. 1.25
PARCHE SCHRADER SBR2	41559	1329.40	0.93	0.233	2416.01	S/. 0.09
PARCHE SCHRADER SBRC10	15540	684.90	0.93	0.233	1211.33	S/. 0.70
CAMARA FR-13 SUPER BULL PREMIUN TR-13	13367	173.67	1.23	0.233	367.31	S/. 1.60
CAMARA 700-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	5752	184.30	1.23	0.233	297.26	S/. 4.70
CAMARA 750-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	6583	163.82	1.23	0.233	276.27	S/. 5.60
CAMARA 825-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	2409	368.44	1.23	0.233	552.60	S/. 6.20
CAMARA ER-12 SUPER BULL PREMIUN TR-13	8500	319.05	1.23	0.233	504.63	S/. 1.85
CAMARA FR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	8645	157.07	1.23	0.233	288.71	S/. 2.00
CAMARA KR-15 SUPER BULL PREMIUN TR-13	3515	95.87	1.23	0.233	158.74	S/. 4.20
CAMARA KR-16 SUPER BULL PREMIUN TR-13	4303	141.80	1.23	0.233	227.84	S/. 5.30
CAMARA 300-18 SWALLOW TR4	11198	424.08	1.53	0.233	826.36	S/. 2.50
CAMARA 300-18 S & M TR-4	11024	427.84	1.23	0.233	906.00	S/. 2.20
PARCHE VIPAL R-01	213104	4870.85	0.06	0.033	5057.49	S/. 0.09
PARCHE VIPAL VD1	40335	880.95	0.06	0.033	915.30	S/. 0.39
PARCHE VIPAL R-00	149178	5606.73	0.06	0.033	5796.38	S/. 0.05
PARCHE VIPAL VD2	14244	356.71	0.06	0.033	369.96	S/. 0.57

Elaboración propia

Finalmente, se requiere establecer los límites del modelo, los cuales en este caso de curva de intercambio probabilístico hacen referencia al límite establecido por la dirección de la empresa en cuanto al valor de inventario total de seguridad anual (TSS) máximo a considerar y el valor total de faltantes por año (ETVSPY). En la Tabla 4-31 se advierten los valores establecidos por la dirección de JV importaciones como limitantes para el desarrollo de la política de inventarios, esto incluye también la diferencia porcentual entre niveles de servicios que se mencionó anteriormente. Tiene lugar el señalar que el límite del TSS se calculó a partir de la indicación del gerente de logística para igualar límites de ETVSPY y límite de costo mantener el TSS máximo, por lo que se calculó el valor TSS más ajustado a esa indicación.

Tabla 4-31 Límites TSS, ETVSPY y Nivel de Servicio

	Límite TSS		Límite ETVSPY		Nivel de Servicio
<b>TOTAL</b>	S/.	330,000.00	S/.	70,000.00	
<b>CLASE A</b>	S/.	150,000.00	S/.	25,000.00	Óptimo
<b>CLASE B</b>	S/.	80,000.00	S/.	15,000.00	CSL (A) - 5%
<b>CLASE C</b>	S/.	100,000.00	S/.	30,000.00	CSL (B) - 5%

Elaboración propia

#### 4.5.2 Curva de intercambio probabilística para artículos clase A

Como se mencionó anteriormente, se desarrollarán tres escenarios de comparación: un valor de  $K$  óptimo, obtenido a partir del nivel de servicio óptimo calculado previamente con la fórmula presentada por Ballou (2004); un valor de  $K$  común o balanceado, hallado a partir de la fórmula de Vidal (2005); y un valor de  $K$  propuesto, el cual para la categoría de productos A se halló a partir de la minimización del costo total. En la Tabla 4-32 se puede ver el detalle del cálculo de los costos de los tres escenarios evaluados. Como se mencionó en el marco teórico de esta herramienta, los valores de  $p_u(k_i)$  y  $G_u(k_i)$  se obtiene de la tabla K (Anexo 21).

Gráficamente se puede apreciar la posición de cada una de los tres escenarios con respecto a la curva de intercambio probabilística TSS vs ETVSPY en la Ilustración 4-11, la cual incluye además los límites de TSS y ETVSPY representados como rectas limitantes para encontrar el óptimo de desempeño.

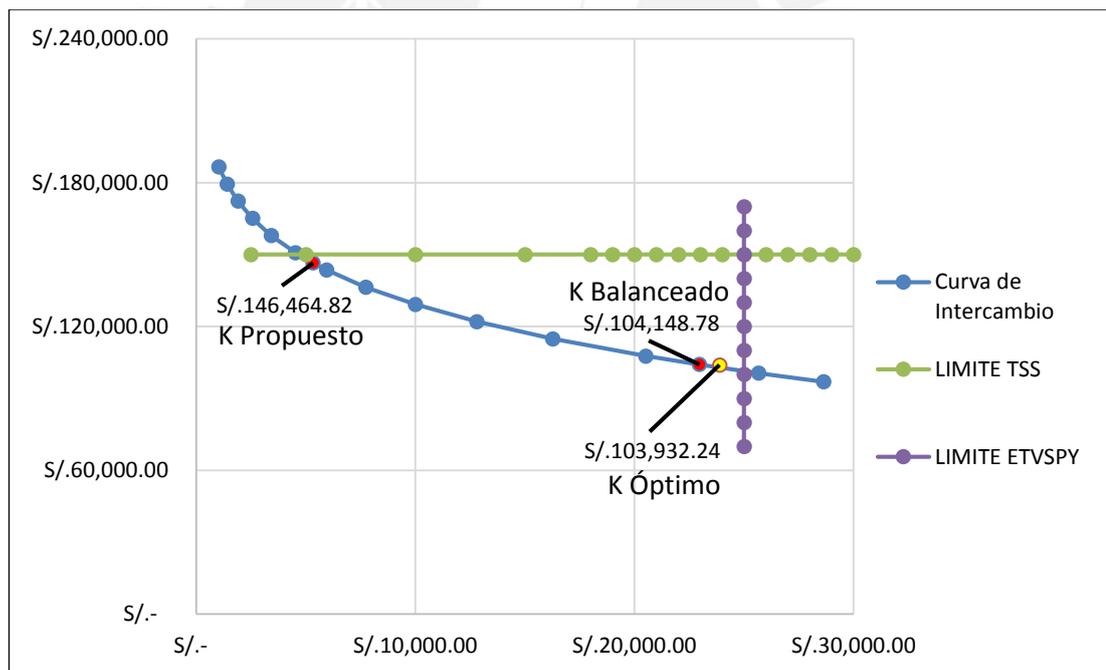


Ilustración 4-11 Curva de Intercambio – Clase A

Elaboración propia

Notar que aunque la escala no permite apreciarlo correctamente, el  $K$  óptimo es un punto que no se encuentra sobre la curva y el desplazamiento hacia la misma no es paralelo al eje de las abscisas debido a fluctuaciones al redondear las unidades del stock de seguridad a un valor entero.

Tabla 4-32 Desarrollo de propuestas de nivel de servicio para artículos clase A  
Elaboración propia

PRODUCTO	SITUACIÓN INICIAL (k-opt por SKU)										PROPUESTA 1 (k-balanceada)										PROPUESTA 1 (k-Propuesta)									
	NIVEL DE SERVICIO ÓPTIMO	DESV. EST. TOTAL * COSTO UNIT	SS (UNID)	VALORIZADO (S/)	k-opt	Gul(k-opt) ESPERADOS/AÑO	STOCKOUTS ESPERADOS/AÑO	COSTO DE FALTANTES ESPERADO (S/)	k-Balanceado	SS (UNID)	VALORIZADO (S/)	pu(k-bal) ESPERADOS/AÑO	Gul(k-bal) ESPERADOS/AÑO	STOCKOUTS ESPERADOS/AÑO	COSTO DE FALTANTES ESPERADO (S/)	k-Propuesta	SS (UNID)	VALORIZADO (S/)	pu(k-prop) ESPERADOS/AÑO	Gul(prop) ESPERADOS/AÑO	STOCKOUTS ESPERADOS/AÑO	COSTO DE FALTANTES ESPERADO (S/)	k-Propuesta	SS (UNID)	VALORIZADO (S/)	pu(k-prop) ESPERADOS/AÑO	Gul(prop) ESPERADOS/AÑO	STOCKOUTS ESPERADOS/AÑO	COSTO DE FALTANTES ESPERADO (S/)	
PARCHEDC10-30 NINGBO	0.952456	0.0477564	S/ 1,826.09	49210	S/ 3,091.34	1.66	0.020147	0.19102592	S/ 147.16	1.45	42985	S/ 2,647.88	0.073529	0.028813	0.294116	2.04	60475	S/ 3,725.26	0.020675	0.07623	0.0827	S/ 239.68	2.04	60475	S/ 3,725.26	0.020675	0.07623	0.0827	S/ 239.68	
PARCHEM-48 EVERWINNER	0.946169	0.0538831	S/ 3,247.46	4150	S/ 5,229.00	1.61	0.0227	0.21552488	S/ 294.87	1.45	3738	S/ 4,709.88	0.073529	0.028813	0.294116	2.04	5258	S/ 6,625.08	0.020675	0.07623	0.0827	S/ 426.24	2.04	5258	S/ 6,625.08	0.020675	0.07623	0.0827	S/ 426.24	
PARCHESTRADER SBR1	0.9617018	0.0382982	S/ 1,634.51	2255	S/ 2,893.15	1.77	0.01539	0.22978047	S/ 150.93	1.45	18232	S/ 2,370.16	0.073529	0.028813	0.441174	2.04	25650	S/ 3,394.50	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 321.80	2.04	25650	S/ 3,394.50	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 321.80	
PARCHESTRADER SBR2	0.909067	0.0909033	S/ 2,168.67	1603	S/ 2,885.40	1.33	0.0427	0.56549611	S/ 555.61	1.45	1747	S/ 3,144.60	0.073529	0.028813	0.441174	2.04	2458	S/ 4,424.40	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 426.96	2.04	2458	S/ 4,424.40	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 426.96	
PARCHESTRADER SBR0	0.9646479	0.0353521	S/ 1,493.92	27040	S/ 2,704.00	1.81	0.0392	0.21212842	S/ 124.77	1.45	21662	S/ 2,166.20	0.073529	0.028813	0.441174	2.04	30476	S/ 3,047.60	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 294.12	2.04	30476	S/ 3,047.60	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 294.12	
PARCHESTRADER SBR3	0.987121	0.0692879	S/ 1,567.95	948	S/ 2,322.60	1.48	0.030669	0.41572763	S/ 288.52	1.45	928	S/ 2,273.60	0.073529	0.028813	0.441174	2.04	1306	S/ 3,199.70	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 308.69	2.04	1306	S/ 3,199.70	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 308.69	
PARCHESTRADER SBR	0.8727445	0.1262555	S/ 755.00	2779	S/ 868.44	1.15	0.062103	0.75753328	S/ 281.33	1.45	3504	S/ 1,095.00	0.073529	0.028813	0.441174	2.04	4929	S/ 1,540.31	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 146.64	2.04	4929	S/ 1,540.31	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 146.64	
PARCHESTRADER SBR10	0.9191975	0.0880025	S/ 1,938.12	1696	S/ 2,713.60	1.4	0.036668	0.484814978	S/ 426.40	1.45	1757	S/ 2,811.20	0.073529	0.028813	0.441174	2.04	2472	S/ 3,955.20	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 381.57	2.04	2472	S/ 3,955.20	0.020675	0.07623	0.12405	S/ 381.57	
CAMARA FR-13 SUPER BULL PREMIUM TR-13	0.8906399	0.093601	S/ 3,656.39	462	S/ 4,474.80	1.23	0.05737	1.32321291	S/ 2,301.27	1.45	533	S/ 5,276.70	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	750	S/ 7,425.00	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 1,431.85	2.04	750	S/ 7,425.00	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 1,431.85	
CAMARA 700-16 SUPER BULL PREMIUM TR177A	0.9259360	0.0706940	S/ 5,588.51	437	S/ 8,215.60	1.47	0.03137	0.848327348	S/ 2,103.74	1.45	492	S/ 8,121.60	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	607	S/ 11,411.60	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 2,201.51	2.04	607	S/ 11,411.60	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 2,201.51	
CAMARA 750-16 SUPER BULL PREMIUM TR177A	0.9371939	0.0628061	S/ 5,497.73	423	S/ 8,417.70	1.53	0.02736	0.753673006	S/ 1,805.01	1.45	401	S/ 7,979.90	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	564	S/ 11,223.60	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 2,164.76	2.04	564	S/ 11,223.60	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 2,164.76	
CAMARA 825-16 SUPER BULL PREMIUM TR177A	0.9236227	0.0763773	S/ 14,809.79	791	S/ 21,198.80	1.43	0.04812	0.91652745	S/ 6,097.94	1.45	802	S/ 21,493.60	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	1128	S/ 30,230.40	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 5,831.44	2.04	1128	S/ 30,230.40	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 5,831.44	
CAMARA ER-12 SUPER BULL PREMIUM TR-13	0.9221382	0.0778618	S/ 4,112.71	717	S/ 5,843.35	1.42	0.039083	0.934947191	S/ 1,731.43	1.45	732	S/ 5,965.80	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	1090	S/ 8,394.50	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 1,619.40	2.04	1090	S/ 8,394.50	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 1,619.40	
CAMARA FR-14 SUPER BULL PREMIUM TR-13	0.9072124	0.0827876	S/ 3,031.44	382	S/ 4,011.00	1.32	0.045626	1.113450717	S/ 1,587.00	1.45	419	S/ 4,395.50	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	589	S/ 6,184.50	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 1,193.65	2.04	589	S/ 6,184.50	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 1,193.65	
CAMARA KR-15 SUPER BULL PREMIUM TR-13	0.9356227	0.0643773	S/ 2,428.78	242	S/ 3,702.60	1.52	0.027996	0.772528154	S/ 815.95	1.45	231	S/ 3,534.30	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	324	S/ 4,957.20	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 956.35	2.04	324	S/ 4,957.20	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 956.35	
CAMARA RR-16 SUPER BULL PREMIUM TR-13	0.9476464	0.0523536	S/ 3,571.02	372	S/ 5,840.40	1.63	0.021647	0.68243593	S/ 929.18	1.45	331	S/ 5,196.70	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	465	S/ 7,300.50	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 1,408.47	2.04	465	S/ 7,300.50	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 1,408.47	
CAMARA 300-18 SUPER BULL PREMIUM TR4	0.9080888	0.0919112	S/ 5,371.34	1100	S/ 7,150.00	1.33	0.0427	0.551467083	S/ 1,376.14	1.45	1199	S/ 7,795.50	0.073529	0.028813	0.441174	2.04	1686	S/ 10,999.00	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 1,657.50	2.04	1686	S/ 10,999.00	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 1,657.50	
CAMARA 300-18 S & M TR-4	0.8965577	0.1085423	S/ 3,885.79	1142	S/ 4,910.60	1.26	0.049539	0.414569242	S/ 771.97	1.45	1314	S/ 5,650.20	0.073529	0.028813	0.294116	2.04	1849	S/ 7,950.70	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 511.33	2.04	1849	S/ 7,950.70	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 511.33	
PARCHE VIVAL R-01	0.9485364	0.0514636	S/ 1,317.58	8295	S/ 2,161.01	1.64	0.021137	0.617563288	S/ 334.20	1.45	7334	S/ 1,910.65	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	10318	S/ 2,688.05	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 518.80	2.04	10318	S/ 2,688.05	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 518.80	
PARCHE VIVAL VDI	0.9217438	0.0782562	S/ 1,567.98	1300	S/ 2,226.99	1.42	0.039083	0.939074894	S/ 660.11	1.45	1328	S/ 2,274.96	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	1888	S/ 3,200.01	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 617.40	2.04	1888	S/ 3,200.01	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 617.40	
PARCHE VIVAL R-00	0.9080333	0.0919667	S/ 1,361.34	7710	S/ 1,810.77	1.33	0.0427	1.10860059	S/ 697.55	1.45	8405	S/ 1,974.00	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	11825	S/ 2,777.22	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 536.03	2.04	11825	S/ 2,777.22	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 536.03	
PARCHE VIVAL VDI	0.9214722	0.0785278	S/ 956.16	522	S/ 1,320.89	1.41	0.039083	0.942333883	S/ 402.94	1.45	537	S/ 1,358.85	0.073529	0.028813	0.882348	2.04	755	S/ 1,910.49	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 368.62	2.04	755	S/ 1,910.49	0.020675	0.07623	0.2481	S/ 368.62	
<b>0.93</b>			<b>S/ 71,764.28</b>	<b>TOTAL</b>	<b>S/ 105,924.24</b>		<b>TOTAL</b>	<b>14,939,977.63</b>	<b>S/ 23,883.94</b>		<b>TOTAL</b>	<b>S/ 104,148.78</b>	<b>TOTAL</b>	<b>14,559742</b>	<b>S/ 22,963.83</b>		<b>TOTAL</b>	<b>S/ 146,464.82</b>	<b>TOTAL</b>	<b>4,0935</b>	<b>S/ 3,394.88</b>		<b>TOTAL</b>	<b>S/ 146,464.82</b>	<b>TOTAL</b>	<b>4,0935</b>	<b>S/ 3,394.88</b>			

En la Tabla 4-33 se presenta el análisis de costos de cada escenario analizado, empleando el costo de posesión de inventarios calculado anteriormente (21.21%). Como se observa, el costo total propuesto es menor que el del K balanceado en un 19.2% y menor al de K óptimo individual en un 20.7%, por lo cual el valor del nivel de servicio seleccionado para los la categoría A de artículos será de 97.9%, el cual está asociado a un fill rate (P2) de 99.66% que garantiza el cumplimiento de las unidades demandadas por los clientes con el inventario a la mano en casi un 100%.

Tabla 4-33 Comparación de escenarios para artículos clase A

Valor común k	1.45				
K-propuesto	2.04				
	INV. SEGURIDAD (S/.)	COSTO MANTENER SS	COSTO POR FALTANTES	COSTO TOTAL	NIVEL DE SERVICIO
SITUACIÓN K-Óptimo	S/. 103,932.24	S/. 22,045.40	S/. 23,883.94	S/. 45,929.33	VARIADO
SITUACIÓN K-Balanceado	S/. 104,148.78	S/. 22,091.33	S/. 22,963.83	S/. 45,055.16	92.6%
SITUACIÓN K-Propuesto	S/. 146,464.82	S/. 31,067.12	S/. 5,334.88	S/. 36,401.99	97.9%

Elaboración propia

Para la elaboración de las curvas se empleó la herramienta “Tabla de datos” de Excel que permite iterar el TSS y el ETVSPY en función de un K único. La política seleccionada cumple con las limitaciones y optimiza los costos del modelo por lo que se estima la mejor solución posible del modelo para artículos clase A. La ejecución completa de esta herramienta para la clase A se encuentra en el Anexo 22.2.

#### 4.5.3 Curva de intercambio probabilística para artículos clase B

En el caso de los 33 artículos pertenecientes a la clasificación B, se vuelve a desarrollar la metodología de evaluación en tres escenarios: en el primero, con niveles de servicio optimizados individualmente, los costos de mantener el nivel de stock de seguridad y de faltantes suman S/. 23,307.92; en el segundo, con un nivel de servicio común en 91.1% (K=1.35), el costo total resultante es de S/. 22,022.78; mientras que en el límite de optimización, definido por la gerencia en 5% menor al de la categoría A, alcanzando en 92.9%, el costo total resultante es de S/. 20,308.45 con un stock de seguridad valorizado en S/. 54,487.60 y un costo por faltantes total por año de S/. 8,750.92. Todos los valores mencionados se pueden apreciar en la Tabla 4-34.

Tabla 4-34 Comparación de escenarios para artículos clase B

Valor común k	1.35				
K-propuesto	1.47				
	INV. SEGURIDAD (S/.)	COSTO MANTENER SS	COSTO POR FALTANTES	COSTO TOTAL	NIVEL DE SERVICIO
SITUACIÓN K-Óptimo	S/. 49,853.23	S/. 10,574.53	S/. 12,733.40	S/. 23,307.92	VARIADO
SITUACIÓN K-Balanceado	S/. 50,040.42	S/. 10,614.23	S/. 11,408.55	S/. 22,022.78	91.1%
SITUACIÓN K-Propuesto	S/. 54,487.60	S/. 11,557.54	S/. 8,750.92	S/. 20,308.45	92.9%

Elaboración propia

En este caso el óptimo no pudo ser alcanzado debido a la limitante señalada por la dirección de logística, sin embargo, el escenario aún sigue siendo beneficioso en comparación a los otros dos, siendo menor en un 12.9% respecto a la propuesta de un K óptimo individual y en 7.8% respecto a la opción de un K común o balanceado. Asimismo, se mantiene el principio de diferenciación de esfuerzos entre las categorías de artículos y que genera beneficios en otros aspectos de la administración.

Gráficamente se puede apreciar las tres propuestas evaluada de nivel de servicio con respecto a la curva de intercambio empleada y los límites de TSS y ETVS en la Ilustración 4-12.

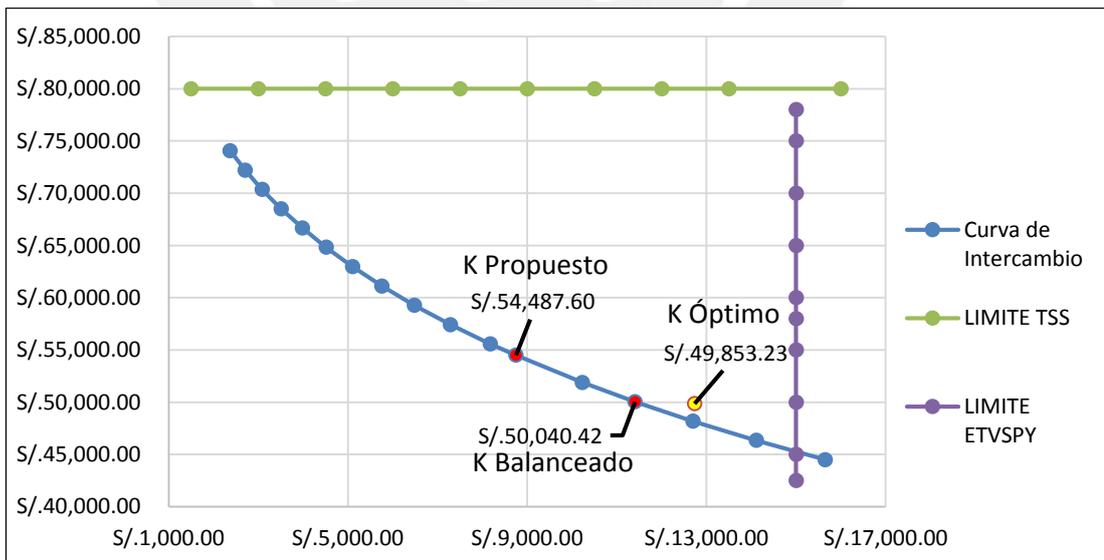


Ilustración 4-12 Curva de Intercambio – Clase B

Elaboración propia

En esta oportunidad sí se puede apreciar visualmente el distanciamiento del nivel de servicio óptimo individual con respecto a la curva, manteniéndose un ligero desplazamiento no horizontal entre esa propuesta y la de un nivel de servicio común o balanceado debido al redondeo de unidades en el stock de seguridad. Finalmente, el fill rate asociado a esta política es de un 98.09% siendo también de mejor desempeño que las otras dos opciones. En el Anexo 22.3 se registran los cálculos de todo el proceso de desarrollo.

#### 4.5.4 Curva de intercambio probabilística para artículos clase C

Para los 157 artículos incluidos en la clasificación C de artículos se hallaron los valores individuales de nivel de servicio óptimo y el K asociado a cada uno, escenario para el cual se tiene un costo total de S/. 49,877.27. Seguidamente se procedió al balance del nivel de servicio mediante el cálculo de un K común con valor de 0.99 y CSL de 83.9%, resultando un costo total menor de S/. 49,188.85. Finalmente, Para la selección de un K propuesto se iteraron valores del mismo con el objetivo de minimizar el costo total y considerando la restricción de ETVSPY de S/. 30,000, así como el límite de TSS valorizado en S/. 100,000. El resultado de esta iteración fue la de un K con valor de 1.1, con un nivel de servicio asociado de 86.4%, cumpliendo de esta forma también la indicación de la gerencia para mantener una diferencia entre categorías de 5% como mínimo. Este último escenario presentaba una reducción en costo total de 8.7%, con respecto a la primera opción, y de 7.4% en relación a la opción de optar por el K balanceado. Los costos totales y asociados a cada propuesta evaluada se muestran en la Tabla 4-35.

Tabla 4-35 Comparación de escenarios para artículos clase C

	INV. SEGURIDAD (S/.)	COSTO MANTENER SS	COSTO POR FALTANTES	COSTO TOTAL	NIVEL DE SERVICIO
<b>Valor común k</b>	0.99				
<b>K- Propuesto</b>	1.10				
<b>SITUACIÓN K-Óptimo</b>	S/. 87,195.72	S/. 18,495.36	S/. 31,381.91	S/. 49,877.27	VARIADO
<b>SITUACIÓN K-Balanceado</b>	S/. 89,080.78	S/. 18,895.21	S/. 30,293.64	S/. 49,188.85	83.9%
<b>SITUACIÓN K-Propuesto</b>	S/. 99,282.75	S/. 21,059.18	S/. 24,480.29	S/. 45,539.47	86.4%

Elaboración propia

Para esta categoría de artículos la gerencia de JV Importaciones definió límites de costos mayores con respecto a la categoría anterior, esto debido a la gran diferencia de ítems incluidos, la cual supera en más de cuatro veces a los listados en la clase B.

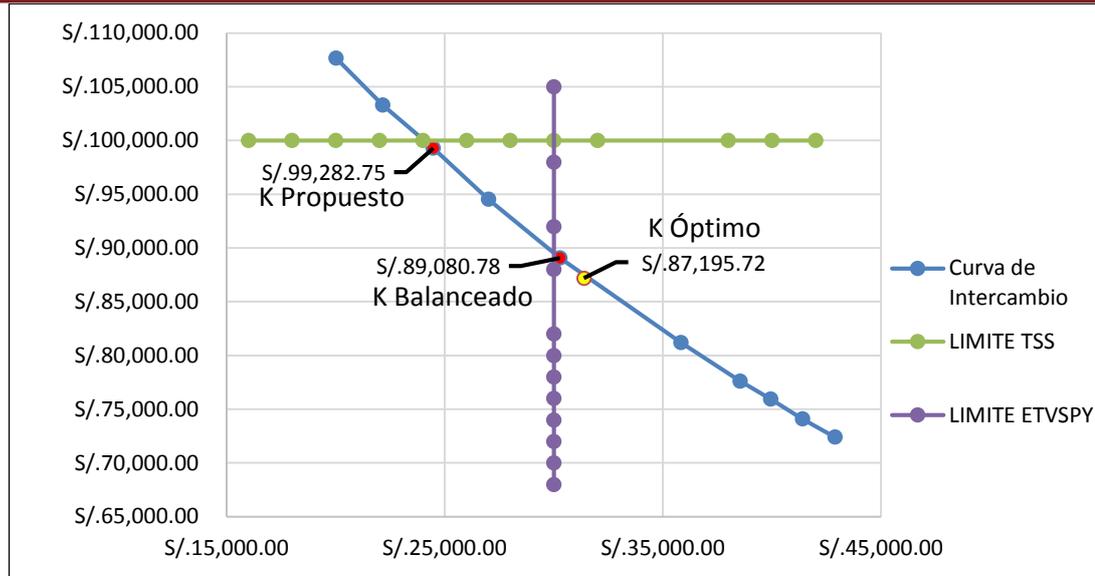


Ilustración 4-13 Curva de Intercambio – Clase C

Elaboración propia

Esta decisión se ve validada al comprobar que durante la elaboración de la curva de intercambio, presentada en la Ilustración 4-13, los límites pueden considerarse como fuente importante de limitaciones para la evaluación de las propuestas, descartando inmediatamente las de escoger un K óptimo individual o la de establecer un valor común, esto debido a que no cumplen el límite de ETVSPY.

El fill rate asociado a este K propuesto es de 95.5% lo que resulta bastante bueno para tratarse de artículos tipo C. Ver Anexo 22.4 para mayor detalle.

#### 4.5.5 Consolidado de niveles de servicio por categoría de productos

En la Tabla 4-36 se presenta el consolidado de resultados de la aplicación de la metodología de curva de intercambio probabilística.

Tabla 4-36 Política de nivel de servicio por categoría

Clasificación	Nivel de servicio de ciclo (CSL)	K	SS valorizado	Nº esperado de Stockouts/año	Costo de faltantes esperado/año
A	97.90%	2.04	S/. 146,464.82	4.09	S/. 5,334.88
B	92.92%	1.47	S/. 54,487.60	17.70	S/. 8,750.92
C	86.43%	1.1	S/. 99,282.75	64.49	S/. 24,480.29
			<b>S/. 300,235.17</b>	<b>86.28</b>	<b>S/. 38,566.09</b>

Elaboración propia

Se corrobora el cumplimiento de todos los límites establecidos por la gerencia de JV Importaciones y un desempeño orientado hacia la disponibilidad de mayores existencias con respecto al costo de faltantes, es decir, para la obtención de los desempeños más adecuados para cada categoría, la tendencia de la obtención del óptimo era creciente respecto al monto de stock de seguridad. Esto se puede deber al bajo costo de mantenimiento en comparación al costo generado por la pérdida de utilidades debido a faltantes en las existencias.

Finalmente, para mantener una coherencia en toda la política para la gestión de inventarios, siendo las variable de tamaño de lote empleada en este modelo resultante de la propuesta del sistema de reabastecimiento conjunto desarrollado previamente y el plazo de validez para la misma establecido en dos años, la vigencia de estos resultados para la definición de niveles de stock de seguridad por cada categoría será del mismo período de tiempo, pasado el cual se debiera volver a realizar un análisis y metodología de trabajo similar que permita variar los valores ajustándolos a los datos actualizados en ese momento.

#### **4.6 Evaluación de la propuesta de mejora**

Habiéndose desarrollado individualmente cada una de las propuestas de mejoras, en la Tabla 4-37 se presenta el consolidado de las mejoras propuestas para los artículos de mayor importancia para la dirección de JV Importaciones que incluyen:

- Una clasificación de artículos con enfoque sistémico en distintos criterios de valoración, lo que permitirá un mejor enfoque de los esfuerzos en la administración de acuerdo a la importancia en el desempeño de la empresa.
- Desarrollo de modelos de pronósticos que mejoren las estimaciones de las necesidades en el corto y mediano plazo, siguiendo una estrategia de análisis, selección y afinación de los mismos.
- El desarrollo de parámetros fijos para la gestión de inventarios, los cuales se conjugarán con las dos mejoras antes mencionadas para permitir ejercer una política formal en la administración de existencias y acceder a la posibilidad de desarrollar estimaciones en el comportamiento del nivel de inventarios para de esta forma generar cronogramas de compras, siendo estos los que posibiliten el acceso a la reducción en los tiempos de aprovisionamiento al ser requisito de los proveedores para conseguir dicha deducción temporal.

Los valores incluidos en las columnas de la gestión de inventarios hacen referencia a los parámetros de la política de inventarios propuesta que se mantendrán fijos en un período de

validez de dos años. Estos son el tiempo entre revisiones (R), el nivel de servicio de ciclo (CSL) y su K asociado. Para ver el consolidado completo de los 207 SKUs pertenecientes a las familias de parches y cámaras estudiados en este proyecto de tesis, los resultados completos de las propuestas se encuentran en el Anexo 23.1.

Tabla 4-37 Consolidado de propuestas de mejora– Clase A

PRODUCTO	CLASIFICACIÓN	MÉTODOS DE PRONÓSTICOS		GESTIÓN DE INVENTARIOS		
		CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO	R	CSL	K
PARCHE SCHRADER SBR1	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		2	97.9%	2.04
PARCHE VIPAL R-01	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		1	97.9%	2.04
PARCHE VIPAL VD1	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		1	97.9%	2.04
CAMARA 300-18 S & MTR-4	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		3	97.9%	2.04
CAMARA 300-18 SWALLOW TR4	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		2	97.9%	2.04
CAMARA FR-13 SUPER BULL PREMIUN TR-13	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		1	97.9%	2.04
PARCHE DC110-30 NINGBO	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		3	97.9%	2.04
PARCHE SCHRADER SBMC2	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		2	97.9%	2.04
PARCHE SCHRADER SBRO	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		2	97.9%	2.04
PARCHE VIPAL R-00	A	SES	AJUSTE EXPONENCIAL	1	97.9%	2.04
CAMARA 700-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	A	SES	AJUSTE EXPONENCIAL	1	97.9%	2.04
CAMARA 750-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	A	SED	AJUSTE CUADRATICO	1	97.9%	2.04
CAMARA 825-16 SUPER BULL PREMIUN TR177A	A	SES	AJUSTE EXPONENCIAL	1	97.9%	2.04
CAMARA ER-12 SUPER BULL PREMIUN TR-13	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		1	97.9%	2.04
CAMARA FR-14 SUPER BULL PREMIUN TR-13	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		1	97.9%	2.04
CAMARA KR-15 SUPER BULL PREMIUN TR-13	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		1	97.9%	2.04
CAMARA KR-16 SUPER BULL PREMIUN TR-13	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		1	97.9%	2.04
PARCHE M-48 EVERWINNER	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		3	97.9%	2.04
PARCHE SCHRADER SBMC3	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		2	97.9%	2.04
PARCHE SCHRADER SBR2	A	ESTACIONAL - MULTIPLICATIVO		2	97.9%	2.04
PARCHE SCHRADER SBRC10	A	SES	CUADRATICO	2	97.9%	2.04
PARCHE VIPAL VD2	A	VER LP	EXPONENCIAL	1	97.9%	2.04

Elaboración propia

Para poder valorar la propuesta de mejora real a partir de la aplicación de los resultados de la misma en un escenario de contraste válido, se desarrolló la simulación del comportamiento del artículo de mayor relevancia en la administración, el cual resulta ser el Parche Schrader SBR1, siguiendo la política planteada para su administración en un horizonte de tiempo de seis meses (24 semanas) con los registros de demanda real del 2015 (hasta junio).

La secuencia de ejecución inicia en el desarrollo de pronósticos de mediano plazo que, para el caso de este artículo, es el método estacional multiplicativo. El resultado de dicho pronóstico para los primeros seis meses del 2015 se aprecia en la Tabla 4-38, la cual incluye también los indicadores de error de dichas estimaciones. Se puede comprobar el buen ajuste que presenta el modelo con respecto a la realidad, obteniendo un valor de MAPE de 5.57%. Si bien solo se

emplearán seis meses de demanda, se debe calcular el total de los doce meses para su uso en la determinación de los niveles de inventario máximo (S) y del stock de seguridad (SS).

Tabla 4-38 Pronósticos del Parche Schrader SBR1

PRONOSTICO		REAL 2015	
Demanda Mensual	Demanda semanal	Demanda Mensual	Demanda semanal
18972.7	4743.175	19875	4969
21839.85	5459.9625	24101	6026
19845.06	4961.265	18295	4574
27519.51	6879.8775	27320	6830
13917.93	3479.4825	15072	3768
24433.17	6108.2925	25089	6273
<b>Indicador de error</b>		<b>Valor</b>	
CFE		3223.781	
MAD		1120.487	
MSE		1688572	
Desviación Estándar		3182.991	
MAPE		0.0557	

Elaboración propia

Seguidamente se procede al de los valores necesarios para el establecimiento de la política a seguir durante el año en evaluación, el nivel de inventario máximo y nivel de stock de seguridad. Esto se consigue mediante la aplicación de las fórmulas pertinentes del modelo de revisión periódica, empleando los datos disponibles de factor de seguridad (K), tiempo entre revisiones (R), tiempo de aprovisionamiento (lead time), la demanda semanal obtenida de los pronósticos realizados y la desviación total resultante de la conjugación de la desviación de los pronósticos y la del lead time.

Tabla 4-39 Definición de valores para el sistema de control

Datos disponibles		Resultados	
<b>K</b>	2.04	<b>Nivel Máximo (S)</b>	76506
<b>R</b>	8	<b>Nivel SS</b>	12642
<b>Lead Time</b>	3.73		
<b>Desv. Total</b>	6196.93		
<b>Demanda Semanal</b>	5444.48		

Elaboración propia

Finalmente, se ejecuta la simulación del modelo a partir de las condiciones de la política antes definidas y la evaluación del desempeño del mismo frente a los valores de la demanda real. Notar que la demanda semanal se distribuyó de manera equitativa dado que los pronósticos se realizan en períodos mensuales. Los costos asociados a la simulación y el proceso detallado se encuentran en el Anexo 23.3.

Tabla 4-40 Simulación del desempeño de las propuestas de mejora en el Parche Schrader SBR1

Semana	Inventario Inicial	Demanda	Inventario Final	Revisión	Lanzar pedido?	Lote pedido	Lote recibido	Costo de mantener	Costo de pedir	Costo Revisión	Costo total	Inventario promedio
1	120877	4969	115908	Sí	Sí	0	-	S/. 68.01	S/. 63.55	S/. 12.72	S/. 144.29	118392.5
2	115908	4969	110939	No	No	-	-	S/. 65.16	S/. -	S/. -	S/. 65.16	113423.5
3	110939	4969	105970	No	No	-	-	S/. 62.30	S/. -	S/. -	S/. 62.30	108454.5
4	105970	4969	101001	No	No	-	-	S/. 59.45	S/. -	S/. -	S/. 59.45	103485.5
5	101001	6026	94975	No	No	-	-	S/. 56.29	S/. -	S/. -	S/. 56.29	97988
6	94975	6026	88949	No	No	-	0	S/. 52.83	S/. -	S/. -	S/. 52.83	91962
7	88949	6026	82923	No	No	-	-	S/. 49.37	S/. -	S/. -	S/. 49.37	85936
8	82923	6026	76897	Sí	Sí	0	-	S/. 45.91	S/. 63.55	S/. 12.72	S/. 122.18	79910
9	76897	4574	72323	No	No	-	-	S/. 42.86	S/. -	S/. -	S/. 42.86	74610
10	72323	4574	67749	No	No	-	-	S/. 40.23	S/. -	S/. -	S/. 40.23	70036
11	67749	4574	63175	No	No	-	-	S/. 37.61	S/. -	S/. -	S/. 37.61	65462
12	63175	4574	58601	No	No	-	-	S/. 34.98	S/. -	S/. -	S/. 34.98	60888
13	58601	6830	51771	No	No	-	0	S/. 31.70	S/. -	S/. -	S/. 31.70	55186
14	51771	6830	44941	No	No	-	-	S/. 27.78	S/. -	S/. -	S/. 27.78	48356
15	44941	6830	38111	No	No	-	-	S/. 23.86	S/. -	S/. -	S/. 23.86	41526
16	38111	6830	31281	Sí	Sí	45243	-	S/. 19.93	S/. 63.55	S/. 12.72	S/. 96.21	34696
17	31281	3768	27513	No	No	-	-	S/. 16.89	S/. -	S/. -	S/. 16.89	29397
18	27513	3768	23745	No	No	-	-	S/. 14.72	S/. -	S/. -	S/. 14.72	25629
19	23745	3768	19977	No	No	-	-	S/. 12.56	S/. -	S/. -	S/. 12.56	21861
20	19977	3768	16209	No	No	-	-	S/. 10.39	S/. -	S/. -	S/. 10.39	18093
21	61452	6273	55179	No	No	-	45243	S/. 33.50	S/. -	S/. -	S/. 33.50	58315.5
22	55179	6273	48906	No	No	-	-	S/. 29.90	S/. -	S/. -	S/. 29.90	52042.5
23	48906	6273	42633	No	No	-	-	S/. 26.29	S/. -	S/. -	S/. 26.29	45769.5
24	42633	6273	36360	Sí	Sí	40164	-	S/. 22.69	S/. 63.55	S/. 12.72	S/. 98.96	39496.5
<b>Averages</b>	<b>66908.17</b>	<b>5406.67</b>	<b>61501.50</b>	<b>4.00</b>		<b>21351.75</b>		<b>S/. 36.88</b>	<b>S/. 10.59</b>	<b>S/. 2.12</b>	<b>S/. 49.60</b>	<b>64204.83</b>
							<b>TOTAL</b>	<b>S/. 885.21</b>	<b>S/. 254.21</b>	<b>S/. 50.88</b>	<b>S/. 1,190.31</b>	

Elaboración propia

Este mismo proceso se ejecutó para el desarrollo de las estimaciones que se podrían haberse realizado al inicio del año, cambiando el uso de la demanda real en la simulación y usando en su lugar la demanda semanal pronosticada con la que se contaría en ese momento (Ver Anexo 23.4). Adicionalmente, se evaluó el desempeño real del sistema bajo la administración actual en el mismo horizonte de tiempo y empleando la demanda real (Ver Anexo 23.2). De la conjugación de resultados de estas evaluaciones se obtuvieron los resultados de inventario promedio y costos incluidos en la Tabla 4-41.

Tabla 4-41 Comparación del desempeño de la gestión en los escenarios evaluados

Escenario	Inventario Promedio	Costo mantener	Costo de pedir	Costo de revisión	Costo total
<b>Real - Actual</b>	101664.3	S/. 1,401.68	S/. 24.55	S/. 305.28	S/. 1,731.51
<b>Real - Propuesto</b>	64204.8	S/. 885.21	S/. 254.21	S/. 50.88	S/. 1,190.31
<b>Previsto</b>	65846.5	S/. 907.85	S/. 254.21	S/. 50.88	S/. 1,212.94

Elaboración propia

Como se puede apreciar, de haberse aplicado la política de inventarios propuesta durante los seis meses evaluados, se hubiera reducido el costo de total de la gestión en un 31.26%,

reduciendo el costo de mantener las existencias en 36.85% y los costos de revisión en 83.33%. El costo de pedir resulta mayor debido a que su prorrateo fue ajustado durante el desarrollo del sistema de reabastecimiento conjunto, por lo que se generaría un sesgo en su análisis dado que el costo de pedir asignado a la política actual se calcula mediante un prorrateo simple. Notar también la diferencia de 36.85% entre los valores de inventario promedio, pudiendo liberar un monto de dinero inmovilizado en existencias de S/. 4,869.74, este valor conjugado con el costo de oportunidad de la empresa (12%) significan la pérdida de S/. 584.37 en ingresos potenciales.

Al evaluarse el escenario de previsión inicial posible con la política propuesta, el cual pudiera haber dado origen a un cronograma de adquisiciones para mejora del planeamiento logístico y de la cadena de suministro, se identifica un ajuste muy cercano, siendo la variación entre ambos apenas de 1.9%, generado a partir de la diferencia entre los valores de demanda pronosticada, empleados en el desarrollo del escenario de previsión, y los de la demanda real. Se debe notar que el inventario inicial de 120,877 unidades arrastró costos de mantenimiento desde la primera semana de evaluación, dicho valor está muy por encima del nivel meta de existencias calculado en 76,524 por lo que en la ejecución prolongada de la política los beneficios en ahorros potenciales serán mucho mayores.

Finalmente, una simulación del comportamiento en los niveles de existencias y costos por la gestión que se hubiesen obtenido como consecuencia de la aplicación del conjunto de mejoras propuestas en la administración de los 207 ítems estudiados se puede consultar en el Anexo 24.2, para el costo de faltantes, realización de pedidos y recepciones, y en el Anexo 24.3, para ver el valor de inventario promedio y rotación de existencias. En tanto que el comportamiento actual se muestra en el Anexo 24.1. Estos valores serán de utilidad al analizar la viabilidad económica del proyecto pues serán los que correspondan a los costos de la situación propuesta en el primer año de ejecución, en el cual, al igual que con el modelo de parche anteriormente analizado, aún se arrastra el problema de niveles excesivos de existencias (en el inventario inicial) o de niveles muy bajos en algunos ítems.

## 5. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS

Habiéndose realizado una serie de propuestas de mejoras para diversos aspectos del planeamiento y gestión de inventarios de la empresa JV Importaciones, es necesario elaborar una evaluación del impacto estas mejoras tendrían en los costos internos. Estos impactos podrían ser económicos, es decir traerían una serie de ahorros para la distribuidora, o pueden ser de beneficios potenciales, es decir traerían la oportunidad de generar mayores ingresos para la comercializadora.

El análisis de los impactos económicos generados por las mejoras se realizará de forma conjunta en un horizonte de evaluación de dos años, manteniendo el principio de sinergia que se espera: los pronósticos generan el input para que por medio de los parámetros de nivel de servicio y su factor de seguridad se calculen los valores anuales del inventario máximo y de seguridad, mientras que el sistema de reabastecimiento conjunto define el intervalo que se debe considerar entre cada revisión a partir de las estimaciones de las necesidades futuras y el comportamiento pasado. De esta forma cada componente de la propuesta está ligada al desempeño y funcionalidad de la otra, por lo que un análisis individual no sería ideal, esto sumado al hecho que no existe una política actual con la cual contrastar directamente cada componente (salvo por la de revisión). El detalle de los cálculos de este capítulo se encuentra en el Anexo 25.

### 5.1 Mejora en los costos de Inventario

El análisis del impacto sobre los costos de la gestión de inventarios se realizará por medio de la comparación del costo total relevante en el horizonte de evaluación, el cual es de dos años. Este costo relevante contempla los componentes de costo de realizar los pedidos, costos de revisión, costos mantenimiento de inventarios y costos por rotura de stock o faltantes. Todos los costos presentados se incluyen en el Anexo 25.1 para la situación actual y Anexo 25.2 para la situación propuesta tanto en el primer año de implementación, como en el segundo.

#### 5.1.1 Impacto sobre los costos de pedido y revisión

Este impacto se puede atribuir principalmente a la aplicación de un sistema de reabastecimiento conjunto. En la actualidad el número de pedidos anuales fluctúa entre 10 y 15 anuales para las importaciones, siendo un total de 11 en el último año. Mientras que el número de pedidos nacionales es de 12. En el Anexo 25.1 se presenta el cálculo del costo anual de pedir actualmente, el cual resulta de la suma de los costos de pedido tanto de importaciones

como compras nacionales, acumulando un total de S/. 10,231.31. En cambio, el costo anual de pedir según la propuesta realizada es de S/ 21,612.98 en el primer año y de S/. 20,928.83 en el segundo, lo cual resulta en un incremento originado por el incremento del número de pedidos estimados dada la concordancia con la frecuencia de revisión de las existencias.

Tabla 5-1 Comparación de costo por pedir y revisar en el horizonte de evaluación

	Actual	Propuesto	
		Año 1	Año 2
<b>Costo de pedir</b>	S/. 10,231.31	S/. 21,612.98	S/. 20,928.83
<b>Costo de revisar</b>	S/. 63,575.45	S/. 12,168.34	S/. 11,740.32

Elaboración propia

En contraposición, los costos de revisión se ven reducidos, pasando de los S/.63,575.45, calculados a partir de la estructura de costos de la gestión de existencia, a un valor menor en un 80.9% en el primer año, y en 81.5% con la política propuesta. Esto es debido la reducción de su frecuencia, pasando de ser semanal a valores mensuales según sea el caso. Esto reduce en gran medida el costo relacionado a su revisión. En la Tabla 5-1 se muestra el detalle.

### 5.1.2 Impacto sobre los costos de mantener las existencias

A partir de la definición diferenciada de niveles de servicio, niveles de inventario máximo y de stock de seguridad, la propuesta de mejora tiene como uno de los resultados potenciales de su implementación, el reducir el inventario promedio con el cual cuenta JV Importaciones en un 42% el primer año y en un 66.2% en el segundo año, asociándolo a una reducción en el costo de mantenerlo en igual proporción.

Tabla 5-2 Comparación de costo por mantener existencias en el horizonte de evaluación

	Actual	Propuesto	
		Año 1	Año 2
<b>Inventario Promedio</b>	S/. 1,358,550.81	S/. 787,640.02	S/. 459,714.90
<b>Costo de mantener</b>	S/. 288,166.52	S/. 167,068.82	S/. 97,511.59

Elaboración propia

### 5.1.3 Impacto sobre costos por faltantes

Asimismo, al contrastar el desempeño actual de la empresa, cuyo cálculo y prorrateo se realizó en razón de la proporción de número de ventas atribuida a cada familia de productos. La notoria reducción del número de stockouts en un 84.2%, pasando de 549 a 67 en el primer año

y aproximadamente 87 en el segundo, y de costo de faltantes en un 32.2% en el primer año, reduciéndose de S/. 63,048.87 a S/. 42,771.16, y en un 38.8% en el segundo.

Tabla 5-3 Comparación de costo por faltantes en el horizonte de evaluación

	Propuesto		
	Actual	Año 1	Año 2
<b>N° de Stockouts</b>	549	67	87
<b>Costo de faltantes</b>	S/. 63,048.87	S/. 42,771.16	S/. 38,566.09

Elaboración propia

#### 5.1.4 Impacto de las mejoras sobre el costo total relevante

En la Tabla 5-4 se presenta el consolidado de los componentes del costo total relevante de ambos escenarios, siendo el único desempeño negativo el de los costos de pedido por los motivos antes explicados. En general se obtiene un ahorro del 60.3% con respecto a la situación actual, esto ya vislumbra un panorama muy favorable para la implementación de las propuestas presentadas.

Tabla 5-4 Consolidado de impactos en el costo total relevante

AÑO 1					
	COSTO PEDIR	COSTO REVISIÓN	COSTO MANTENER	COSTO POR FALTANTES	TRC ANUAL
<b>TRC ACTUAL</b>	S/. 10,231.31	S/. 63,575.45	S/. 288,166.52	S/. 63,575.45	S/. 425,548.73
<b>TRC PROPUESTO</b>	S/. 21,612.98	S/. 12,168.34	S/. 167,068.82	S/. 42,771.16	S/. 243,621.31
<b>AHORROS/COSTOS</b>	S/. -11,381.67	S/. 51,407.11	S/. 121,097.70	S/. 20,804.29	<b>S/. 181,927.42</b>
AÑO 2					
	COSTO PEDIR	COSTO REVISIÓN	COSTO MANTENER	COSTO POR FALTANTES	TRC ANUAL
<b>TRC ACTUAL</b>	S/. 10,231.31	S/. 63,575.45	S/. 288,166.52	S/. 63,048.87	S/. 425,022.15
<b>TRC PROPUESTO</b>	S/. 20,928.83	S/. 11,740.32	S/. 97,511.59	S/. 38,566.09	S/. 168,746.82
<b>AHORROS/COSTOS</b>	S/. -10,697.52	S/. 51,835.13	S/. 190,654.93	S/. 24,482.78	<b>S/. 256,275.33</b>

Elaboración propia

#### 5.2 Inversión requerida del proyecto

Para el análisis de la inversión requerida para la implementación de las mejoras se ha considerado los gastos generados al lanzamiento del mismo (Año 0) y los que sostienen su operación (Año 1 y 2). Para la inversión inicial, la cual asciende a S/. 46,904.5, se ha tenido las siguientes consideraciones:

- Capacitaciones: las cuales se requerirán para instruir tanto a los empleados implicados en la gestión de los inventarios (operarios del almacén) como a los directivos

implicados en las áreas de mejora (jefe de ventas, jefe de almacén y gerente de logística). El costo de horas hombre se calculó a partir de la combinación del personal implicado. También se incluyó el costo de la asesoría para la implementación del presente proyecto, la cual incluye el desarrollo del plan de capacitación del personal.

- Software: en este apartado se incluyó el costo del software requeridos para el desarrollo de la estrategia de pronósticos. No se incluyó el costo del software POM para Excel o R Project debido a que ambos son de descarga gratuita.
- Inmobiliario: para brindar las condiciones de trabajo necesarias para el personal adicional que requerirá el proyecto.

Tabla 5-5 Cálculo de la inversión requerida y costos de operación

**INICIAL (Año 0)**

	Costo Unitario	Cantidad requerida	Costo total
<b>CAPACITACIONES</b>			
Administrativos (H-H)	S/. 109.38	80	S/. 8,750.00
Operarios de almacén (H-H)	S/. 65.10	120	S/. 7,812.50
Costo Asesor Capacitador	S/. 120.00	200	S/. 24,000.00
<b>SOFTWARE</b>			
Minitab 17	S/. 4,933.50	1	S/. 4,933.50
Eviews 9	S/. 5,758.50	1	S/. 5,758.50
<b>INMOBILIARIO</b>			
Computadora	S/. 1,900.00	3	S/. 5,700.00
Licencias	S/. 1,650.00	3	S/. 4,950.00
Instalación	S/. 350.00	3	S/. 1,050.00
Escritorio	S/. 250.00	3	S/. 750.00
			S/. 46,904.50

**CONSTANTE (Año 1 y 2)**

PERSONAL	Costo Unitario	Cantidad requerida	Costo total
Analista Planeamiento	S/. 37,440.00	1	S/. 37,440.00
Analista COMEX	S/. 51,840.00	1	S/. 51,840.00
Analista Almacén	S/. 43,200.00	1	S/. 43,200.00
			S/. 132,480.00

SOFTWARE	Renovación	Cantidad requerida	Costo total
Minitab 17	S/. 2,953.50	1	S/. 2,953.50
Eviews 9	S/. 1,864.50	1	S/. 1,864.50
Office 365	S/. 190.00	3	S/. 570.00
			S/. 5,388.00

Elaboración propia

La inversión constante en los dos años de evaluación del proyecto considera los sueldos anuales de los tres analistas a contratarse para desarrollar y ejecutar las propuestas de mejora, este se multiplicó por una proporción de dedicación a las familias evaluadas. El analista de planeamiento se encargará del desarrollo de los pronósticos y planeación de la gestión de todas

las familias de productos, por lo que aproximadamente se dedicará un 60% del tiempo a las dos familias de productos (en base a la proporción del monto de ventas generado por estas). En tanto, el analista de COMEX (comercio exterior) apoyará al gerente de logística en los ahora más frecuentes procesos de importación, asignándole un 90% del tiempo a la gestión de las dos familias, el cual hace referencia al volumen de importaciones representados por los parches y cámaras. Finalmente, el analista de almacén dedicaría un 80% de su tiempo al trabajo de control de las existencias, su revisión y actualización en el software correspondiente.

### 5.3 Evaluación de la factibilidad económica del proyecto

Empleando los ahorros e inversión asociados a la implementación de la propuesta de mejora, se ha desarrollado el flujo de caja en el horizonte de evaluación del proyecto, el cual es de dos años. Este horizonte concuerda con el período de validez de los modelos de pronósticos seleccionados y los parámetros de la gestión de inventario calculados (luego este período se deberá recalcular). Asimismo, el costo de las capacitaciones y asesoría en la implementación de las mejoras se fraccionó en un 30% de pago al inicio del proyecto (Año 0) y un 70% que se irá cancelando conforme se desarrollen las actividades a lo largo del primer año.

El flujo de caja para la evaluación económica del proyecto de mejora se presenta en la Tabla 5-6, con una inversión inicial total de S/. 46,904.50 y un resultado positivo de S/. 182,835.33 y S/. 195,649.10 en los años 1 y 2 respectivamente. El detalle se encuentra en el Anexo 25.4.

Tabla 5-6 Flujo de caja del proyecto

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2
<b>AHORROS</b>		S/. 181,927.42	S/. 256,275.33
<b>INVERSIÓN/COSTOS</b>	S/. 46,904.50	S/. 154,668.00	S/. 170,134.80
<b>RESULTADO POR PERÍODO</b>	S/. -46,904.50	S/. 27,259.42	S/. 86,140.53

Elaboración propia

Finalmente se presentan los indicadores de evaluación de la inversión en la Tabla 5-7. Con estos valores se concluye que se debe aceptar la propuesta de inversión: el TIR es mucho mayor al COK y el VAN presenta un valor positivo de S/. 46,104.97.

Tabla 5-7 Indicadores de evaluación de la inversión

<b>COK</b>	12%
<b>TIR</b>	67.7%
<b>VAN</b>	S/. 46,104.97

Elaboración propia

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta sección se presentarán las conclusiones y recomendaciones resultantes del desarrollo del presente trabajo de aplicación en la empresa JV Importaciones.

### 6.1 Conclusiones

- El presente proyecto de tesis presenta una serie de propuestas para la selección de metodologías de pronósticos y para el control conjunto de las existencias, las cuales han generado de forma sinérgica un diferencial de costo total relevante de S/. 181,927.42 en su primer año de operación, representando un ahorro del 42.8%, y de S/.256,275.33 para el segundo año. De estos resultados y de la inversión requerida, se ha determinado un valor de VAN S/. 46,105.97 y un TIR del 67.7%, resultando ser un proyecto económicamente atractivo para la empresa.
- La técnica de control agregado de inventarios poseen un factor diferencial respecto a los métodos convencionales, debido a que brinda a la gerencia una visión global y estratégica para definir parámetros acertados para una buena práctica en el tratamiento de las existencias, de forma que no se busca la optimización individual, sino que la meta de la aplicación de las técnicas es de mejorar el desempeño integrado de la gestión de todos los artículos.
- La clasificación ABC multicriterios es una herramienta que permite conocer más a detalle los productos que se maneja y valorarlos según el impacto que estos generan en diversos criterios de valoración. En este proyecto posibilitó identificar que un poco más del 10% de los artículos tenía repercusión superior al 55% en el desempeño de los tres criterios estudiados, el 15% siguiente representaba el 30% aproximadamente y el 75% inferior explicaba el 15% restante. Esto ayuda a mejorar el enfoque de los esfuerzos desarrollados por la administración.
- La metodologías de pronósticos seleccionadas, en función al patrón de la demanda y su precisión, para cada ítem permitirán realizar una mejor planificación de operaciones a la administración, además de hacer factible el desarrollo de un cronograma de compras anuales (como se mostró en la evaluación de las mejoras) y su actualización o ajuste en el corto plazo.

- En la ejecución de la curva de intercambio probabilística se pudo observar que la aplicación de herramientas de control agregado de ítems demuestra mostrar beneficios sobre la de un control individual. Esto se evidencia en la selección de un nivel de servicio común para las tres categorías de artículos debido a que siempre representaba menos costos en comparación con el uso de niveles de servicio optimizado individualmente. En referencia a esta herramienta, es importante mencionar que se agregó al enfoque clásico de obtener un valor de K común, trasladándose sobre la misma curva de intercambio y que en búsqueda de la optimización del modelo se aplicó programación lineal, respetando los límites establecidos por la administración.
- El emplear un sistema de reabastecimiento conjunto genera un mayor costo anual de pedidos pero simplifica tremendamente la revisión de los mismos, además que permite el reabastecimiento coordinado de varios ítems relacionados, en el caso de este proyecto, por sus puertos de orígenes. Esto último facilitaba el cambio al sistema propuesto debido a que, salvo por la frecuencia mayor de pedidos, se mantenía el mismo criterio actual de importación. Esta mayor frecuencia podría traer beneficios en las relaciones comerciales en el largo plazo.
- La inversión requerida para implementar políticas formales y adecuadas a las características de la empresa JV Importaciones, respecto a los inventarios y los pronósticos tiene una recuperación en el mediano plazo (primer año de ejecución), además que presenta cuantiosos beneficios cuantitativos, como se ha demostrado retribuyendo en los ingresos y rentabilidad de las empresas de estudio, también lo hace en el aspecto cualitativo, pues genera un mayor orden en las operaciones y facilita la administración de las mismas.
- El resultado positivo de los indicadores TIR (67.7%) y VAN (S/. 46,104.97) se sustenta en el relativo bajo costo de la implementación de una propuesta de mejora como la presentada en el presente proyecto de tesis. Dado que las mejoras son primordialmente de gestión y administración, no requiere de inversiones cuantiosas en bienes o equipos. Lo más costoso en este caso fue el pago a los especialistas que se encargaran de la ejecución y sostenibilidad de las mejoras en el tiempo.

## 6.2 Recomendaciones

- Es importante señalar la necesidad de ampliar el espectro histórico de la data disponible para potenciar los modelos de pronósticos, así como para permitir evaluación temporal a largo plazo de los indicadores de gestión de inventarios. Esto se irá logrando con el tiempo debido a que por el momento la empresa solo lleva registrando un año completo de ventas, compras y movimientos de inventario. La obtención de dicha mayor información se dificultó en gran medida para los años anteriores al 2014 debido a que no contaban con ningún software de registro de operaciones comerciales y logísticas, es a razón de esto que no se rastreó las demandas de más años excepto para los artículos de clase A por lo imperativo de la precisión en sus pronósticos.
- Si bien en el presente trabajo se consideró un costo unitario no variable para cada artículo, en la práctica esto no es así, sobre todo para el caso de importaciones, en las cuales variables como el tipo de cambio pueden tener un alto impacto en la capacidad de compra de la compañía. Además de esto, la existencia de períodos en los cuales los fletes de importación son mucho más bajos y otros en los que pasa todo lo contrario, orientan a una recomendación comercial: generar estacionalidad ficticia. Esto se puede lograr ofreciendo descuentos por temporadas de compra, tratando de aglomerar la demanda en determinados períodos del año en los que se minimice el costo de importación.
- El control del desempeño de los pronósticos debe ser constante y sostenido en el tiempo para poder asegurar su pertinencia y precisión, lo cual puede acarrear beneficios a la administración en cuanto a la estimación no solo de sus necesidades, sino de la fuerza de ventas necesaria mensualmente, pudiendo realizar un cronograma de vacaciones, por ejemplo.
- Se recomienda para futuras aplicaciones de la clasificación multicriterios, evaluar la posibilidad de generar una ponderación no equitativa para cada criterio en conformidad con las prioridades competitivas de la compañía. Asimismo, se podría evaluar el incluir un criterio adicional que relacione la diferencia en los tiempos de aprovisionamiento de cada artículo.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, V. (1998). Logística empresarial moderna: Conceptos y aplicaciones. *Concytec*, 246.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro. Quinta Edición*. México: Editorial Prentice Hall.
- Carreño, A. (2011). *Logística de la A a la Z*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Castro, N. A. (2015). "*Diagnóstico y propuesta de mejora en la Gestión de inventarios y Distribución de Almacén en una Importadora de juguetes aplicando el modelo de SCOR y herramientas de pronóstico*". Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6282>
- Chase, R., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros. Duodécima edición*. México: Editorial McGraw-Hill.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro. Quinta edición*. México: Editorial Prentice Hall.
- Dominguez, J. A., Garcia, S., Dominguez, M. A., Ruiz, A., & Alvarez, M. J. (1995). *Dirección de operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Primera edición*. Madrid: Editorial McGraw-Hill.
- Durbin, J. (1970). Testing for serial correlation in least-squares regression when some of the regressors are lagged dependent variables. *Econometrica*, 410-421.
- Durbin, J., & Watson, G. (1950). Testing for serial correlation in least-squares regression. I. *Biometrika*, 409-428.
- Eaves, A., & Kingsman, B. (2004). Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Spare. *Journal of the Operational Research Society*, 431-437.
- Faccio, M., Sgarbossa, F., & Callegaro, A. (2009). *Forecasting Method for Spare Parts Demand*. Roma: Universidad Degli Studi Di Padova. Facultad de Ingeniería. Departamento de técnica y gestión de Sistema Industrial.
- Garzón, A. F., & Rendón, L. J. (2012). "*Aplicación de un Sistema Conjunto de Reabastecimiento para el Control de Inventarios de una empresa comercializadora de repuestos importados*". Santiago de Cali: Universidad ICESI. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial.
- Ghobbar, A., & Friend, C. (2002). Sources of intermittent demand for aircraft spare parts. *Journal of Air Transport Management*, 221-231.
- Hanke, J., & Wichern, D. (2006). *Pronósticos en los negocios. Octava Edición*. México: Editorial Pearson Educación.

- Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de administración de operaciones*. México: Editorial Pearson Educación.
- Hidalgo, L. (2 de Marzo de 2015). "Este año los consumidores serán más exigentes, pedirán bueno, bonito y barato". *Diario Gestión*, págs. 20-21.
- Hopp, W., & Spearman, M. (2000). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. New York: Editorial McGraw-Hill.
- Kotz, S., & Johnson, N. (1992). *Breakthroughs in Statistics. Volume II*. New York: Springer New York.
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México: Pearson Educación.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2013). *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de suministro. Décima edición*. México: Editorial Pearson Educación.
- Mahadeva, L., & Robinson, P. (2004). *Unit Root Testing to help Model Building*. London: Bank of England.
- Laguna, O. (5 de Marzo de 2015). Centrum Católica: Economía crecería este año igual o menos que en el 2014. *Diario Gestión*, pág. 2.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la Producción y las Operaciones*. Editorial McGraw-Hill.
- Párraga, J. A. (2011). "Investigación, análisis y propuesta de políticas de planeamiento y control de inventarios para el sector comercial de productos siderúrgicos". Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1005>
- Ross, D. F. (2015). *Distribution Planning and Control: Managing in the Era of Supply Chain Management*. New York: Springer Science+Business Media.
- Sargan, J., & Bhargava, A. (1983). Testing Residuals from Least Squares Regression for Being Generated by the Gaussian Random Walk. *Econometrica*, 153-174.
- Silver, E., Pyke, D., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Third Edition*. New York: Editorial John Wiley & Sons.
- Syntetos, A., & Boylan, J. (2005). The Accuracy of Intermittent Demand Estimates. *International Journal of Forecasting*, 303-314.
- Thomopoulos, N. (2015). *Demand Forecasting for Inventory Control*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Van Houtum, G.-J., & Kranenburg, B. (2015). *Spare Parts Inventory Control under System Availability Constraints*. New York: Springer Science+Business Media.
- Williams, T. (1984). Stock Control with Sporadic and Slow-moving Demand. *Journal of the Operational Research Society*, 39-48.

Gutiérrez, V., & Vidal, C. J. (2008). Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: Revisión de la literatura. *Revista Facultad de Ingeniería*, (43), 134–149.

Parada, O. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios, *22(38)*, 169–187.

Ramos, K. V., & Flores, E. M. (2013). Análisis y propuesta de implementación de pronósticos, gestión de inventarios y almacenes en una comercializadora de vidrios y aluminio. Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4498>

Rau, J. A. (2010). Evaluación Agregada : Una Innovación en la Gestión de Inventarios en una Empresa de Alimentos de consumo masivo, 1–10. [En línea]. Fecha de consulta: 15 de abril de 2015. Disponible en: [http://www.laccei.org/LACCEI2010-Peru/published/IE052\\_Rau.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2010-Peru/published/IE052_Rau.pdf)

Sarmiento, I. (2012). Diseño de un modelo de Gestión de Política de Inventario para una cadena de tiendas de moda. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Retrieved from [http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24794/1/MASTER\\_GESTION\\_DE\\_LA\\_PRODUCTIVIDAD\\_Y\\_CALIDAD\\_INGRID\\_SARMIENTO\\_TORRES\\_2012.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24794/1/MASTER_GESTION_DE_LA_PRODUCTIVIDAD_Y_CALIDAD_INGRID_SARMIENTO_TORRES_2012.pdf)

Vidal, C. J. (2005). *Fundamentos de gestión de inventarios* (Tercera ed). Santiago de Cali: Editorial Artes Gráficas de la Facultad de Ingeniería – Universidad del Valle.

Zuluaga, C. A. C., Gallego, M. C. V., & Urrego, J. A. C. (2011). Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y efectos en la asignación de pesos. *Iteckne*, 8(2), 163–170. Retrieved from <http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/ITECKNE/article/view/35/15>