

# Evaluación Agregada: Un Sistema de Control Conjunto y Estrategia de Pronósticos en una Empresa Importadora y Distribuidora

J. Rau Alvarez, Magíster, J. Jeri Huamán, Ingeniero  
Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, jrau@pucp.edu.pe, cesar.jeri@pucp.pe

*Abstract— This article presents forecasting strategies and aggregate control of inventories with probabilistic demand in an importing and trading company.*

*The objective is to show the potential economic and strategic benefits offered using forecasting methodologies for operational planning and the application of coordinated item control policies, which is a better practice than individual optimization of articles.*

*Keywords—forecast, probabilistic demand, exchange curve*

## 1. INTRODUCCIÓN

La actualidad peruana viene afrontando un horizonte de desaceleración económica en el macroentorno del país, lo cual genera un pronóstico más conservador en el desarrollo nacional (PBI) con tasas de crecimiento casi al mismo nivel que el 2.35% registrado el 2014, 3.26 en el 2015, 3.8 en 2016 y se estima 4.3 para el 2017 [1]. Esto sumado a la devaluación de la moneda nacional respecto al dólar americano en los últimos años, 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.

Es importante 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 reporte de Hidalgo [2] sobre el análisis R. 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.

## 2. RESUMEN DESCRIPTIVO DEL NEGOCIO

### 2.1 Nombre Y Tipo De Proyecto.

El nombre del proyecto es “Sistema de control conjunto y estrategia de pronósticos en una empresa importadora y distribuidora”, el cual se basa en la operación de la empresa JV Importaciones, dedicada al comercio de artículos para el mantenimiento vehicular, propietaria de un almacén central y

dos puntos de ventas, en distintos distritos de Lima Metropolitana.

### 2.2. La empresa JV Importaciones.

La empresa inició formalmente sus operaciones a escala local, desde el año 2009. En el 2011 se dio inicio a los primeros procesos de importación, ante mayores requerimientos de la demanda, ante la compra local no le brindaba ventaja competitiva en cuanto a costos. Al principio solo se nacionalizaba mercancía procedente de Brasil, a través de la marca Schrader, y de China con algunos proveedores menores. Actualmente, JV Importaciones 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 cuenta con dos marcas propias llamadas Super Bull y S&M, manufacturadas en China y se convirtió en representante a nivel nacional de la marca ARL (llantas, cámaras y guarda cámaras), además de consolidarse como distribuidor exclusivo de la marca Schrader.

## 3. FUNDAMENTOS

### 3.1 Pronósticos

Los pronósticos son de importancia en toda organización de negocios pues representan las bases de una planeación corporativa en distintos niveles: corto, mediano y largo plazo. Un pronóstico es el resultado de elaborar la visión más probable de lo que será la demanda futura. Existen **patrones de demanda** más comunes [3][4], profundizan en otros comportamientos que son relevantes para el tipo de artículos que se estudiará en el presente trabajo. Para estos patrones son importantes dos parámetros diferenciadores:

- **Coefficiente de variación (CV):**

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

- **Intervalo promedio entre demandas (ADI):**

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

De acuerdo con los valores de estos indicadores que presente la serie temporal, puede ser clasificado en cuatro categorías [5] basándose en el criterio de Williams (1984):

Ver Figura 1.

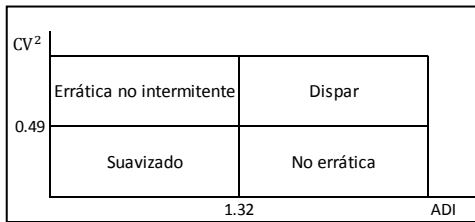


Figura 0. Intermitencia y aleatoriedad de series temporales

### a. Métodos de pronósticos

#### Método de ajuste exponencial simple

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.

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

#### 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.

$$\begin{aligned} S_{t+1} &= \alpha A_t + (1 - \alpha) (S_t + T_t) \\ T_{t+1} &= \beta (S_{t+1} - S_t) + (1 - \beta) T_t \\ F_{t+1} &= S_{t+1} + T_{t+1} \end{aligned}$$

#### 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 [6]

$$Y = a + bx$$

#### 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.

### b. Error de pronóstico

La selección de una técnica de pronósticos se debe sostener, en que si dicha técnica producirá errores de predicción que se juzgen como suficientemente pequeños [7]

### 3.2 Gestión de Inventarios

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 [8].

#### a. Costos que suponen las existencias

Para determinar una política adecuada de renovación de stocks requerimos conocer los costos asociados a las existencias: costos de compra, costos de emisión de pedidos, **costos de posesión**, y costos de rotura de stock [9].

#### Costos de posesión de inventarios

Aquellos costos que se incurren en la tarea de mantener inventarios en un período de tiempo dado.

El inventario promedio anual de la empresa ( $I_p$ ):

$$CPI = i * C * I_p$$

#### b. Nivel de servicio deseado para productos almacenados en forma continua

Esta metodología para el cálculo del nivel de servicio óptimo es adecuada 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. Se presentan dos escenarios:

- Toda la demanda que surge cuando hay desabasto del producto, quedando pendiente para satisfacerlo después.

-- Cuando se reabastece el inventario; toda la demanda que surge durante el periodo de desabasto del producto se pierde. El cálculo correspondiente para el nivel óptimo de servicio del ciclo, se ajusta al presentarlo para el segundo escenario:

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

#### c. Lote económico de compra

Esta técnica de lotificación de pedidos funciona de acuerdo a los supuestos de certeza de los modelos dinámicos determinísticos. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

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

### 3.3 Control conjunto de ítems

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 [10]. Las ventajas que presenta los sistemas de control conjunto de ítems son:

- El aprovechamiento de economías de escala.
- El ahorro en el costo total de realizar pedidos para adquisiciones, esto dado que al incluir más ítems en una orden.
- La facilidad de programación, en cuanto a las coordinaciones necesarias para el almacén como la recepción de materiales.

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

- El incremento en el nivel promedio de inventario
- Incremento en los costos de control
- La reducción de la flexibilidad (referente al nivel de servicio de ítems individuales).

#### a. Curvas de intercambio

Esta es una técnica empleada en la administración cuando se está interesado en medidas agregadas de eficiencia, constituidas por varios ítems individuales. Dada la característica probabilística de la demanda de interés, se expondrá solo la técnica de curva de intercambio variante de este tipo [10].

## Curva de intercambio probabilística

Es considerada como el tipo de curva de intercambio de mayor importancia por su gran aproximación con los sistemas de control de inventarios reales. Ver Figura 2.

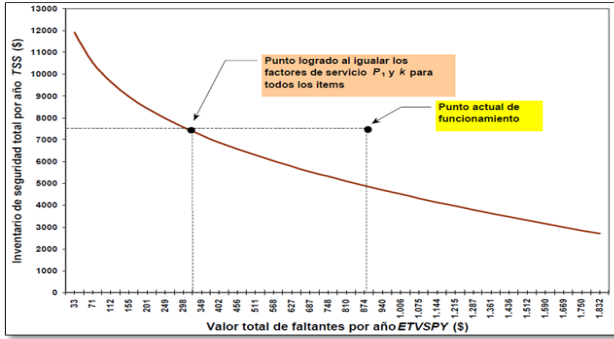


Figura 2. Curva de intercambio TSS (\$) vs. ETVSPY (\$) La metodología, explicada por Silver *et al.* (1998) [11], a emplear es la siguiente:

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 ( $P_1$ ):  $1 - p_u(k_i)$

Dónde:

$k$  = Factor de seguridad

$G_u(k)$  = Función especial de la distribución normal  $N(0,1)$

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, se debe proceder a uniformizar dicho indicador 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 para demanda probabilística

Es 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 [11].

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 incremente 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  $\Sigma\alpha = 1$ , 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:

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

### 3.4 Clasificación de artículos según su importancia

Un sistema de control de inventario eficiente 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 basa en el principio de Pareto.

#### a. Clasificación ABC con enfoque multicriterio

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 propone un análisis multicriterio [8].

#### 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 [12] en base a una amplia revisión de la literatura relacionada. 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.

#### 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.

### 3.5 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.

#### a. Test de raíz unitaria

Una raíz unitaria es una característica de los procesos que evolucionan a través del tiempo y que puede causar problemas en inferencia estadística en modelos de series de tiempo. Un proceso estocástico lineal tiene una raíz unitaria si el valor de la raíz de la ecuación característica del proceso es igual a 1, por lo tanto tal proceso es **no estacionario** [13]. Se parte del siguiente modelo:

$$X_t = \rho X_{t-1} + u_t$$

Donde  $-1 \leq \rho \leq 1$ . Si  $\rho=1$  se trata de un caso de raíz unitaria.

**b. Contraste de Dickey-Fuller aumentado**

El test de Dickey-Fuller (DF) se basa en la siguiente regresión:

$$\Delta X_t = \delta X_{t-1} + u_t$$

Donde  $\delta = (\rho - 1)$

La hipótesis testeada es  $H_0: X_t$  no es I (0), contra  $H_1: X_t$  es I (0). Ho se rechaza si el estimador de  $\delta$  es negativo y significativamente diferente de cero.

El test de Dickey-Fuller aumentado (ADF) adiciona los valores rezagados de la variable dependiente, obteniendo la siguiente expresión:

$$\Delta X_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta X_{t-1} + \sum_{i=1}^r \gamma_i \Delta X_{t-i} + u_t$$

Al igual que en otras pruebas estadísticas, el valor de alfa ( $\alpha$ ) resultante de la aplicación de este contraste, permitirá la aceptación o rechazo de la hipótesis nula y por tanto la determinación de estacionalidad de la serie de tiempo analizada.

**c. Estadístico de Durbin-Watson**

El Test de Durbin-Watson permite evaluar si existe autocorrelación en una regresión, ya sea simple o múltiple. Con ello se pretende ver si los valores presentan algún tipo de dependencia en cuanto al orden de obtención [14].

El test en mención se basa en la siguiente expresión:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

Será de interés obtener un escenario de evaluación del modelo en el cual se asegure la ausencia de autocorrelación, pues esto válida el modelo para el test de raíz unitaria.

**4. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En esta parte se mostrará 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.

**4.1 Comportamiento de ventas y compras**

**a. Diagnóstico de ventas**

Las ventas de JV Importaciones han venido creciendo a lo largo de los años de forma sostenida para así elevarse en valores anuales cercanos a los cinco millones de soles.

**b. Diagnóstico de compras**

En el caso de las compras, como se mencionó 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).

En el 2014, si bien las operaciones no presentaron variaciones tan radicales, aun así muestran picos muy altos (\$ 817,844) y valores bajos en comparación (\$ 6,882) 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. Ver Figura 3.

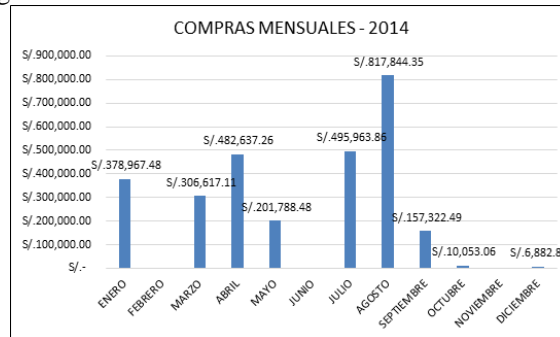


Figura 3. Compras mensuales 2014 – JV Importaciones

**4.2 Análisis de áreas funcionales**

Los valores de costos relacionados a cada área se puede observar en la Tabla 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. El área crítica es Logística.

Tabla 1. Costo Anual de Áreas Funcionales

ÁREA FUNCIONAL	MONTO ANUAL
ADMINISTRACIÓN	S/. 208,019.00
VENTAS	S/. 216,422.50
LOGÍSTICA	S/. 3,312,827.26
CONTABILIDAD Y FINANZAS	S/. 108,297.50

**4.3 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 desagregaran las operaciones de la misma en tres sub-áreas claves [9]: Inventarios, Almacenes y Transporte. Ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Costos totales de las sub-áreas de logística

SUBÁREAS	COSTO ANUAL
Inventarios	S/. 3,162,805.54
Almacenes	S/. 178,559.50
Transporte	S/. 109,860.35

Como agregado importante a este análisis, siguiendo los costos que suponen las existencias [9], 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.

**4.4 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, 108 registradas, por lo que se hizo necesario limitar el alcance del caso de estudio. Ver la figura 4.

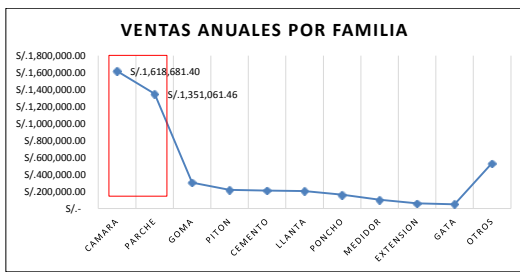


Figura 4. Monto de ventas por familia de productos  
Es así que se mediante un análisis de los ingresos generados por cada familia de artículo en el año 2014.

#### 4.5 Diagnóstico de la problemática actual

##### a. Diagrama Causa – Efecto

Para cada uno de estos problemas se identificó una causa raíz inicial 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 tabla 3.

Tabla 0 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

Al aplicar el proceso de análisis jerárquico (AHP) a estos criterios se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 4 siguiente:

Tabla 4. 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%

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. Ver tabla 5.

Tabla 5. 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
<b>PROBLEMÁTICAS RAÍCES</b>	42%	24%	15%	19%		
Periodo 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%

#### 4.6 Análisis y diagnóstico de los productos principales

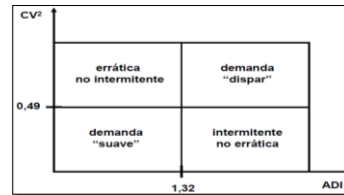
Se explorará a mayor detalle la situación actual de las familias de parches y cámaras.

##### a. 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 6 se puede visualizar dichas reglas.

Tabla 6. 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



Como desarrollo de dicho análisis, se obtuvieron los resultados presentados en la figura 5 por cada familia

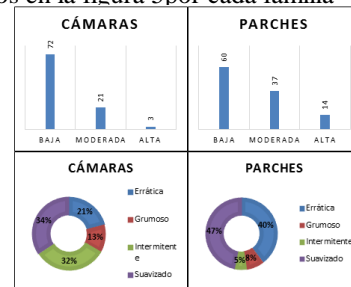


Figura 5. Variabilidad de cámaras y parches

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 de la clasificación, según la matriz de clasificación [15], 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).

##### b. Análisis y diagnóstico de la Gestión de Inventarios previo al estudio

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.

Ver la figura 6, sobre los indicadores de gestión de inventarios.

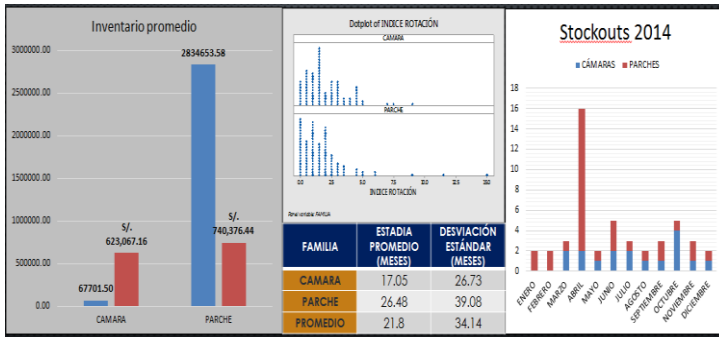


Figura 6. Índices de gestión de inventarios

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, previo al estudio no es posible estimar el tamaño de lote de compra adecuado para cada ítem.

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.

Previo al estudio, 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.

## 5. PLAN METODOLÓGICO DE LA PROPUESTA DE MEJORA

Haciendo uso de lo analizado y diagnosticado en el punto anterior, se identificaron los instrumentos necesarios para contrarrestar las principales causas raíces de la problemática actual de la empresa JV Importaciones, estableciendo las siguientes etapas de ejecución:

- Clasificación ABC Multicriterio: Considerando los más de 200 SKUs con los que cuentan las dos familias que se atenderán. Se considerarán tres variables como son los de frecuencia de venta, costo de ventas y margen de contribución.
- Desarrollo de una estrategia de Pronósticos: Con la finalidad de mejorar la planificación de las necesidades en la cadena de suministro, buscando que sea acorde al comportamiento y naturaleza de la demanda.
- Definición de una Política de Gestión de Inventarios: 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 probabilísticas, las cuales permitirán definir el nivel de servicio más adecuado según lo deseado por la administración y un enfoque de costos.

## 6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA

La aplicación de las herramientas se ajustará a las características que presenta los artículos estudiados: demanda probabilística, lead times variables e impactos en resultados financieros.

### 6.1 Clasificación ABC Multicriterio

Basándose en la relación de criterios de clasificación multicriterio [12] 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. Ver tabla 7.

Tabla 7. Resultados finales del ABC multicriterio

Clasificación	Cantidad de Productos	% Frecuencia Acumulada	% Costo Acumulado	% Beneficio Acumulado
A	22	59.53%	55.07%	54.23%
B	31	86.88%	80.00%	80.03%
C	154	100.00%	100.00%	100.00%

### 6.2 Estrategia de pronósticos

En este acápite se desarrolló una estrategia en el uso de pronósticos para la empresa JV Importaciones debido a que se expuso en el análisis de la situación antes de su aplicación, no contaba con un proceso formal en la planificación de sus necesidades futuras. Esto le ocasionaba problemas 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, al desarrollarse esta metodología de pronóstico que permite estimar las necesidades de la compañía, así como asociarla a una gestión formal de inventarios, consigue hacer posible un cronograma de compras conjunto con sus proveedores, el cual se espera reducir los tiempos de reaprovisionamiento antes del estudio.

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

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se aprecia este proceso de decisión.

Tabla 8. Estrategia para la evaluación de pertinencia de modelo de pronóstico

CLASIFICACIÓN	ESTACIONALIDAD	PATRÓN DE DEMANDA				MODELO	
		SUAIVIZADO	ERRÁTICO	INTERMITENTE	GRUOSO	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>	

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. Estos diferenciados niveles de análisis por clasificación de artículos se inspiraron en la diferencia de esfuerzos en la administración de artículos por clases [12]. Se muestra solo de la clase A:

Pronósticos clase A:

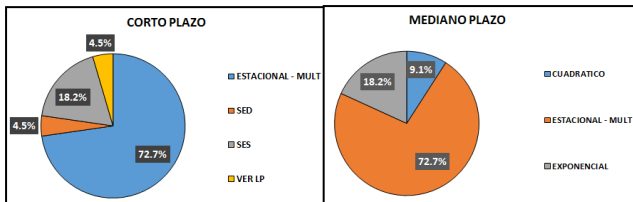


Figura 7. Resultado del modelo de pronóstico categoría A

### 6.3 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), 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 para artículos con demanda probabilística [12], una variación refinada del sistema periódico de reabastecimiento conjunto clásico [16][10]. Para la aplicación del método mencionado, se determinó 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.

#### a. 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 9

Tabla 9. Agrupación de Ítems para reabastecimiento conjunto

Puerto	País de origen	N° de marcas
Busan	Corea del Sur	1
Jakarta	Indonesia	2
Nacional	Perú	15
Nhava Sheva	India	1
Ningbo	China	3
Quingdao	China	1
Santos	Brasil	3

#### b. Costos relacionados

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 y el costo menor de la orden de un artículo.

#### c. Desarrollo del sistema de revisión periódica

##### Sistema de reabastecimiento - Clase A

-El tiempo entre revisiones es en meses, unidad de tiempo común para la política.

-12 artículos se revisan mensualmente (Corea del Sur, y Nacionales), 7 cada dos meses (Brasil e India) y 3 cada tres meses (China). Ver la Figura 8.

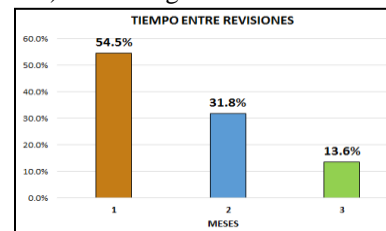


Figura 8. Tiempo de revisiones de la Clase A

#### 6.4 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 [10], 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.



## Desarrollo de la metodología

Es 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 es 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 caso e estudio 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. Entonces, 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. Para este artículo se considerará solo la clase tipo A, más al detalle.

### a. Curva de intercambio probabilística para Ítems clase A

Se desarrollaron tres escenarios de comparación: un valor de K óptimo, obtenido a partir del nivel de servicio óptimo calculado [16]; un valor de K común o balanceado [10], 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 10 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. ver Figura 8, la curva de intercambio de los artículos tipo A.

Tabla 10. Nivel de servicio Ítems tipo A

K-propuesto	2.04	COSTO MANTENERSS	COSTO POR FALTANTES	COSTO TOTAL	NIVEL DE SERVICIO
Nivel de Servicio (P1)	97.9%				
Nivel de Servicio (P2)	99.66%				
SITUACIÓN K-Óptimo		S/. 22,045.40	S/. 23,883.94	S/. 45,929.33	VARIADO
SITUACIÓN K-Balanceado		S/. 22,091.33	S/. 22,963.83	S/. 45,055.16	92.6%
SITUACIÓN K-Máx		S/. 31,067.12	S/. 5,334.88	S/. 36,401.99	97.9%

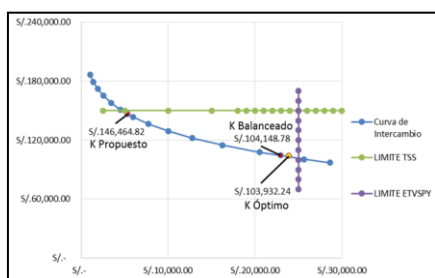


Figura 9. Curva de intercambio de la clase A

## 6.5 Evaluación de los cambios de mejora

Habiéndose desarrollado individualmente cada una de las propuestas de mejoras, en la Tabla 11 se presenta el consolidado de las mejoras 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 posibilitem 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 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.

Tabla 11. 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 300-185 & M TR-4	A	ESTACIONAL- MULTIPLICATIVO		3	97.9%	2.04
CAMARA 300-185SWALLOW TR4	A	ESTACIONAL- MULTIPLICATIVO		2	97.9%	2.04
CAMARA FR-13 SUPER BULL PREMIUM 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 700-165 SUPER BULL PREMIUM TR177A	A	SES	AJUSTE EXPONENCIAL	1	97.9%	2.04
CAMARA 750-165 SUPER BULL PREMIUM TR177A	A	SED	AJUSTE CUADRATICO	1	97.9%	2.04
CAMARA 825-165 SUPER BULL PREMIUM TR177A	A	SES	AJUSTE EXPONENCIAL	1	97.9%	2.04
CAMARA ER-12 SUPER BULL PREMIUM TR-13	A	ESTACIONAL- MULTIPLICATIVO		1	97.9%	2.04
CAMARA FR-14 SUPER BULL PREMIUM TR-13	A	ESTACIONAL- MULTIPLICATIVO		1	97.9%	2.04
CAMARA KR-15 SUPER BULL PREMIUM TR-13	A	ESTACIONAL- MULTIPLICATIVO		1	97.9%	2.04
CAMARA KR-16 SUPER BULL PREMIUM 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 SBRCLIO	A	SES	CUADRATICO	2	97.9%	2.04
PARCHE VIPAL VD2	A	VER.LP	EXPONENCIAL	1	97.9%	2.04

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 hasta junio del 2015.

Tabla 12. Simulación de las mejoras Parche Schrader SBR1

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

Estos valores fueron de gran utilidad al analizar la viabilidad económica del proyecto.

## 7. BENEFICIOS

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. Análisis integral del impacto de las mejoras mediante el enfoque de costo total relevante

- Reducción del inventario promedio en 66.3%
- Costo total relevante reducido en un 60.3%, explicado principalmente por los ahorros en mantenimiento de existencias y costos por revisiones.
- TIR resultante mayor al costo de oportunidad: beneficioso

Tabla 7. Consolidado de impactos en el costo total relevante

	COSTO PEDIR	COSTO REVISIÓN	COSTO MANTENER	COSTO POR FALTANTES	TRC ANUAL
TRC ACTUAL	S/. 10,231.31	S/. 63,575.45	S/. 288,166.52	S/. 63,048.87	S/. 425,022.15
TRC PROPUESTO	S/. 20,928.83	S/. 11,740.32	S/. 97,511.59	S/. 38,566.09	S/. 168,746.82
AHORROS/COSTOS	S/. -10,697.52	S/. 51,835.13	S/. 190,654.93	S/. 24,482.78	<b>S/. 256,275.33</b>

## 8. CONCLUSIONES

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

- El presente proyecto 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.

- El desempeño de las técnicas de control conjunto de ítems resulta más beneficioso que la optimización individual, tanto económicamente como en la administración, facilitando el desarrollo y control de políticas
- 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 permitió 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.

## REFERENCIAS

- [1] Laguna, O. (5 de Marzo de 2015). Centrum Católica: Economía crecería este año igual o menos que en el 2014. *Diario Gestión*, pág. 2.
- [2] Hidalgo, L. (2 de Marzo de 2015). "Este año los consumidores serán más exigentes, pedirán bueno, bonito y barato". *Diario Gestión*, págs. 20-21.
- [3] Eaves, A., & Kingsman, B. (2004). Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Spare. *Journal of the Operational Research Society*, 431-437.
- [4] 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.
- [5] Syntetos, A., & Boylan, J. (2005). The Accuracy of Intermittent Demand Estimates. *International Journal of Forecasting*, 303-314.
- [6] Chase, R., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*. Duodécima edición. México: Editorial McGraw-Hill.
- [7] Hanke, J., & Wichern, D. (2006). *Pronósticos en los negocios*. Octava Edición. México: Editorial Pearson Educación.
- [8] Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2013). *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de suministro*. Décima edición. México: Editorial Pearson Educación
- [9] Carreño, A. (2011). *Logística de la A a la Z*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [10] 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.
- [11] Silver, E., Pyke, D., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. Third Edition. New York: Editorial John Wiley & Sons.
- [12] 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>
- [13] Sargan, J., & Bhargava, A. (1983). Testing Residuals from Least Squares Regression for Being Generated by the Gaussian Random Walk. *Econometrica*, 153-174.
- [14] Kotz, S., & Johnson, N. (1992). *Breakthroughs in Statistics. Volume II*. New York: Springer New York.
- [15] Ghobbar, A., & Friend, C. (2002). Sources of intermittent demand for aircraft spare parts. *Journal of Air Transport Management*, 221-231.
- [16] Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Quinta Edición. México: Editorial Prentice Hall.