

**DISEÑO DE UN MODELO DE CONTROL DE INVENTARIOS DE PRODUCTO
TERMINADO PARA UN INGENIO AZUCARERO UBICADO EN EL NORTE DEL
VALLE DEL CAUCA**

CARLOS GIOVANNI MUÑOZ SANABRIA

GABRIEL ANDRES VILLEGAS ALDANA

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2017**

**DISEÑO DE UN MODELO DE CONTROL DE INVENTARIOS DE PRODUCTO
TERMINADO PARA UN INGENIO AZUCARERO UBICADO EN EL NORTE DEL
VALLE DEL CAUCA**

**CARLOS GIOVANNI MUÑOZ SANABRIA
GABRIEL ANDRES VILLEGAS ALDANA**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR A TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

DIRECTOR. Msc. CARLOS ALBERTO ROJAS TREJOS

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2017**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2 JUSTIFICACIÓN	10
3 OBJETIVOS	11
3.1 OBJETIVO GENERAL	11
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
4 MARCO DE REFERENCIA	12
4.1 ESTADO DEL ARTE.....	12
4.2 MARCO TEÓRICO.....	18
4.2.1 Clasificación ABC	18
4.2.2 Clasificación ABC Multicriterio	21
4.2.3 Analisis de los datos historicos y patron de demanda.	24
4.2.4 Sistemas de pronósticos de demanda	28
4.2.5 Métodos para el cálculo del tamaño de lote	34
4.2.6 Sistemas del control del inventario.	36
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	39
4.3.1 Clasificación del inventario según su funcionalidad.....	40
4.3.2 Clasificación del inventario según su forma.	41
4.3.3 Costo de mantenimiento del inventario.....	41
4.3.4 Costos de almacenamiento y manejo	42
5 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE INVENTARIO DE LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO	42
6 CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO DE LOS ÍTEMS ELABORADOS POR LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO	49
6.1 GENERALIDADES	49
6.2 SELECCIÓN DE CRITERIOS.....	49
6.3 APLICACIÓN DEL MÉTODO SELECTIVO INTEGRAL	52
7 SELECCIÓN DE UN MODELO DE PRONOSTICOS PARA LOS ITEMS CLASE A.	52
7.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA	53

7.2	IMPLEMENTACIÓN DE PRONÓSTICOS	56
7.3	SEÑALES DE RASTREO Y OUTLIERS	57
8	DETERMINACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE CONTROL	60
8.1	COSTOS DE INVENTARIO	61
8.1.1	Costo de mantenimiento del inventario.....	61
8.1.2	Tasa del costo de mantenimiento del inventario, r.....	62
8.1.3	Costos de ordenamiento	62
8.1.4	Costo de los faltantes	63
8.2	PROPUESTA DE CONTROL DE INVENTARIOS Y CTR ASOCIADO	64
8.2.1	Metodología de la selección del sistema.....	65
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
10	BIBLIOGRAFÍA	75
11	ANEXOS	77

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente competitividad de las empresas que se mueven en mercados cada vez más globalizados y exigentes, se han buscado métodos que administren de forma eficaz las cadenas de abastecimiento, minimizando costos y optimizando recursos, logrando así un aumento de las utilidades y beneficios financieros.

La gestión y control de inventarios se ha convertido en una herramienta importante para la administración y manejo eficiente de los recursos tangibles de las empresas. Dentro de lo que corresponde al control de inventarios se encuentra el manejo de los puntos de rotación, forma de clasificación, la planeación y control de la producción. El objetivo de la mayoría de los modelos de inventarios es minimizar los costos totales.(Jay Heizer; Barry Render, 2008)

En las empresas de fabricación de productos alimenticios el uso eficiente de la gestión de inventarios es un punto crucial en la constante búsqueda de reducción de costos y aumento de la rentabilidad.

En particular las empresas dedicadas a la producción azúcar debido al tamaño de su participación en el mercado, deben consolidar modelos de gestión de inventarios que permitan administrar adecuadamente el volumen de referencias producidas, generando un impacto positivo en el reconocimiento de los factores que afectan la rentabilidad.

En la actualidad la producción de azúcar se encuentra entre los principales productos agropecuarios que el país consume y exporta. Según datos del informe anual presentado por Asocaña para el año 2015, el sector azucarero colombiano abarca 47 municipios en cinco departamentos (norte del Cauca, Valle del Cauca, sur de Risaralda, Quindío y Caldas) en los cuales existen aproximadamente 232070 hectáreas sembradas en caña de azúcar que abastecen a 13 ingenios de la región (Cabaña, Carmelita, Manuelita, María luisa, Mayagüez, Pichichí, Risaralda, San Carlos, Tumaco, Riopaila-Castilla, Incauca y Providencia.)

Según datos del mismo informe, el sector industrial dedicado a la producción de azúcar de caña vendió en el mercado nacional 1.6 millones de toneladas del producto y exportó 725 mil toneladas de azúcar por un valor de 313 millones de dólares, convirtiéndose en la cuarta agroindustria que mayores divisas genera al país después del café, las flores y el banano.

Actualmente la empresa objeto de estudio se enmarca en un proceso de rediseño de su modelo de política de inventarios con el objetivo de optimizar los tiempos de entrega de sus productos, minimizando los problemas de desabastecimiento de mercancía y roturas de inventario en la cadena de suministros.

Con base en lo anterior, el presente trabajo busca diseñar un modelo de control de inventarios de producto terminado para un ingenio azucarero ubicado en el norte del Valle Del Cauca. Para ello primero se realizará una caracterización del sistema actual de control y gestión de inventario de producto terminado de la empresa objeto de estudio. Luego, se realizará una

clasificación ABC multicriterio para los ítems o productos elaborados por la empresa. Posteriormente, se definirá un modelo de simulación de pronósticos para los ítems más representativos de la empresa caso de estudio. Finalmente, se establecerá la política de control de inventario de los ítems seleccionados.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión de un sistema de inventarios es una actividad transversal a la cadena de abastecimiento que constituye uno de los aspectos logísticos más complejos en cualquier sector de la economía. Las inversiones en los inventarios son cuantiosas y el control de capital asociado a las materias primas, los inventarios en proceso y los productos finales, constituyen una potencialidad para lograr mejoramientos en el sistema (Gutierrez, 2007).

La planeación y control de inventarios es importante a la hora de atender las variabilidades en la demanda de productos generadas por un mercado actual cambiante y activo y de los tiempos de reposición o lead times de productos, para responder a las necesidades de los clientes de la organización generando un nivel de servicio aceptable.

Todas las organizaciones mantienen inventarios. Los inventarios de una compañía están constituidos por materias primas, productos en proceso, los suministros que requeridos para el desarrollo de las operaciones de la empresa y los productos terminados.

Como lo explica (Vidal Holguin, 2005) las causas fundamentales para la necesidad del mantenimiento de inventarios en cualquier empresa son las fluctuaciones aleatorias de la demanda y de los tiempos de reposición ('Lead Times'). Dichas fluctuaciones se generan debido a la existencia de excesos y faltantes "Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o consume, y muchos agotados de lo que sí se vende o consume."

Es por ello que dentro de los objetivos principales que abordan la planeación y control de inventarios, quizá el más importante es el de lograr el equilibrio dentro de las áreas de ventas, producción y finanzas. La desincronización entre lo que demanda el mercado y lo que se puede producir y almacenar en la empresa para atender dicha demanda sin incurrir en costos que afecten negativamente la rentabilidad, es uno de los grandes problemas existentes en el manejo de los inventarios.

Como afirma (Vidal, Londoño y Contreras, 2004) debido a que las causas que generan la necesidad de mantener inventarios no pueden ser eliminadas totalmente, y a que la inversión en algunas tecnologías de información y planeación avanzada pueden resultar muy costosas y de alto riesgo para la mayoría de las organizaciones locales, una de las mejores alternativas puede ser aplicar sistemas eficientes de gestión y control de inventarios para responder a dichas causas.

La deficiente administración de los inventarios provoca una serie de fallas en la operación que se refleja principalmente en los departamentos de ventas, producción y finanzas.

Por ejemplo, en el departamento de ventas el problema general concierne a un bajo nivel de servicios a los clientes que corresponde a causas tales como: productos faltantes o diferidos, surtido incompleto de pedidos, pérdida gradual del mercado, cancelación de facturas,

elaboración de notas de crédito, facturación adicional, pagos extraordinarios en embalajes y fletes, tiempo extra en el departamento de embarques y errores en el surtido de pedidos.

En el área de producción el problema está asociado a la falta de continuidad en los procesos productivos lo cual se atribuye a la disminución en la productividad, tiempo extra elevado, retraso en las órdenes de fabricación, órdenes incompletas, manejo excesivo de materiales, pérdida de control en los procesos y en los costos de fabricación.

En cambio en el Departamento de finanzas se generan costos adicionales en inventarios asociados a la acumulación de inventarios innecesarios que se relacionan con el exceso de inventarios de poca rotación, productos deteriorados y obsoletos, adquisiciones sin considerar restricciones de presupuesto, gastos extraordinarios de fletes y comunicaciones, abastecimientos incompletos y fuera de especificaciones e incremento en los costos de calidad (Sierra y Acosta, Guzman y Mora, 2015).

La administración de inventarios genera impactos significativos dentro del área financiera, debido a que afecta de forma importante los indicadores de rendimiento usualmente utilizados para el análisis económico de las organizaciones. Es por ello que se debe dar especial énfasis en la planeación y diseño de un sistema de control y gestión de inventarios eficiente, que corresponda a las necesidades enmarcadas en las demandas de los clientes.

Uno de los problemas principales a la hora de abordar un sistema de control de inventarios es equilibrar el nivel de producción en relación a la demanda del mercado.

Con relación a lo anterior (Donald w. Fogarty, John H. Blackstone JR, Thomas R. Hoffman, 1994) afirman que la base para cualquier actividad en la producción son los pedidos reales o el pronóstico de pedidos futuros. En un ambiente de producción contra inventarios, las actividades de producción se fundamentan por completo en pronósticos, debido a que los pedidos deben satisfacerse con los artículos que hay en inventario. Por su parte, en un ambiente de fabricación contra pedido, las actividades de producción no se basan únicamente en los pedidos actuales.

Las anteriores consideraciones y problemáticas expuestas reflejan en gran manera cada una de las decisiones que deben abordar las organizaciones del sector manufacturero en el momento de planear y diseñar un sistema de gestión y control de inventarios.

Actualmente la planta procesadora de azúcar opera bajo un sistema de gestión de inventarios que no contempla la aplicación de modelos basados en métodos estadísticos para la generación de pronósticos y preparación de inventarios, lo que conlleva a problemas en la rotación de inventario, diferencias del inventario físico respecto a lo registrado en el sistema, sobrecostos por faltantes estimados en un 10% de los costos de mantenimiento de inventarios y excesos de hasta un 5% de producto terminado (datos estimados por la empresa); repercutiendo así en los niveles de productividad y rentabilidad de la empresa (estimada en el año 2016 en un 20%), convirtiéndose en una gran posibilidad de mejora.

Con base en lo anterior, se genera el siguiente interrogante:

¿Cómo determinar una política de control de inventarios de producto terminado que contribuya a minimizar el costo total relevante asociado a la operación y genere un nivel adecuado de servicio?

2 JUSTIFICACIÓN

La generación de un nuevo modelo actualizado de gestión y control de inventarios permite a la empresa hacer una administración adecuada de sus existencias de producto terminado, teniendo un impacto positivo en el conocimiento de información certera de variables como rotación de inventario, diferencias del inventario físico respecto a los datos en el sistema, sobrecostos por faltantes y excesos de producto terminado; influyendo en el crecimiento de la productividad y rentabilidad de la empresa.

Como menciona (Muller, 2005) en su libro fundamentos de administración de inventarios, una reserva de inventarios a la mano supone protección. No siempre se sabe cuánto va a necesitarse en un momento dado, pero aun así debe satisfacerse a tiempo la demanda de los clientes o de la producción.

Como se puede observar el inventario es un recurso de vital importancia para las empresas, especialmente las vinculadas a procesos de manufactura. Su papel es fundamental a la hora de responder con prontitud y eficiencia a las demandas del cliente.

(Krajewsky, Ritzman y Malhotra, 2008) argumentan que el control de inventarios es un medio para cumplir las prioridades competitivas de la organización y su administración eficaz es esencial para realizar el pleno potencial de toda la cadena de valor. Asimismo plantean la necesidad de encontrar un equilibrio entre las ventajas y desventajas tanto de los inventarios altos como bajos y encontrar el justo medio entre ambos, exponiendo que por un lado los inventarios bajos permiten disminución de todo tipo de costos (costos de capital, costos de almacenamiento y manejo, impuestos seguros y mermas) y los inventarios altos por su parte permiten a la empresa aumentar el nivel de servicio al cliente, incrementar la productividad de la mano de obra y equipos, y reducir algunos costos (costos de preparación, costos de transporte, pagos a proveedores).

En este orden de ideas, el presente proyecto tiene como finalidad establecer un modelo de control de inventarios de producto terminado que contribuya a determinar la frecuencia de revisión de inventario de cada uno de los ítems, los momentos en que se debe establecer una orden y los tamaños de pedido correspondiente, generando un costo total del inventario mínimo y un nivel de servicio aceptable al cliente.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de control de inventarios de producto terminado para una empresa productora de alimentos snacks ubicada en el Norte del Cauca que contribuya a minimizar el costo total relevante asociado a la operación.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar el sistema actual de control y gestión de inventario de producto terminado de la empresa objeto de estudio.
- Realizar una clasificación ABC multicriterio para los ítems o productos elaborados por la empresa.
- Definir un modelo de simulación de pronósticos para los ítems más representativos de la empresa caso de estudio.
- Definir la política de control de inventario de los ítems seleccionados.

4 MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se exponen el estado del arte y cada uno de los elementos teóricos y conceptuales enmarcados dentro del proyecto.

4.1 ESTADO DEL ARTE

La gestión y control de inventarios al ser un elemento crucial dentro de los procesos productivos de las empresas de manufactura, se ha convertido a lo largo del tiempo en objeto de estudio de diversos autores que desde distintos enfoques han propuesto soluciones a los problemas propios de este campo.

Con el objetivo de contextualizar la situación descrita en el planteamiento del problema, en el presente capítulo se presentarán diferentes metodologías actualmente dispuestas en diversas fuentes de investigación.

(Moran y Gomes , 2005) en su artículo proponen un modelo de clasificación ABC integrado con las herramientas AMD (Apoyo Multicriterio de la Decisión) y el ELECTRE TRI (ET).

El AMD se basa en el análisis de un conjunto finito de alternativas, bajo un conjunto finito de criterios en conflicto, que tiene como objetivo encontrar la mejor alternativa de los criterios considerados. Por su parte el ELECTRE TRI busca clasificar y organizar jerárquicamente cada categoría ABC en relación a las puntuaciones dadas a cada criterio, generando así dos (2) perfiles (optimista y pesimista).

En conclusión, la clasificación ABC multicriterio apoyada por el modelo ET permite categorizar los ítems por medio de una clasificación cuantitativa y cualitativa, cuya principal ventaja demuestra ser la libertad del modelo para permitir la evaluación de los criterios de cada ítem en función de la experiencia y el conocimiento del evaluador, logrando de esta manera una clasificación más precisa y completa.

Por otra parte, (Parada Gutierrez, 2009) plantea la adopción de un modelo que permite la generación de un código selectivo integral ABC, con el objetivo de convertirlo en un parámetro que permita clasificar los productos en relación a cuatro factores: consumo, movimiento, inventario medio y existencia. Además, presenta la matriz costo de adquisición / índice de rotación como herramienta que facilita y mejora la toma de decisiones en la gestión de inventario, teniendo en cuenta el índice de rotación y el costo de adquisición del producto.

En síntesis, el artículo propone la aplicación del modelo ABC multicriterio junto con la matriz costo de adquisición/índice de rotación como métodos que facilitan la clasificación de productos y adopción de estrategias diferenciadas que mejoran la gestión de inventarios en las organizaciones.

Para la clasificación ABC multicriterio o MCABC por sus siglas en inglés los autores (Castro Zuluaga et al., 2011) en su artículo Clasificación ABC Multicriterio, exponen diferentes métodos para la resolución de problemas referentes a esta metodología. Entre ellos se destacan el análisis multivariado de clústers, el proceso analítico jerárquico o AHP, metaheurísticos (algoritmos genéticos y las redes neuronales) y la optimización lineal ponderada.

De igual manera presentan criterios para el tratamiento del problema MCABC tales como la demanda o ventas anuales, el inventario promedio, el costo anual del inventario, el costo anual de demanda o ventas, el tiempo de entrega y el tiempo de producción por lote y finalmente el criterio de sustituibilidad.

En conclusión, el artículo presenta los criterios más importantes a la hora de realizar una clasificación ABC multicriterio, tomando como principio que las decisiones sobre qué criterio escoger, dependerá únicamente de la particularidad de la empresa y del tipo de productos que se desee clasificar.

Con respecto a las herramientas de integración utilizadas en la clasificación ABC multicriterio (Peña, 2014) enfatiza en su trabajo la importancia de la técnica AHP para medir y simplificar factores teniendo en cuenta múltiples criterios. En este trabajo, el autor describe la utilización de la herramienta en el control y gestión de inventario de repuestos, dando calificaciones de acuerdo a datos recolectados de manera cualitativa.

Una vez abordada la clasificación ABC multicriterio, a continuación, se mostrarán los estudios e investigaciones realizadas por algunos autores en relación a los modelos de pronósticos.

La aplicación de los modelos de inventarios depende en gran parte de la distribución que aplican las empresas del mismo, teniendo en cuenta su estructura, las variaciones de la demanda, los tiempos de transporte y el valor de los productos.

Con base en lo anterior (Vidal, Londoño y Contreras, 2004) en su artículo “Aplicación de Modelos de Inventarios en una cadena de Abastecimiento de Productos de Consumo Masivo con una Bodega y n Puntos de venta”, describen una aplicación de un sistema de control de stock base (Base Stock Control System) donde se conoce la demanda externa de los consumidores en tiempo real y con ella se alimentan los pronósticos y se realiza el control de inventarios. Dicho sistema de control se aplicó de manera real a una cadena de productos de consumo masivo la cual se abastece de más de 200 proveedores desde una bodega central que hace despachos de más de 6000 productos hacia 34 puntos de ventas.

Para el diseño del mencionado sistema de pronóstico y control de inventarios se utiliza principalmente sistemas de control continuo (s, S) y de control periódico (R, S) considerando el nivel de inventario efectivo.

De igual manera los autores ejemplifican el diseño de un sistema híbrido de control de inventarios utilizado tanto en el sistema de compras a proveedores como para el despacho automático del centro de distribución a los detallistas, haciendo especial énfasis en la definición de los sistemas de pronósticos de demanda a implementar. Por ello realizó la simulación de diferentes sistemas de pronósticos tales como promedio móvil, suavización exponencial simple y doble, métodos auto-adaptivos y algunos métodos para productos con demanda errática.

Para el caso del sistema de despacho automático, se realiza una caracterización de los sistemas de pronósticos y control de inventarios semejante a la realizada para el sistema de compras a proveedores.

En dicha caracterización por un lado se especifica los sistemas de pronósticos utilizados para cada tipo de producto (clase A, B, C y Productos nuevos), por otra parte, se especifican también los sistemas de control de inventarios aplicados para un sistema periódico RS (intervalos de revisión R, determinación de inventarios máximos y cálculo de pronósticos acumulados).

Como conclusión es importante resaltar que, mediante la implementación de los modelos expuestos, se logró reducir el inventario total general en la organización, incurriendo en la consecuente disminución de costos y un aumento del nivel de servicio real al cliente.

(Bello y Martínez, 2007) realizan la identificación de un modelo de pronósticos basados en una serie de tiempo para las IPS de la universidad de Antioquia, que se ajuste a las necesidades expuestas en el sector. Los autores proponen la aplicación de las técnicas de suavización: exponencial, simple, Holt y Winter, realizando posteriormente la selección del método exponencial debido a su efectividad a la hora de aproximarse a los datos de consulta externa de la IPS.

Por su parte (Corres, Esteban, García y Zarate, 2009) señalan que las combinaciones lineales de diversos tipos de pronósticos generan un mejor pronóstico general, disminuyendo el margen de error representado por La Raíz Cuadrada de la Media del Error Cuadrático Medio RMSE. Igualmente sostienen no se debe eliminar ningún tipo de pronóstico sino por el contrario realizar una ponderación que muestre cuantitativamente la participación de cada pronóstico dentro de cada familia de productos.

(Negron, 2009) también describe en el artículo “Pronósticos bayesianos usando simulación estocástica” la construcción de un sistema de pronósticos utilizando modelos estadísticos bayesianos apoyados por el uso de simulación. Dicha simulación permite estimar tres parámetros expresados respectivamente como el valor esperado o medida de tendencia central, la varianza y el α -cuantil que construye intervalos de predicción, parámetros necesarios para construir el modelo de pronóstico bayesiano. El modelo bayesiano bajo este enfoque se constituye como un modelo complejo capaz de incorporar información detallada

de en el sistema bajo estudio, creando intervalos de predicción que acortan la variabilidad del modelo respecto a los datos reales de la demanda.

(Perez, Cifuentes, Vasquez y Ocampo, 2013) en el artículo *An inventory model for a food Company*, describen el proceso de creación de un sistema de pronósticos de la demanda para las ventas de una empresa de productos alimenticios.

Para la construcción de dicho sistema de pronósticos los autores realizan un diagnóstico de las ventas proyectadas vs las ventas reales, identificando así el método de pronóstico que mejor se ajustó a la demanda real de productos de la empresa. De acuerdo a lo identificado se aplican los métodos de promedio móvil con $n=12$ y suavización exponencial simple, utilizando como factor de comparación el ECM (error cuadrático medio), con lo cual se establece el método de promedio móvil como el más ajustado a la demanda de la empresa.

Luego se procedió a construir el sistema de gestión de inventarios teniendo en cuenta que los productos son demandados bajo un comportamiento aleatorio uniforme. Por ello se seleccionó un sistema de inventario probabilístico de revisión periódica (R, S), sistema usualmente utilizado en organizaciones que no utilizan gestión sistematizada de los inventarios.

Al final los autores exponen la efectividad del modelo de pronósticos aplicado, mostrando el crecimiento porcentual del nivel de desempeño de varios indicadores como lo son la cotización, pedido, facturación, producción, promedio.

Como conclusiones expuestas por los autores, se resalta la sustitución del método de trabajo empírico por un método cuantitativo, mejora en los procesos y aumento del nivel de servicio al cliente. Por otro lado, el análisis de viabilidad económica demostró que se generó un aumento en los beneficios resultado de satisfacer las unidades de productos demandados por el mercado.

(Arango, Giraldo y Castrillón, 2013) en el artículo “Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC” proponen un modelo de gestión de inventarios basado en el método de pronósticos de Holt-Winters. Este método busca minimizar la diferencia entre el valor pronosticado y el valor real, considerando indicadores como el ECM (error cuadrático medio), la MAD y la MAPE. Los autores señalan que la unificación del modelo de pronósticos junto a la clasificación ABC por volumen, ha conseguido elevar el nivel de servicio reduciendo los costos de inventario, demostrando así efectividad como método de pronóstico.

Por otro lado, enfatizando en los sistemas de pronósticos (Correa Morales, Díaz Serna, Ramírez Agudelo y Valencia Cárdenas, 2014) en su artículo “Aplicación de modelación bayesiana y optimización para pronósticos de demanda”, sugieren en su obra la aplicación de un sistema de pronósticos para producto terminado con base en un modelo bayesiano, en conjunto con la utilización de un algoritmo de búsqueda tabú para la optimización. Este

sistema de pronósticos demuestra ser una alternativa idónea cuando se dispone de pocos datos para análisis, respondiendo con gran precisión y similitud a la demanda real de productos.

(López y Ramiro, 2014) Presentan en su artículo “metodología para el pronóstico de la demanda en ambientes multiproducto y de alta variabilidad” una metodología para la gestión de demanda altamente variable en ambientes multiproducto. Básicamente los autores realizan una aplicación del coeficiente de variación como medida de variabilidad, junto a la suavización exponencial doble y el promedio móvil doble. Dicho sistema de pronóstico realizado para una empresa de productos polivinilos, logro una reducción del 10% en la desviación relacionada al pronóstico de la demanda junto a una disminución en el inventario promedio de todo el sistema.

En muchas ocasiones puede ser factible la aplicación de un modelo de pronósticos de manera individual; así lo proponen (Pérez, Mosquera y Bravo, 2012) aplicando la evaluación del comportamiento histórico de la demanda de diferentes productos de consumo masivo en una cadena de suministro con una bodega y múltiples puntos de venta, donde posteriormente se realiza una simulación que elige un método de pronóstico apropiado para cada clasificación existente de los ítems de productos, teniendo como factor de decisión el menor coeficiente de variación. De esta manera se logran controlar y conocer variables de naturaleza estocástica como las particularidades en la rotación y el comportamiento heterogéneo de la demanda.

(Ramirez, Cardona, Gonzales y Valencia, 2013) en su artículo demuestran los beneficios de la integración de tres modelos estadísticos (suavización exponencial simple, Holt y modelo dinámico o de regresión de series temporales en el diseño de un modelo dinámico confiable de pronósticos para una empresa de reciclaje de Medellín. Los autores toman datos reales de las ventas mensuales de tres años para 20 productos manejados por la empresa. El modelo dinámico sugerido presento menor error en el pronóstico (MAPE) demostrando su efectividad.

Referente al control de inventario (Krajewsky y Ritzman, 2000) describen los sistemas de control de inventarios para artículos con demanda independiente. Primero exponen el sistema de revisión continua (Q), en el que se rastrea el inventario restante de un artículo cada vez que se hace un retiro del mismo con el objetivo de conocer si ha llegado el momento de hacer un nuevo pedido, para lo que se propone los cálculos del punto de reorden, el inventario de seguridad y el establecimiento de una política de nivel de servicio. Por otro lado, se describe también el sistema de dos depósitos, consistente en una versión visual del sistema Q, en el cual se facilita la decisión de cuando hacer un pedido de producto. Por último, los autores describen el sistema de revisión periódica (P) que se muestra como un método práctico y rutinario para conocer el estado de los niveles de inventario.

(Vidal y Rodriguez, 2009) en su artículo describen la realización de un método heurístico para control de inventarios para una empresa manufacturera de productos perecederos, que comprende un submodelo de un solo despacho al comienzo de la temporada de ventas y un submodelo que considera múltiples despachos a lo largo de dicha temporada. Ambos

modelos trabajan bajo el ambiente de inventarios manejado por el proveedor (VMI), donde se busca minimizar el costo total relevante del sistema. En lo referente al modelo de múltiples entregas, los autores determinan el tamaño de envío mediante una adaptación del modelo de la cantidad económica de pedido (EOQ). Por su parte el inventario de seguridad es determinado mediante la razón crítica del modelo del vendedor de periódicos. Este modelo resulta ser más efectivo que los modelos convencionales debido a que considera la variabilidad en la demanda.

(Rátiva, 2014) en su trabajo llamado “Modelo de Gestión del Inventario de Piezas de Recambio” plantea una reforma en la cadena de suministros con el objetivo de incrementar la eficacia en la resolución de incidencias de servicios, lo cual es deficiente, generando insatisfacción en los clientes, incumplimiento en los contratos y poca efectividad en el uso de recursos. Para solventar la problemática desarrolla una herramienta de apoyo a la decisión para calcular el stock de piezas de recambio a mantener en el nuevo almacén de la empresa. Desarrolla el trabajo en dos fases, en la primera fase se diseña la herramienta de soporte y se crea el catálogo de las piezas de recambio, la segunda fase consiste en implementar y asegurar el nuevo nivel de servicio, estabilizando los nuevos procesos de la cadena de abastecimiento. Concluyendo que la creación e implementación de la herramienta incrementó la fiabilidad en las previsiones de la demanda, optimizó la gestión del stock y minimizó el lead time.

(Mejía, 2015) en su tesis de maestría llamada “Excesos y agotados de inventarios - análisis de las causas de retrasos en mantenimiento” realizó un estudio detallado donde determina las causas principales de faltantes y excedentes en los inventarios, divide su trabajo en cinco capítulos, en el capítulo uno postula las formas de conexión entre los inventarios de repuestos, los excesos y faltantes, en las actividades de mantenimiento, denominó a este capítulo nivel 1 - conocer; en el capítulo 2 describe las metodologías MTS, MTO y MTF para insumos, repuestos y consumibles de mantenimiento en inventarios, nivel 2 - comprender; el capítulo 3 resalta los términos relevantes de los algoritmos que determinan los puntos óptimos (cantidades y tiempo) de reabastecimiento en las metodologías tratadas en el capítulo anterior, se denominó como nivel 3- aplicar; en el capítulo 4 recomienda técnicas en los criterios que generan excesos y faltantes en las metodologías tratadas, nivel 4 - Analizar; el capítulo 5 hace una síntesis de las conclusiones de los anteriores capítulos nivel 5 - sintetizar. Concluye que los excesos se generan por el método Pull y pueden ser controlados simulando el Plan de Compras una vez se corran los programas de inventarios usados. Los faltantes proceden de la mala realización de pronósticos en la metodología Push.

4.2 MARCO TEÓRICO

El desarrollo de un sistema de control de inventarios genera un completo estudio de todas las variables que intervienen en el mismo. Estas variables están ligadas a temas conceptuales relacionados con: la prioridad o jerarquía de los ítems (clasificación ABC), el análisis de datos históricos y patrones de demanda, sistemas de pronósticos de la demanda y las políticas de control de inventarios.

SISTEMAS DE PRONÓSTICOS	SISTEMAS DE CONTROL DE INVENTARIOS
Productos Clase A y B: Suavización Exponencial Doble con determinación de las constantes de suavización óptimas por producto. El pronóstico se actualiza cada semana Productos Clase C: Promedio móvil con actualización mensual del pronóstico Productos Nuevos: Promedio móvil progresivo asumiendo demanda de Poisson y actualización semanal	Sistema periódico (R,S): Intervalos de Revisión R: Productos Clase A: 1 semana Productos Clase B: 2 semanas Productos Clase C: 4 semanas Productos Nuevos: 1 semana Determinación de Inventarios Máximos S (Productos A y B) $S_i = \hat{x}_{R_i + L_i} + k \sqrt{ECMS_i} \sqrt{R_i + L_i} \quad (2)$ Cálculo de pronósticos acumulados: Inventario Máximo para M Semanas = $\sum_{t=1}^M \hat{x}_{t+1}(T) + k \sqrt{ECMS} \sqrt{q_M}, \text{ donde:}$ $q_M = \frac{M + \frac{\alpha M^2}{2(1+\beta)^2} \left[5(1+2\beta+\beta^2) + 4(1-\beta^2)M + \alpha^2 M^2 \right]}{1 + \frac{\alpha}{(1+\beta)^2} \left[(1+4\beta+5\beta^2) + 2\alpha(1+3\beta) + 2\alpha^2 \right]},$ donde $\beta = 1 - \alpha$, siendo α la constante de suavización (3)

Tabla 1. Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y N puntos de venta. Fuente: Vidal, Londoño y Contreras (2004).

4.2.1 Clasificación ABC

La clasificación ABC según (Vidal Holguin, 2005) es una extensión del análisis de Pareto para clasificar artículos según su importancia. Para efectuar una clasificación ABC se usan diversas medidas de valor, dependiendo de los objetos de la clasificación, aunque la clasificación con más difusión se basa en el valor monetario del artículo (demanda anual por costo unitario), en cuyo caso la finalidad es identificar los pocos artículos que causan el mayor movimiento de dinero.

Para efectuar esta clasificación teniendo en cuenta el valor monetario de los artículos, se debe determinar el valor anual de cada ítem por medio de la siguiente expresión (1):

$$\text{Valor anual de cada ítem} = D_i * V_i \quad (1)$$

Donde;

D_i = demanda anual del ítem i (unidades/año)

V_i = valor unitario del ítem i (\$/año)

Algunos otros criterios que se aplican como medida de valor son la utilidad, el costo unitario o alguna medida de riesgo. El procedimiento para efectuar la clasificación ABC, basada en algún criterio de valor, se resume en los siguientes pasos:

1. Seleccionar el criterio de valor (por ejemplo, demanda anual por costo unitario).
2. Ordenar los artículos en orden de la importancia de su valor.
3. Calcular, para cada artículo, su porcentaje acumulado de valor y su porcentaje acumulado del número de artículos.
4. Construir una gráfica del porcentaje acumulado del número de artículos en función del porcentaje acumulado de valor.
5. Clasificar los artículos en las categorías A, B o C.

Se sugiere que la categoría A abarque entre el 5 y 20% de los artículos que generan valor entre 60 y 80% del valor, la B alrededor de 30%, con alrededor de 15% del valor y la C entre 50 y 60%, con solo 5 o 10% del valor.

El objetivo de la clasificación ABC es identificar los artículos de mayor importancia (A), los de importancia relativa media (B) y los de menor importancia (C). Esta clasificación permite adoptar políticas distintas para administrar los artículos en las diferentes categorías. Ver gráfico 1.

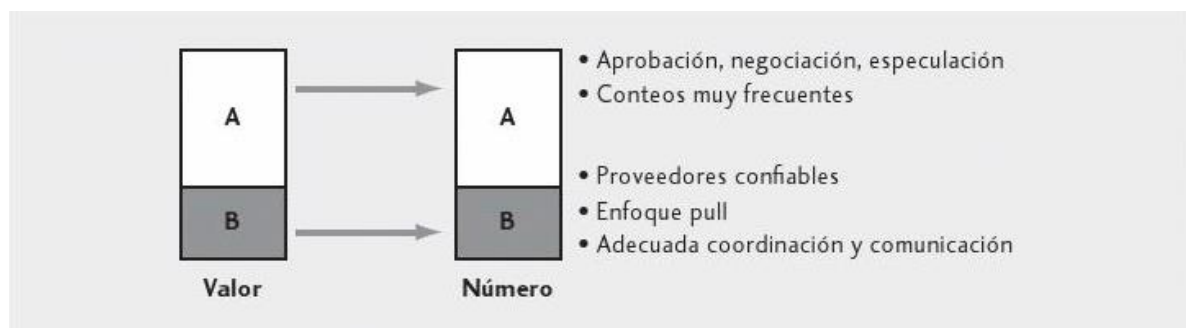


Gráfico 1. Posibles políticas para productos A y B. Fuente: Muñoz Negrón, David F (2009).

(Vidal Holguin, 2005) establece las políticas a tener en cuenta para cada tipo de clasificación en relación con el impacto que ejercen en los sistemas de pronósticos de inventario. Para los ítems de clase A proponen un examen continuo y rutinario por los administradores del inventario, en conjunto con técnicas relativamente complejas de pronósticos. Para los ítems

clase B se aconseja manejarlos de una forma automática, con técnicas adecuadas de pronósticos, en general no tan complejas como las aplicables a ítems clase A, y con la intervención humana solamente en casos de excepción. Para ítems clase C se sugiere utilizar las técnicas más simples de pronósticos, e incluso se recomienda en ocasiones que no sean pronosticados. Sin embargo, con éstos últimos ítems, aunque representan una fracción baja del porcentaje de ventas totales, pueden ocasionar problemas de manejo en los centros de distribución, de espacio de almacenamiento en puntos de venta y otros relacionados.

Finalmente, el autor aconseja para ítems nuevos diferenciar el estado de desarrollo en el cual se encuentran dentro de su ciclo de vida. Específicamente, si se encuentran en su fase de crecimiento o en su fase de declive, se deben utilizar técnicas de pronósticos que respondan a estos cambios, tales como la suavización exponencial doble. En contraste, si el ítem nuevo ya se encuentra en su etapa de equilibrio, puede bastar con técnicas menos sofisticadas, tales como suavización exponencial simple o promedio móvil. Una gestión de inventarios óptima depende en gran medida de la relación correcta que se desarrolle entre los pronósticos, la clasificación ABC y los métodos de control utilizados. Ver tabla 2.

Características	Políticas de control	Métodos de control
Ítems clase A (considerablemente primordiales), son pocos, proporcionan el mayor porcentaje del volumen en ventas (en \$).	Control estricto con supervisión personal. Comunicación directa con la administración y los proveedores. Aproximación a <i>JIT</i> en inventario balanceado. Cubrimiento de existencias entre 1 y 4 semanas.	Monitoreo frecuente. Registros precisos. Pronósticos con suavización exponencial doble. Políticas basadas en el nivel del servicio al cliente.
Ítems clase B (importantes), proporción de volumen en ventas (en \$) considerable.	Control clásico de inventarios. Administración por excepción. Cubrimiento de existencias entre 2 y 8 semanas.	Sistemas de control computarizado clásico. Pronóstico con suavización exponencial simple Reporte por excepciones.
Ítems clase C, son muchos, proporcionan un bajo volumen de ventas (en \$), tienen un bajo valor unitario.	Supervisión mínima. Pedidos bajo orden. Tamaños de orden grande. Políticas de alto inventario de seguridad. Cubrimiento de existencias entre 3 y 20 semanas.	Sistema de control simple. Promedio móvil (aceptar el pronóstico). Evitar agotados y excesos de inventario. Larga frecuencia de órdenes. Sistema automático.

Tabla 2. Control de inventarios y sistemas de pronósticos de acuerdo con la clasificación ABC. Fuente: (Vidal Holguin, 2005)

4.2.2 Clasificación ABC Multicriterio

Tradicionalmente la clasificación ABC es realizada con el objetivo de definir e implementar una política de inventarios a todos los productos pertenecientes a una misma categoría. La clasificación de los productos en categorías se realiza de acuerdo a su importancia o relevancia por algún tipo de criterio, que normalmente es el consumo o ventas anuales de cada uno de los ítems. Sin embargo, en ocasiones es altamente recomendable y necesario utilizar criterios adicionales que permitan realizar una diferenciación más efectiva de las existencias. Cuando el análisis ABC incluye dos o más criterios, en la literatura científica el problema es denominado Análisis ABC multicriterio (Parada Gutierrez, 2009). En el grafico 2 se muestra la representación general de la aplicación de la clasificación ABC multicriterio.

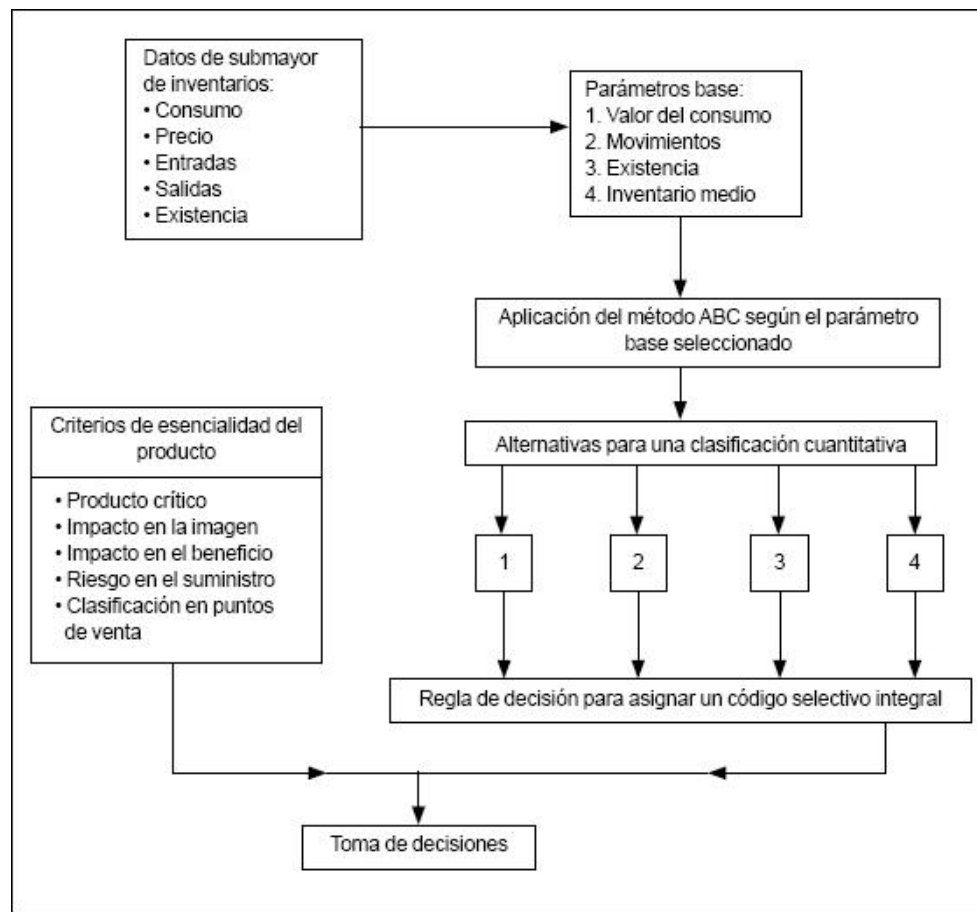


Grafico 2. Representación del enfoque multicriterio en la aplicación del método ABC. Fuente: (Parada Gutierrez, 2009).

4.2.2.1 *Métodos empleados para el desarrollo de la clasificación ABC multicriterio.*

- Análisis multivariado de Clusters; este tipo de clasificación se agrupan ítems con características y atributos similares para su análisis y posterior clasificación.
- Proceso analítico jerárquico (AHP por sus siglas en ingles); mediante este método se obtiene una única medida escalar de la importancia de los ítems del inventario para su posterior clasificación con base en el resultado obtenido. Este procedimiento cuantifica juicios u opiniones sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios empleados en el proceso de toma de decisión.
- Utilización de metaheurísticos; como los algoritmos genéticos y las redes neuronales artificiales aplicadas a la clasificación ABC multivariada.
- Optimización lineal alternativo de Wan Lung; se busca un equilibrio entre las técnicas existentes y su aplicabilidad en el entorno empresarial, Ramanathan (2003) plantea un modelo de optimización lineal ponderado basado en una técnica similar al DEA, donde el mismo modelo genera los pesos ponderados para evitar la subjetividad en su asignación. Sin embargo, debido a que para cada ítem se requiere una función objetivo, la aplicación de este modelo en un ambiente donde existan miles de referencias por evaluar se considera poco práctico.
- La clasificación por medio de la lógica Fuzzy, aplicada por Keskin & Ozkan (2012) donde proponen la aplicación de diversos criterios que permiten el análisis del inventario de una compañía automotriz, haciendo uso del Algoritmo FMC (Fuzzy-C-Means), que mediante dimensión de conjunto de datos agrupados de acuerdo a sus atributos proporciona el alcance de una solución natural, además elimina la subjetividad de los resultados en la Clasificación ABC clásica.
- Matriz de dos criterios de Flores; El ABC multicriterio aplicado a los inventarios (Multi Criteria Inventory Classification, MCIC) tiene sus inicios con el trabajo de Flores y Whybark (1986; 1987) quienes años después clasifican a 47 SKU con base en cuatro criterios: costo promedio unitario, volumen de ventas, factor crítico y lead time.

4.2.2.2 Método selectivo integral.

El método selectivo integral es una herramienta utilizada en la clasificación ABC multicriterio que tiene como objetivo determinar factores de clasificación de n criterios, permitiendo la generación de un código selectivo integral enmarcado en los límites de las tres zonas de clasificación, que posibilite asignar a diferentes ítems su relevancia dentro del sistema de gestión de inventarios existente (Parada Gutierrez, 2009).

La determinación de los límites de las tres zonas de clasificación se realiza de la siguiente manera:

- I. Tener la clasificación ABC clásica de los ítems, el cual asignará a cada ítem un código A, B o C por cada criterio de manera independiente.
- II. Para la asignación del código selectivo integral se debe fijar factores de ponderación cuantitativos que expresan la importancia, para la organización y los parámetros en cada una de las zonas, ver tabla 3.

Parámetros	Zonas		
	A	B	C
1	FA1	FB1	FC1
2	FA2	FB2	FC2
3	FA3	FB3	FC3
n	FAn	FBn	FCn

Tabla 3. Factores de ponderación por zonas de clasificación. Fuente: (Parada Gutierrez, 2009).

- III. Para el cálculo del código de clasificación se hace necesario determinar el Valor Máximo ($V_{\text{máx.}}$), este valor es el resultado de la suma de los valores de ponderación de la zona A, como se ilustra en la Expresión (2). Luego se debe determinar el Valor Mínimo ($V_{\text{mín.}}$), siendo este el resultado de la suma de los valores de ponderación de la zona C, como se expone en la Expresión (3).

$$V_{\text{max}} = \sum_{j=1}^n FA_j \quad (2)$$

$$Vmin = \sum_{j=1}^n FCj \quad (3)$$

Dónde:

$Vmax$ = Suma de los factores de ponderación de la Zona A.

$Vmin$ = Suma de los factores de ponderación de la Zona C.

n = Cantidad de criterios base.

- IV. Se realiza el cálculo del ACL (amplitud de cada clase), el cual efectúa aplicando la diferencia entre el valor máximo ($Vmax$) y el valor mínimo ($Vmin$) y dividiendo dicho resultado entre las 3 clases mencionadas. Ec. (4).

$$ACL = \frac{(Vmax - Vmin)}{3} \quad (4)$$

Finalmente se procede a determinar el código selectivo integral para cada zona:

- La zona A se establece como el rango entre ($Vmax - ACL$) y ($Vmax$).
- La zona B se establece como el rango entre ($Vmin + ACL$) y ($Vmax - ACL$).
- La zona C se establece como el rango entre ($Vmin$) y ($Vmin + ACL$).

4.2.3 Analisis de los datos historicos y patron de demanda.

Con el fin de seleccionar un método adecuado para la generación de los pronósticos, es necesario realizar un análisis completo de los datos históricos de la demanda, en el cual se puede observar y determinar su comportamiento en un periodo de tiempo determinado (Vidal Holguin, 2005).

En el sistema se debe tener en cuenta tres aspectos relacionados con el tiempo:

- El periodo del pronóstico referente a la unidad básica de tiempo para la cual se realiza el pronóstico en días, semanas, meses; esto dependerá de la naturaleza del proceso bajo

estudio y de cómo se registren las transacciones (ventas, compras) en la organización.

- El horizonte de planeación del pronóstico siendo el número de periodos cobijados por el pronóstico a futuro.
- El intervalo del pronóstico referente a la frecuencia con la que se efectúan nuevos pronósticos o se actualizan.

La simulación del pronóstico se puede llevar a cabo cuando se dispone de suficientes datos históricos, esta simulación ayudará a la selección del sistema de pronóstico adecuado, comprende los siguientes pasos:

- Inicialización del sistema.
- Simulación del pronóstico.
- Optimización de los parámetros del modelo utilizado.
- Utilización del sistema de pronósticos en tiempo real.
- Seguimiento y administración del sistema empleado.

Un patrón de demanda es una secuenciación gráfica de la información historia de la demanda a través de un periodo de tiempo. Existen diversos tipos de patrones, a continuación, se exponen algunos:

4.2.3.1 Demanda perpetua, estable o uniforme.

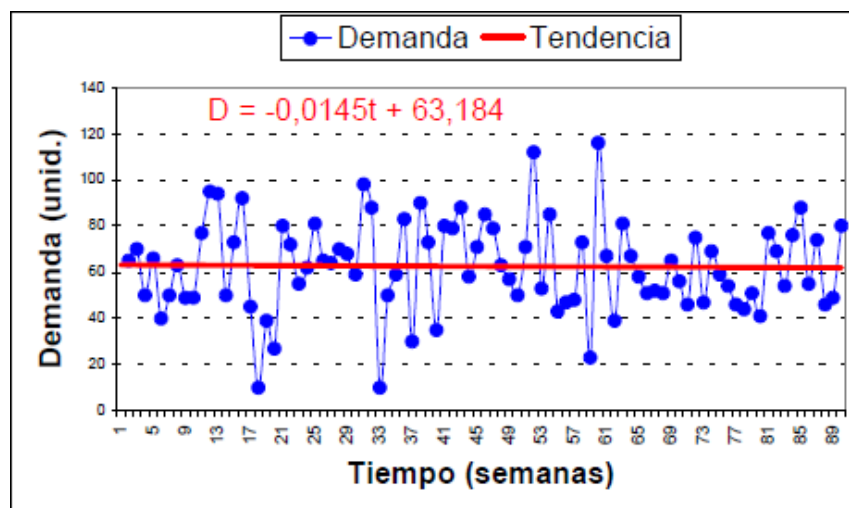


Gráfico 3. Demanda perpetua, estable o uniforme. Fuente: (Vidal Holguin, 2005)

Este patrón de demanda describe un comportamiento constante durante todos los periodos históricos pertenecientes al análisis, es decir, que su fluctuación permanece dentro de rangos no muy amplios. La gráfica muestra que los datos analizados se encuentran altamente correlacionados con una tendencia lineal.

4.2.3.2 Demanda creciente y decreciente

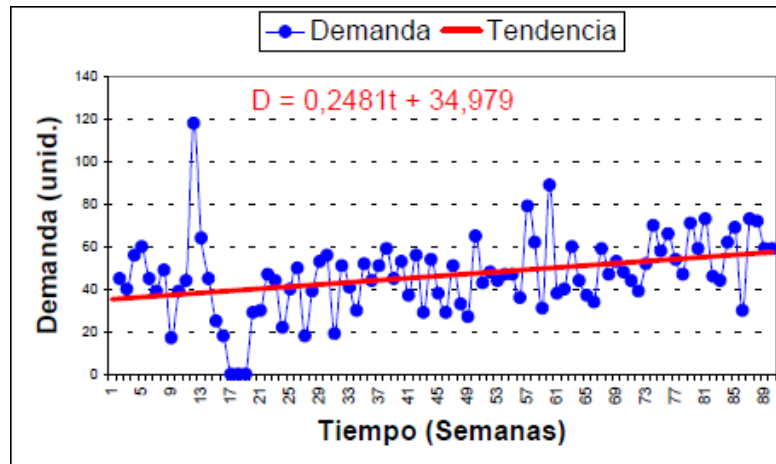


Grafico 4. Demanda creciente. Fuente:(Vidal Holguin, 2005)

Este tipo de patrón de demanda presenta una relación de linealidad entre la demanda y el tiempo, en la cual existe una tendencia al crecimiento de todos los datos históricos dispuestos en la gráfica.

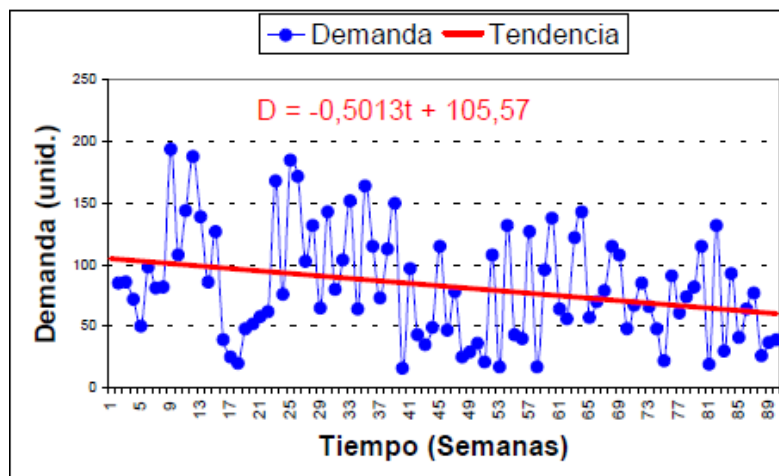


Grafico 5. Demanda decreciente. Fuente: (Vidal Holguin, 2005).

Este tipo de patrón de demanda presenta una relación de linealidad entre la demanda y el tiempo, en la cual existe una tendencia al decrecimiento de todos los datos históricos dispuestos en la gráfica.

4.2.3.3 Demanda estacional

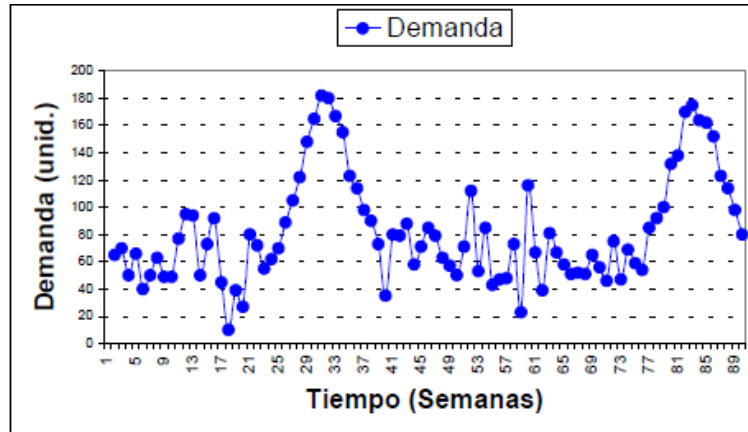


Gráfico 6. Demanda estacional o periódica. Fuente: (Vidal Holguin, 2005).

Este patrón de demanda describe productos que presentan un consumo ocasional durante ciertos periodos de tiempo, representado en la gráfica por medio de picos elevados o estaciones que aparecen a lo largo del lapso de tiempo considerado en el análisis. Luego la demanda de dichos productos describe un comportamiento de demanda estable.

4.2.3.4 Demanda errática

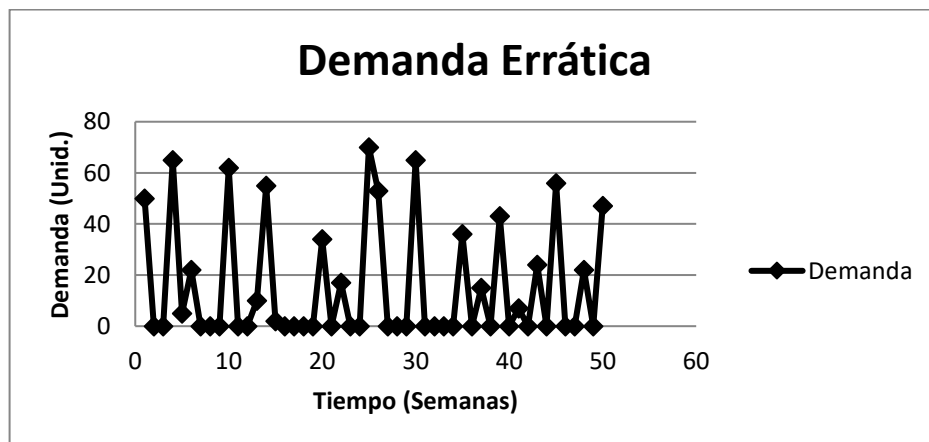


Gráfico 7. Demanda intermitente. Fuente: (Vidal Holguin, 2005).

Este tipo de demanda se caracteriza porque esta no precisa algún tipo de tendencia estacional en el consumo de los productos., haciéndose nula en un determinado periodo de tiempo. Por lo general poseen gran variación alrededor de su demanda promedio.

4.2.4 Sistemas de pronósticos de demanda

Los sistemas de pronósticos de la demanda son un medio fundamental para hacer frente a los requerimientos reales del mercado, ya sea en empresas del sector productivo, financiero, comercial o de servicios. Su aplicación en las organizaciones permite el cumplimiento de objetivos y mejoramiento de la competitividad.

(Everett E. Adam, 1991) Definen el pronóstico como un proceso de estimación de un acontecimiento futuro proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro.

4.2.4.1 Ambiente general de un sistema de pronósticos

El ambiente bajo el cual un sistema de pronósticos se desenvuelve generalmente, depende en gran medida por la calidad y fidelidad de los registros históricos de demanda, debido a que permiten una mejor selección del modelo a utilizar. De igual manera otro aspecto básico que siempre forma parte de un sistema de pronósticos es la intervención humana basada en la experiencia, con la cual se refinan los sugeridos brindados por el sistema. Finalmente, nótese la importancia de los errores de pronóstico, los cuales son la fuente de análisis para determinar la conveniencia del modelo utilizado (Vidal Holguin, 2005). En el grafico 8 se presenta el ambiente general bajo el cual normalmente un sistema de pronósticos se desenvuelve.

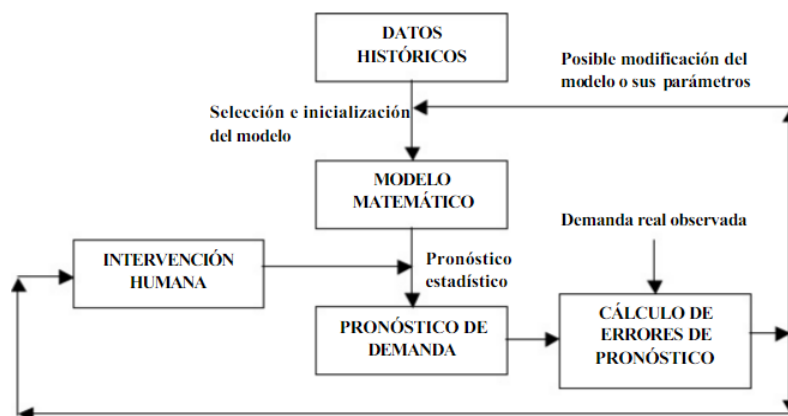


Grafico 8. Ambiente común de un sistema de pronósticos. Fuente: (Vidal Holguin, 2005)

4.2.4.2 Indicadores de eficiencia de un sistema de pronósticos

Un sistema de pronósticos es útil cuando permite hacer una buena toma de decisiones en el modelo de gestión de inventarios a utilizar (Vidal Holguin, 2005). Los principales indicadores de eficiencia de un sistema de pronósticos son los siguientes:

- Precisión
- Costo
- Utilidad de los resultados
- Estabilidad y respuesta del sistema de pronósticos

La precisión de un sistema de pronóstico se mide con base en los errores de pronóstico, los cuales se calculan como la diferencia entre el valor real observado y su pronóstico. El cálculo de este error solo puede hacerse después de conocer el valor real observado de la variable que se está estimando. El cálculo de este error se expresa mediante la expresión (5):

$$e_t = X_t - \hat{X}_t \quad (5)$$

Dónde:

e_t = Error del pronóstico de demanda para el periodo t

X_t = Valor real u observación de la demanda en el periodo t

$\hat{X}_t$ = Pronóstico de demanda para el periodo t , calculado en algún periodo anterior, generalmente en un periodo antes.

Existen otros medidores de variabilidad que han demostrado ser más efectivos que el anterior, son los siguientes:

$$\text{Error absoluto} = |e_t| = |X_t - \hat{X}_t| \quad (6)$$

$$\text{Error cuadrático} = e_t^2 = (X_t - \hat{X}_t)^2 \quad (7)$$

En caso de necesitar proporciones del error del pronóstico para determinar el valor en forma porcentual se utilizan estas ecuaciones:

$$\text{Error porcentual} = APE = 100 * \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right| \quad (8)$$

$$\text{Error porcentual} = APE' = 100 * \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{\hat{X}_t} \right| \quad (9)$$

De igual manera se necesita disponer de errores absolutos, cuadráticos o porcentuales para n periodos y de esta manera obtener el promedio de errores de los periodos. Se expresan entonces estos índices con las siguientes ecuaciones: MAD, MAPE, MAPE' y ECM respectivamente.

$$MAD = \text{Desviación Media Absoluta} = \frac{\sum_{t=1}^n |X_t - \hat{X}_t|}{n} \quad (10)$$

$$MAPE = \text{Desviación Absoluta Porcentual Media} = \frac{100 * \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right|}{n} \quad (11)$$

$$MAPE' = \text{Desviación Absoluta Porcentual Media} = \frac{100 * \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{\hat{X}_t} \right|}{n} \quad (12)$$

$$ECM = \text{Desviación Absoluta Porcentual Media} = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \hat{X}_t)^2}{n} \quad (13)$$

4.2.4.3 Método de pronóstico de Promedio Movil

Es uno de los sistemas más simples, adecuado para patrones de demanda perpetua o estable con poca o ninguna tendencia (Vidal Holguin, 2005). El modelo para este sistema de pronóstico se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$X_t = b + \varepsilon_t \quad (14)$$

Dónde:

X_t = Valor real u observación de la demanda en el periodo t

b = Una constante que representa el proceso de demanda uniforme que se lleva a cabo

ε_t = Una variable aleatoria normal con media cero y varianza $\sigma_\varepsilon^2 > 0$ desconocida. Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar.

4.2.4.4 Método de pronostico suavización exponencial simple

Este sistema es utilizado cuando se requiere reaccionar rápidamente a un cambio en el patrón de demanda y análogamente cuando es importante la estabilidad del sistema de pronóstico (Vidal Holguin, 2005). En este sistema se estima el parámetro b para luego definir un inventario de seguridad que responda a las variaciones aleatorias representadas por ε_t . Para la última observación de demanda el sistema aplica un peso α y un peso $(1 - \alpha)$; este sistema es adecuado para demanda perpetua, estable o uniforme. Su aplicación es calculada mediante la siguiente ecuación:

$$S_T = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_{T-1} \quad (15)$$

Dónde:

S_T = Pronóstico realizado al periodo T , o sea la estimación del parámetro b realizada al final del periodo $T - 1$

S_{T-1} = Pronóstico anterior, es decir, la estimación del parámetro b realizada al final del periodo $T - 1$

X_t = Demanda real observada al final del periodo actual T

α = Constante de suavización (inicialmente definida en el intervalo $0 \leq \alpha \leq 1$)

4.2.4.5 Método de pronóstico suavización exponencial doble

El método de pronóstico de suavización exponencial doble incluye las tendencias crecientes o decrecientes de la demanda (Vidal Holguin, 2005). En él se incluye la estimación de los parámetros b_1 y b_2 (componente constante y de tendencia respectivamente) para lograr hacer el pronóstico de demandas futuras. El método se expresa mediante la siguiente expresión:

$$X_t = b_1 + b_2 + \varepsilon_t \quad (16)$$

Dónde:

X_t = Valor real u observación de la demanda en el periodo t

b_1 = Valor que representa la componente constante de la demanda

b_2 = Valor que representa la componente de tendencia de la demanda (creciente o decreciente, de acuerdo a su signo).

ε_t = Una variable aleatoria normal con media cero y varianza $\sigma_\varepsilon^2 > 0$ desconocida. Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar.

4.2.4.6 Método de pronóstico de Winters

Este sistema de pronósticos es propio de productos que presentan una demanda estacional o por temporadas (adornos de navidad, juguetes, cuadernos, flores, entre otros) (Vidal Holguin, 2005). La demanda de este tipo de productos se caracteriza por presentar picos en ciertos periodos conocidos en el año y demanda con tendencia uniforme en los demás periodos. El método se describe mediante la siguiente expresión:

$$d_t = (a + bt)C_t + \varepsilon_t \quad (17)$$

Dónde:

a = Porción constantes

b = Pendiente de la componente de tendencia

C_t = Factor estacional para el periodo t

ε_t = Aleatoriedad no controlable

4.2.4.7 Modelo de pronósticos de Croston

Este modelo es adecuado para productos que posean una demanda errática o irregular con grandes fluctuaciones (Vidal Holguin, 2005). El sistema de pronóstico de Croston se calcula de la siguiente forma:

$$\hat{x}_t = \frac{\hat{Z}_t}{\hat{n}_t} \quad (18)$$

$$\hat{n}_t = \alpha n_t + (1 - \alpha)\hat{n}_{t-1} \quad (19)$$

$$\hat{Z}_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)\hat{Z}_{t-1} \quad (20)$$

Dónde:

x_t = Demanda observada en el periodo t

y_t = Variable binaria igual a 1 si ocurre una demanda mayor que cero en el período t ; igual a cero de lo contrario.

$Z_t = x_t * y_t$ = Tamaño de la demanda ocurrida en el periodo t

n_t = Numero de periodos transcurridos desde la última demanda mayor que cero hasta el periodo t

$\hat{n}_t$ = Valor estimado de n al final del periodo t

$\hat{Z}_t$ = Valor estimado de z al final del periodo t

4.2.5 Métodos para el cálculo del tamaño de lote

La determinación del tamaño de lote depende del tipo de demanda que se presente (Vidal Holguin, 2005). Estas demandas pueden ser:

- ❖ Demanda conocida y constante: No se presenta comúnmente en los casos cotidianos o reales, pero es de fácil manejo.
- ❖ Demanda determinística: Es variable, pero se puede conocer con anterioridad, en la mayoría de casos se presenta cuando existen contratos previamente establecidos.
- ❖ Demanda probabilística o aleatoria: Es el caso más común en la realidad de las organizaciones, pero a su vez es la más complicada de controlar, su comportamiento está determinado por una distribución de probabilidad.

4.2.5.1 Cálculo del tamaño de lote para demanda determinística.

a. Modelo básico del lote económico de pedido (EOQ)

Este modelo busca encontrar el monto de pedido que minimice el costo total del inventario de la empresa (Vidal Holguin, 2005).

El modelo funciona con las siguientes suposiciones:

- El patrón de demanda es constante y conocido con certeza.
- No se consideran descuentos en los precios de compra y/o transporte.
- La cantidad de pedidos no necesita ser un número entero o un múltiplo de algún número entero.
- Todos los parámetros de costo son estacionarios o sea que no varían significativamente con el tiempo (se consideran bajas tasas de inflación).
- El ítem se trata de forma independiente de otros ítems.
- La tasa de reposición es infinita o, equivalentemente, el lead time es cero, y toda la orden completa es recibida cada vez que se ordene.
- No se consideran órdenes pendientes.

La función que describe el EOQ se muestra a continuación:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{vr}} \quad (21)$$

Dónde:

A = Costo de ordenamiento (\$/Orden).

D = Demanda promedio (unidades/año).

v = Valor unitario del ítem (\$/unidad).

r = Costo de mantener el inventario (%/periodo)

El modelo del EOQ indica el tamaño de pedido que debe realizarse cada que la suma de las demandas agoten el inventario existente y no permitan satisfacer completamente la demanda del periodo siguiente. Pero esto no es una camisa de fuerza u obligación, debido a que el modelo tiene algunas modificaciones que son adecuadas dependiendo del caso, es decir, las modificaciones se efectúan pidiendo por exceso o por defecto valores cercanos al *EOQ*, lo que pretenden estas transformaciones es minimizar el costo total relevante del tamaño de pedido.

b. Un solo pedido al comienzo del horizonte

Mediante este método se realiza un único pedido que resulta equivalente a la suma de todas las demandas que se realizaran durante el periodo planeado. Debido a que se realiza un único pedido, se elevan los costos del inventario relacionados con el almacenamiento de los ítems por el periodo de tiempo de estadía y se disminuyen los costos de ordenamiento ya que solo se realiza una orden durante todo el horizonte de planeación (Vidal Holguin, 2005).

c. Modelo lote a lote

Este método propone realizar una orden de pedido para cada periodo, es decir, ejecutar una preparación de orden igual a la cantidad de la demanda para el respectivo periodo.

También debe contemplarse la posibilidad de que los costos de mantenimiento del inventario son bajos por los pocos días de los ítems en el almacén y los costos de ordenamiento serán más elevados por el número repetitivo de órdenes de pedido (Vidal Holguin, 2005).

4.2.6 Sistemas del control del inventario.

Según (Vidal Holguin, 2005) un adecuado sistema de gestión y control de inventarios debe de responder con claridad a las siguientes preguntas: ¿Con qué frecuencia debe revisarse el inventario?, ¿Cuándo debe realizarse el pedido del ítem? y ¿Qué cantidad debe ordenarse en cada requisición? Es importante también aclarar que para elegir el método adecuado de control de inventarios existen diferentes tipos de demanda.

Para la conceptualización de los sistemas de control de inventarios se hace necesario tener claro los siguientes aspectos:

Según (Vidal Holguin, 2005) un adecuado sistema de gestión y control de inventarios debe de responder con claridad a las siguientes preguntas: ¿Con qué frecuencia debe revisarse el inventario?, ¿Cuándo debe realizarse el pedido del ítem? Y ¿Qué cantidad ordenarse en cada requisición? Es importante también aclarar que para elegir el método adecuado de control de inventarios existen diferentes tipos de demanda.

Para la conceptualización de los sistemas de control de inventarios se hace necesario tener claro los siguientes aspectos:

$$\bullet \text{ Inventario efectivo} = \text{Inventario a la mano} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} &+ (\text{Pedidos pendientes por llegar}) \\ &- (\text{Requisiciones pendientes de entregar o} \\ &\quad \text{comprometidas con los clientes}) \end{aligned}$$

Donde el inventario a la mano es el inventario físico que se encuentra en el almacén o bodega, mientras el inventario efectivo es un inventario virtual, llevado en diversas bases de datos.

- Una de las preguntas a las que responde un sistema de control de inventario es ¿con qué frecuencia debe revisarse el nivel de inventario efectivo?, y la respuesta a este interrogante se encuentra enmarcada entre dos sistemas básicos, la revisión continua y periódica. La siguiente tabla (tabla 4) explica cada uno de los métodos de una manera comparativa.

Revisión continua	Revisión Periódica
Es muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultanea	Permite Coordinar ítems en forma simultánea, lográndose así economías de escala significativas, por ejemplo, cuando se le compra al mismo proveedor.
La carga laboral es poco predecible, ya que no sabe exactamente el instante en que debe ordenarse.	Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido, ya que se sabe cuándo va a ocurrir.
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, en general, 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 (Protección sobre L)	Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua (Protección sobre $R + L$)

Tabla 1. Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica.
Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio (2010).

- Cálculo del inventario de seguridad considerando la variabilidad de la demanda:

$$\text{Inventario de Seguridad } IS = k\sigma_L = k\sigma_1\sqrt{L} \quad \text{Sist. continuo } (s, Q) \quad (23)$$

$$\text{Inventario de Seguridad } IS = k\sigma_{L+R} = k\sigma_1\sqrt{L+R} \quad \text{Sist. periódico } (R, S) \quad (24)$$

Dónde:

k = Factor de seguridad dependiente del nivel de servicio deseado.

L = Tiempo de reposición.

R = Intervalo de revisión del nivel de inventario.

σ_L = Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total, en un periodo de duración L .

σ_{L+R} = Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total, en un periodo de duración $L + R$..

4.2.6.1 Sistema de control continuo (s,Q)

En este sistema cada vez que el inventario efectivo sea igual o menor al punto de reorden (s), se ordena una cantidad fija Q , ajustándola hasta que sea mayor a la demanda promedio durante el tiempo de reposición. Su principal ventaja es que la cantidad Q a ordenar minimiza posibles errores en el pedido y facilita la administración de los mismos (Vidal Holguin, 2005).

4.2.6.2 Sistema de control continuo (s, S)

Para este sistema, cada vez que el inventario efectivo sea igual o inferior al punto de reorden (s) se ordena una cantidad tal que eleve el inventario efectivo al mismo nivel del inventario máximo (S). Las cantidades a ordenar pueden variar entre periodos, pues depende del inventario efectivo y el inventario máximo en cada periodo (Vidal Holguin, 2005).

4.2.6.3 Sistema periódico (R, S)

En este sistema se revisa el inventario efectivo cada R unidades de tiempo, y se ordena una cantidad tal que eleve el inventario efectivo al nivel del inventario máximo. Con la aplicación de este sistema las organizaciones no pueden saber concretamente cuál es su nivel de inventario, ni cuánto es el costo de los productos vendidos en cualquier momento; únicamente lo sabrá cada R unidades de tiempo que se revise físicamente (Vidal Holguin, 2005).

Según Ballou (2004) la principal ventaja en solicitar varios artículos al mismo tiempo y en el mismo pedido, se manifiesta en ganancias económicas, ya sea por ser proporcionados por el mismo proveedor, por el medio de transporte, por ser fabricados en la misma línea de manufactura, u otras razones. Además, implica determinar un tiempo de revisión del inventario común para todos los artículos.

4.2.6.4 Sistema periódico (R,s,S)

(Vidal Holguin, 2005) define este sistema como “un sistema de control híbrido”, pues este combina el sistema continuo (s,S) y el periódico (R,S), y consiste en que cada R unidades de tiempo se revise el inventario efectivo. Si el inventario efectivo es menor o igual que el punto de reorden (s), se realiza una orden de pedido por una cantidad tal que eleve el nivel de

inventario hasta el nivel máximo S , de lo contrario si el inventario efectivo es mayor que s , no se realiza ningún pedido hasta la próxima revisión, en el periodo R siguiente.

4.2.6.5 Control min-máx de inventario de ítems con demanda errática

Ballou (2004) expresa que este sistema puede adaptarse a ítems de bajo movimiento considerando las siguientes situaciones:

Declarando la demanda como errática luego de verificar mediante técnicas de pronósticos que el coeficiente de variación es mayor que 1.

Calculando el tamaño de la Orden Q .

Hallando el déficit esperado u , siendo la mitad de la diferencia entre el inventario inicial y final a la mano, ajustando el punto de reorden antes de que caiga por debajo del inventario a la mano. Es decir, que a la demanda durante el tiempo de reposición se le suma el inventario de seguridad del punto de reorden s y la caída esperada u por debajo del punto de reorden.

Calcular el nivel máximo de inventario $S = s + Q - u$. y posteriormente ejecute normalmente el control de inventario.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo del trabajo y mayor entendimiento del lector es preciso realizar una aclaración de los conceptos y terminología existente en las temáticas de Gestión y Control de inventarios:

SKU (Stock Keeping Units). Un *SKU* es un ítem individual que se puede diferenciar claramente de otro, o sea que tiene diferentes códigos en el sistema de información asociado o, incluso, que, aún teniendo el mismo código, se ubica en regiones diferentes.

Demanda. Es la cantidad de bienes o servicios que el comprador o consumidor está dispuesto a adquirir a un precio establecido, con la adquisición de este producto o servicio puede satisfacer parcial o totalmente sus necesidades.

Inventarios. Hace referencia a las existencias de un ítem o recurso determinado, que se encuentra almacenado y dispuesto para su utilización. Estos se pueden clasificar según su funcionalidad y forma.

Pronóstico. Es el valor estimado de la demanda en cualquier periodo hacia el futuro, dicho valor estimado está fundamentado en el análisis de los datos históricos de consumo.

4.3.1 Clasificación del inventario según su funcionalidad.

Según (Vidal Holguin, 2005) se hace necesario clasificar los inventarios según su funcionalidad para no cometer errores en el momento de administrarlos:

Inventario cíclico. Este tipo de inventario se presenta en situaciones en la cuales se fabrica o produce lote por lote y no de manera continua. La cantidad de inventario disponible en cualquier momento se denomina inventario cíclico. Son generalmente utilizados en organizaciones que producen con economía a escala.

Inventario de seguridad. Es el inventario que se encuentra disponible para responder a cambios imprevistos en la demanda y en los tiempos de reposición, como finalidad tiene no dejar demanda insatisfecha como consecuencia de la incertidumbre.

Inventario de anticipación. Se refiere al inventario acumulado de periodos anteriores y que buscan satisfacer los consumos elevados en la demanda, pues se hace costoso la fabricación de un número elevado de ítems en un solo periodo. Este tipo de inventario es frecuente en empresas donde su materia prima se puede conseguir pocas veces en el año.

Inventario en tránsito. También conocido como inventario en proceso, es el inventario que se encuentra entre estaciones de trabajo dentro del proceso productivo, o entre eslabones dentro de la cadena de abastecimiento.

Inventario especulativo. Este tipo de inventario se hace presente cuando se espera un aumento en la adquisición de los ítems. Cuando se presenta esta situación se recomienda comprar todo lo que el flujo de caja permita.

4.3.2 Clasificación del inventario según su forma.

Según (Vidal Holguin, 2005) los inventarios también pueden ser clasificados según su forma, a continuación se exponen las principales clasificaciones.

Inventario materia prima. Conjunto de ítems que se encuentran a disposición del proceso de transformación, que al final se convierten o forman parte del producto terminado.

Inventario de producto en proceso. Corresponde al conjunto de productos que se encuentran en medio del proceso de productivo, es decir que no han sido fabricados en su totalidad y mientras no se terminen en su totalidad seguirán siendo inventario en proceso.

Inventario de producto terminado. Hace referencia al conjunto de ítems que ya fueron elaborados en su totalidad, incluye los que se encuentran almacenados y están disponibles para la venta.

Inventario de mantenimiento. Representa el conjunto de ítems que son utilizados como repuestos en el mantenimiento de maquinaria y equipos.

Inventario materia prima. Conjunto de ítems que se encuentran a disposición del proceso de transformación, que al final se convierten o forman parte del producto terminado.

Inventario de producto en proceso. Corresponde al conjunto de productos que se encuentran en medio del proceso de productivo, es decir que no han sido fabricados en su totalidad y mientras no se terminen en su totalidad seguirán siendo inventario en proceso.

Inventario de producto terminado. Hace referencia al conjunto de ítems que ya fueron elaborados en su totalidad, incluye los que se encuentran almacenados y están disponibles para la venta.

Inventario de mantenimiento. Representa el conjunto de ítems que son utilizados como repuestos en el mantenimiento de maquinaria y equipos.

4.3.3 Costo de mantenimiento del inventario

En este costo se contemplan los costos de las instalaciones de almacenamiento, el manejo, el seguro, hurto, la rotura, la obsolescencia, la depreciación, los impuestos, y el costo de oportunidad del material (Vidal Holguin, 2005).

4.3.4 Costos de almacenamiento y manejo

Son los costos en los que se incurre por operar la bodega, por la mano de obra utilizada y de las actividades internas como recepción, almacenamiento, inspección y despacho (Vidal Holguin, 2005).

5 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE INVENTARIO DE LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO

En este capítulo se llevará a cabo la caracterización del sistema bajo el cual la empresa controla y administra el inventario actualmente. Para ello, se realizaron encuestas y entrevistas al personal encargado del área, con el fin de identificar los ítems y procedimientos que son claves en la toma de decisiones referentes al control de inventarios.

En el sistema actual de control de inventario se llevan a cabo una serie de actividades en donde actúan diferentes áreas de la empresa, el siguiente diagrama de flujo se muestra de forma gráfica las actividades desarrolladas. El diagrama se desarrolló mediante la utilización del software Bizagi Modeler.

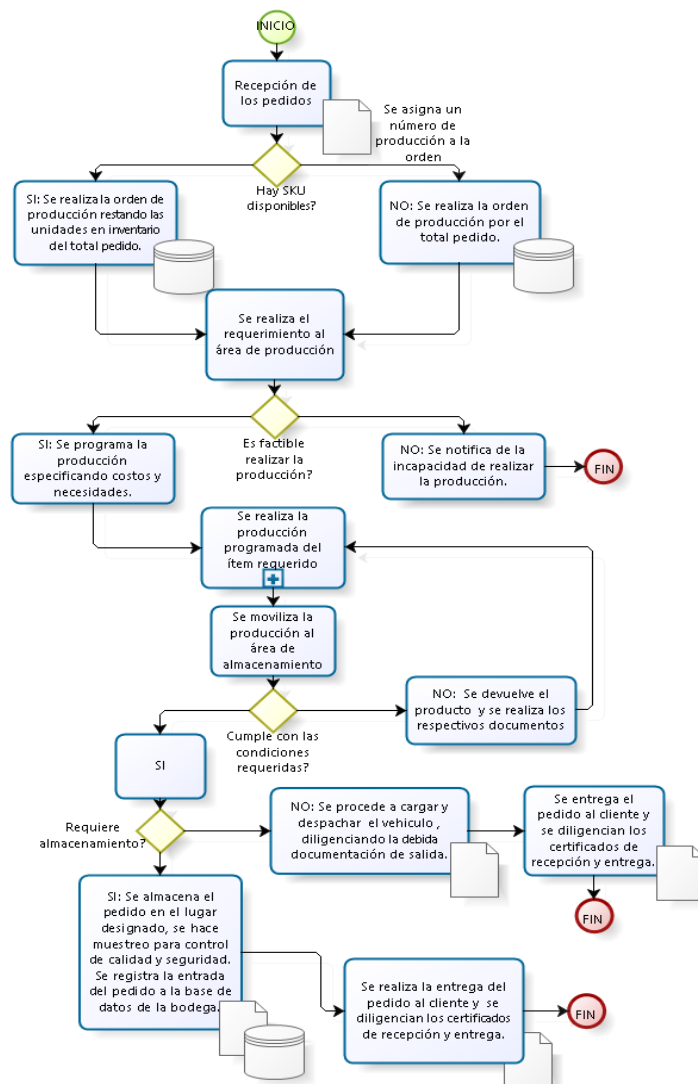


Grafico 9. Diagrama Flujo procesos realizados en bodega de producto terminado.

Fuente: (Los Autores).

En el diagrama se observa el flujo de las operaciones que se derivan al registrarse un pedido en el área comercial; la cual se le asigna un número de identificación. Posteriormente, el responsable verifica si la cantidad pedida puede ser suplida o completada con producto almacenado en las bodegas, donde en el caso de no contar con la cantidad requerida, se encarga de liberar la orden notificando al área de producción del requerimiento especificando el tipo de ítem y la cantidad pedida y su tiempo de entrega. Una vez la orden de producción obtiene el visto bueno de las áreas responsables, se procesa la cantidad del ítem requerido; completada esta etapa la orden es despachada hacia el área de almacén donde el operador logístico dependiendo del tipo de ítem y las condiciones en las que llega el producto, determina el lugar y la forma de almacenamiento; luego el área de calidad realiza un último

muestreo para determinar los niveles de calidad y seguridad de la entrega el producto. Posteriormente el ítem es registrado en la base datos de la bodega, para llevar un registro de las transacciones y las cantidades despachadas. La cantidad de ítems presentes en el almacén es de 71 agrupados en nueve (9) familias de la siguiente forma:

AZÚCAR SUPREMA FAMILIARES:

RE2003	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND
RE2004	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND
RE2005	AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND
RE2006	AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND
RE2007	AZ. RIOPAILA SUPREMA 5 Kg x 5 UND
RE2008	AZ. RIOPAILA SP MOTIVOS SUPREMA x 10 UND
RE2024	AZ. RIOPAILA SP SUPREMA x 10 UND
RE2027	AZ RIOPAILA SUPREMA BIOECO 2 Kg X 12 UND
RE2030	AZ. RIOPAILA SOBRES SUPREMA X 10 UND
RE2031	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE ANDRES X 10UD
RE2032	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE STARBUCK X 10
RE2017	AZ. BLANCO 2.5 Kg GRATIS 250 g

AZÚCAR MORENA FAMILIARES:

LM4014	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 454gr x 12 UND
LM4015	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 850gr x 8 UND
RM4001	AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND
RM4002	AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND
RM4005	AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND
RM4006	AZ. RIOPAILA MORENA 5 Kg X 5 UND
RU2000	AZ. RIOPAILA RUBIA 2.5 kg x 10 UND
RU2002	AZ. RIOPALA RUBIA 1 Kg X 25 UND
SS1010	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRES X 50 UDS
SS1011	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 100UDS

SS1012	RIOPAILA SENZA SIN CAL DOYPACK X 200g
SS1015	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X100UND
SS1016	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X300UND
SS1017	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 500UDS
LM4016	AZ. RIOPAILA SP LG MORENA 250gr x 100UND

AZÚCAR FAMILIARES STICK PACK:

RE2008	AZ. RIOPAILA SP MOTIVOS SUPREMA x 10 UND
RE2009	AZ. SUPERCOFFE SP x 8 UND
RE2024	AZ. RIOPAILA SP SUPREMA x 10 UND
RE2030	AZ. RIOPAILA SOBRES SUPREMA X 10 UND
RE2031	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE ANDRES X 10UD
RE2032	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE STARBUCK X 10
RM4010	AZ. RIOPAILA SP MORENA x 10 UND
RM4017	AZ. RIOPAILA MORENA SOBRE ANDRES X 10U
RM4018	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA X 10 UND
RM4019	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA STARBUCK X 10

AZÚCAR REFINO:

LG1020	AZ. LIGHT GRANO FINO 50KG EXPORTACION
RR1051	AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL
RR1052	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN
RR1052B	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN
RR1053	AZ. REFINO 1000 Kg BIG BAG INDUSTRIA
RR1054	AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg INDUSTRIA
RR1064	AZ. REFINO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO
RR1065	AZ. REFINO 600 Kg JUMBO BAG INDUSTRIA
RR1071	AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg EXPORTACION
LG1016	AZ. RIOPALA LIGHT 454gr x 12 UND
LG1017	AZ. RIOPALA LIGHT 850gr x 8 UND
LG1018	AZ. RIOPALA SP LIGHT 250gr x 100 UND

AZÚCAR BLANCO:

CR1057	AZ. REFINO 25 Kg PP LAMINADO EXPORT
CR1057	AZ. REFINO 25 Kg PP LAMINADO EXPORT
CS3056A	AZ. BLANCO 50 Kg EXPORTACIÓN TIPO A
RB3052A	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL
RB3052C	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL
RB3054	AZ. BLANCO 1000 Kg BIG BAG
RB3065	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO
RB3065A	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO
RB3066	AZ. BLANCO GRANEL INDUSTRIA

AZÚCAR BLANCO COMERCIO:

RB3053	AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO
--------	--------------------------------

AZÚCAR MORENA:

RC4055	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG
RC4055A	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND
RC4055B	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG (EUROPA)
RM4051	AZ. MORENA 50 Kg
RM4051A	AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION
RM4052	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg PP NACIONAL
RM4052A	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg EXPORTACION
RM4055	AZ. MORENA 25 Kg
RM4055A	AZ. MORENA 25 KG DEMERA GOLD
RM4057	AZ MORENA RIOPAILA ALTA HUM. 22.68Kg Pol
RM4057A	AZ MORENA RIOPAILA 22.68KG POLIPROPILENO

AZÚCAR CRUDO:

CC4050	AZ. CRUDO GRANEL EXPORTACIÓN
--------	------------------------------

AZÚCAR MICRO PULVERIZADA:

RB3058	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg B-A
RB3062	AZ. MICROPULVERIZADO 35 Kg B-A

RB3063	AZ. MICROPULVERIZADO 37.5 Kg B-A
RR1006	AZ MICROPULVERIZADO 5 Kg X 5 UND - RA
RR1012	AZ. RIOPALA PULVERIZADA TRAD. X 24 UND
RR1059	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg R-A

Actualmente el área de bodega de producto terminado presenta la siguiente estructura organizacional:

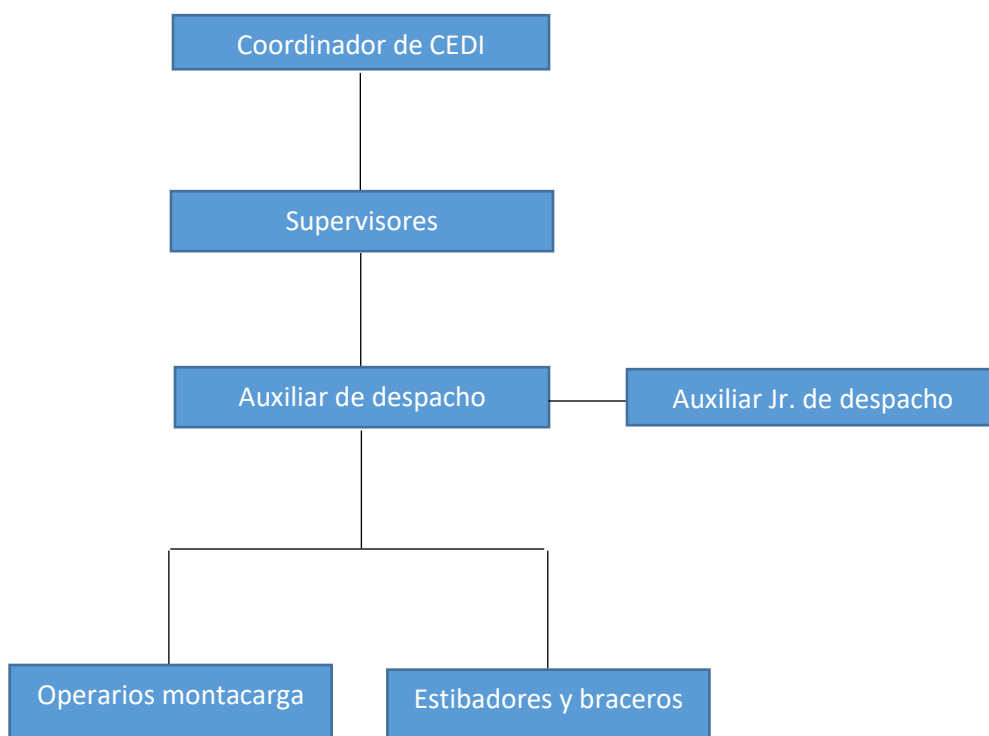


Grafico 10. Estructura organizacional bodega de producto terminado
(Fuente: Los Autores 2017)

El control del inventario y la programación de la producción son realizados por el Jefe de Logística en colaboración con el Jefe de elaboración, la coordinadora de empaque y el analista de materiales. Esta programación se realiza revisando los niveles de inventarios tanto de materias primas como de producto terminado, las necesidades de los clientes y la capacidad de producción de la fábrica. Finalmente, esta información se envía al área de producción para generar el plan de producción. El plan de producción se realiza mediante el SOP (programa de producción) en el cual se ordena la cantidad de azúcar a producir para las diferentes referencias.

La empresa lleva registros históricos de las transacciones realizadas y del inventario físico, en el área de almacenamiento se realizan conteos manuales que permiten determinar las cantidades de SKU físicas almacenadas para ejecutar las órdenes de compra y entrega del producto terminado, dicho conteo se realiza cada 7 días y con acompañamiento por parte del área de auditoría interna cada 3 meses sobre los inventarios registrados; de esta auditoría se obtienen evaluaciones por medio de los indicadores de cumplimiento de metas.

El pronóstico de demanda se estima aplicando un modelo estadístico básico con base al promedio de demandas históricas en un periodo estimado de tiempo sobre los ítems de consumo mencionados anteriormente, los cuales presentan demandas independientes. La política de control de inventario es realizada de forma individual. Se tienen costos fijos en el almacén por un monto de 1.428'702.557 mensuales.

La empresa cuenta con un seguro sobre el inventario por un monto de 40'699.692 COP anual, también cuenta con 5 bodegas con una capacidad de 168.000 QQ por un valor de \$19.320'000.000 COP, con un inventario promedio anual de 86.900 QQ. Se utiliza el software computacional SAP, para realizar un seguimiento detallado de las transacciones realizadas y guardar una base de datos, que sirve de apoyo en la toma de decisiones, los responsables pueden realizar consultas y solicitudes de los ítems necesarios usando códigos asignados a cada ítem.

Finalmente, en cuanto al nivel del servicio el área de bodega de producto terminado cuenta con un único indicador que se basa en la permanencia de los vehículos en la bodega para la carga de la producción vendida. Este indicador según lo describe el área, busca disminuir los tiempos de permanencia de los vehículos logrando optimizar los tiempos de entrega de la producción a sus respectivos clientes evitando retrasos. El área lleva registro mensual durante el año de los tiempos obtenidos para la carga de la producción y establece metas mensuales. A continuación, se muestra el formato utilizado para registrar dicho indicador:

		Ref. 2015	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	Ago./16	Sep./16	oct-16	nov-16	dic-16
Mes	Meta													
	Real													
Acum. Año	Meta													
	Real													

Tabla 5. Formato registro de indicadores de permanencia de vehículos en patio de bodega de producto terminado (Fuente: Bodega Ingenio Azucarero).

Del registro realizado para el año 2016 de los indicadores mensuales de eficiencia para la permanencia de los vehículos, se obtuvo un nivel de servicio promedio del 97.14%.

6 CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO DE LOS ÍTEMS ELABORADOS POR LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO¹

6.1 GENERALIDADES

Para realizar un control eficiente de los ítems producidos por la empresa y los que representan mayor valor para la misma, se realiza un análisis detallado para posteriormente establecer una clasificación de dichos ítems.

En la empresa se manejan 71 ítems agrupados en 9 familias, donde para determinar que ítems aportan mayormente a la empresa se realiza una clasificación ABC multicriterio.

6.2 SELECCIÓN DE CRITERIOS

La realización de la clasificación de los ítems se basa en los criterios seleccionados para hacer la separación de los mismos, los criterios escogidos para realizar la clasificación son el resultado de un análisis conjunto entre los autores y los principales implicados en los procesos de bodega y producción. Los criterios utilizados en el presente trabajo son:

- **Inventario promedio al costo (\$/año).** Este criterio representa en unidades monetarias el costo de las unidades de cada ítem que ingresó al almacén registrado en los informes históricos proporcionados por la empresa.
- **Ventas (\$/año).** Este criterio representa en unidades monetarias las ventas totales de cada ítem durante un periodo de un año.
- **Rotación de inventarios (veces/año).** Este criterio hace referencia a la cantidad de veces que se renueva cada ítem perteneciente al inventario.

Los criterios requeridos para el análisis y suministrados por la empresa se relacionaron por código y tipo de material. Como resultado se construyó una tabla que incluye los datos de dichos criterios. (Ver anexo 1).

Inicialmente se realizó una encuesta en la cual se valoraron los criterios escogidos con base en la escala de Saaty. (Ver tabla 6.1). La encuesta se realizó en conjunto con los principales

¹ Los datos y criterios del Análisis ABC Multicriterio se adjuntan en una carpeta (ClasificacionABCmulti) que contiene los archivos de Excel ® adjuntos en el presente documento.

líderes directos de cada uno de los procesos, consultándoles su opinión sobre el valor de cada uno de los criterios. Como resultado se obtuvo la siguiente tabla:

Encuestados	Criterios	Inv. Prom. Al Costo	Inv. Prom. Al Costo	Ventas
		Ventas	Rot Inv	Rot Inv
Jefe de Bodega		2/3	2/3	4/5
Jefe de Logística		4/5	1 1/4	1 2/3
Jefe de Elaboración		3/4	2 1/2	1 1/2
Jefe de Empaque		2/3	2	1/2
Analista de Materiales		1 1/4	2 1/2	1 2/3

Tabla 6. Resultados encuesta de importancia de cada criterio.
Fuente: Los autores 2017.

escala de saaty	
1	igualmente preferido
2	
3	moderadamente preferido
4	
5	fuertemente preferido
6	
7	muy fuertemente preferido
8	
9	extremadamente preferido

Tabla 6.1 Escala de Saaty. Fuente: Los autores 2017.

La tabla 6 muestra los resultados de la encuesta de cada uno de los criterios contrastados entre sí, con esta información se realiza la media geométrica de cada uno de los criterios la siguiente tabla detalla la media geométrica por cada criterio contrastado:

Criterio1	Criterio 2	Media Geométrica
Inv. Prom. Al Costo	demanda	0,802741562
Inv. Prom. Al Costo	rot inv	1,597885859
demanda	rot inv	1,107566343

Tabla 6.2 Resultado promedio para cada de criterio. Fuente: Los autores 2017.

Posteriormente con la información obtenida en la tabla 6.2 se construye la matriz de comparación de criterios, en la cual se hace una sumatoria para cada par de criterio contrastado. La siguiente tabla muestra los datos correspondientes a dicha operación:

	Inv. Prom. Al Costo	Ventas	Rot Inv
Inv. Prom. Al Costo	1	0,802741562	1,597885859
Ventas	1,24573094	1	1,107566343
Rot Inv	0,625826929	0,902880451	1
	2,871557869	2,705622013	3,705452202

Tabla 6.3 Matriz de comparación de criterios. Fuente: Los autores 2017.

En la tabla 7 se muestran cada uno de los criterios contrastados y ponderados según la criticidad establecida, obteniendo un vector que nos da la prioridad de cada criterio.

	Inv. Prom. Al Costo	Ventas	Rot Inv	Vector Prioridad
Inv. Prom. Al Costo	0,348243025	0,296693905	0,431225603	36%
Ventas	0,433817111	0,369600778	0,298901803	37%
Rot Inv	0,217939863	0,333705317	0,269872595	27%

Tabla 7. Matriz normalizada y vector prioridad de cada criterio. Fuente: Los autores 2017.

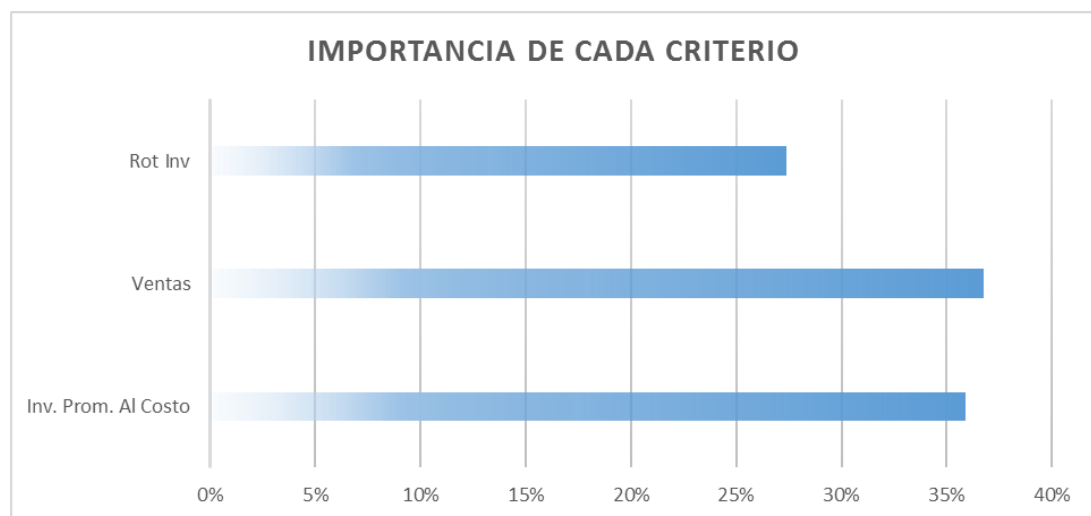


Gráfico 11. Gráfico de importancia de cada criterio. Fuente: Los autores 2017.

En el gráfico 11 se exponen los pesos de cada uno de los criterios, obteniendo el siguiente orden, primero está Ventas con el 37% seguido del Inventario promedio al costo con un 36% y por último Rotación de inventario con el 27%.

6.3 APLICACIÓN DEL MÉTODO SELECTIVO INTEGRAL

Una vez obtenidos los pesos de los criterios se realiza la aplicación del método selectivo integral, por medio de una clasificación ABC monocriterio de cada uno de los criterios escogidos se determina una clase para el conjunto de ítems. Cada una de las zonas de clasificación es establecida de acuerdo a lo recomendado por Vidal (2010), es decir, 70%, 20% y 10% para las zonas A, B y C respectivamente. Se realiza una clasificación sobre esta matriz con los pesos ponderados obtenidos anteriormente por medio del sistema AHP (Ver anexo 2). A continuación, en la tabla 7, se evidencian los resultados para la clase A (Los resultados de la clasificación ABC Multicriterio completos se encuentran en el anexo 3.) Se obtuvieron 16 ítems para la clase A sobre los cuales se ejecutarán los pronósticos.

MATERIAL	Peso producto Rotación	Peso producto Ventas	Peso producto inventario promedio al costo	Peso Total	% peso total	% peso Total Acumulado	Clasificación
RB3052C AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	0,083312808	0,21837958	0,36	0,66169239	0,08386148	0,08386148	A
RE2005 AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND	0,086111453	0,37	0,04041701	0,49652847	0,06292895	0,14679043	
RE2003 AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND	0,164501232	0,21478494	0,08212519	0,46141137	0,05847829	0,20526872	
RM4002 AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND	0,07976601	0,18947846	0,12089375	0,39013822	0,04944528	0,254714	
RM4051A AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION	0,022158251	0,1302212	0,22660212	0,37898158	0,04803131	0,30274531	
RR1052B AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	0,045258621	0,19990265	0,13350531	0,37866658	0,04799139	0,3507367	
RC4055A AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND	0,044538177	0,23290786	0,0471042	0,32455024	0,0411328	0,39186951	
RE2006 AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND	0,05320197	0,18276778	0,08494159	0,32091134	0,04067162	0,43254112	
RM4005 AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND	0,055492611	0,13129003	0,12932755	0,31611019	0,04006313	0,47260425	
RR1052 AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	0,070621921	0,12133697	0,11801958	0,30997847	0,03928601	0,51189026	
RC4055 AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG	0,034119458	0,1257191	0,09471316	0,25455172	0,03226134	0,5441516	
RM4001 AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND	0,121385468	0,07920124	0,04653411	0,24712082	0,03131956	0,57547116	
RB3053 AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO	0,042090517	0,06697721	0,09096967	0,20003739	0,02535231	0,60082347	
RE2004 AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND	0,1040117	0,03306256	0,03742738	0,17450164	0,02211596	0,62293943	
RR1051 AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	0,029722906	0,00130394	0,13356279	0,16458964	0,02085974	0,64379917	
RM4051 AZ. MORENA 50 Kg	0,015249384	0,04420223	0,09126289	0,1507145	0,01910123	0,66290041	

Tabla 9. Tabla de la clasificación con los ítems de la clase A. Fuente: Los autores 2017.

7 SELECCIÓN DE UN MODELO DE PRONOSTICOS PARA LOS ITEMS CLASE A.

Una vez realizada la clasificación ABC multicriterio de los 71 ítems en la cual se establecieron los que generan mayor impacto para la empresa basados en los criterios escogidos por los responsables directos de la empresa, se realizan los sistemas de pronósticos para cada uno de los productos clase A. La metodología consiste en analizar el comportamiento de los datos históricos de la demanda y seleccionar los sistemas de pronósticos que más se ajusten a cada patrón, incluyendo además un método combinado que considere la importancia de todas las tendencias que se encuentren. Se calcula también un

inventario de seguridad para suplir cada una de las solicitudes, basados en el nivel de servicio requerido.

7.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Para el análisis de la demanda se utilizaron datos de ventas de los cuatro años anteriores al año de la realización del presente estudio, los datos de ventas usados están dados en quintales/mes, son 48 datos en total por cada uno de los 16 ítems de clase A. Una vez identificada la frecuencia de recolección de los datos, se realiza el análisis de cada uno de los 16 ítems para determinar el patrón de la demanda y sugerir el tipo de pronóstico que más se ajuste al ítem. En la siguiente figura se representan el porcentaje de patrones de demanda identificados para los ítems clase A:

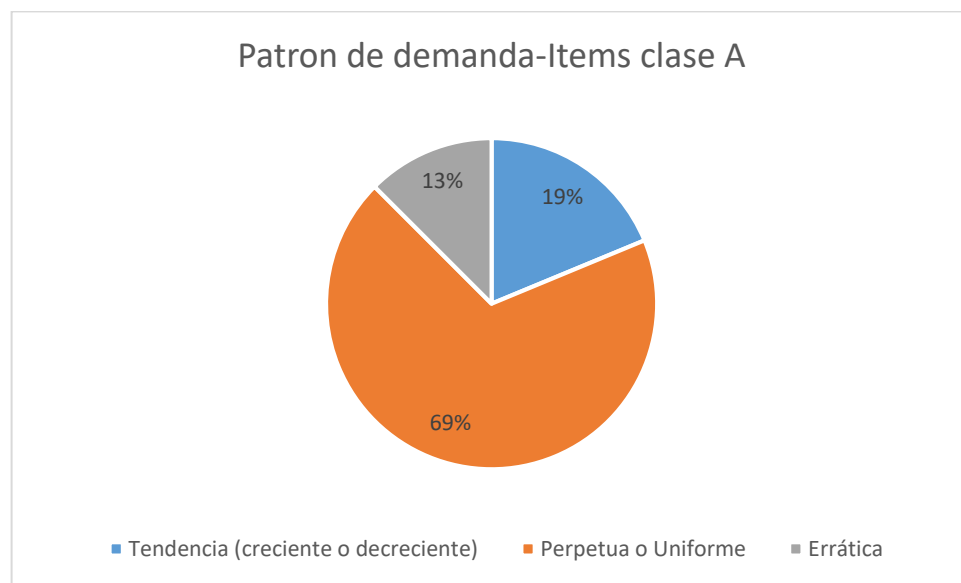


Grafico 12. Categorización Patrón de demanda ítems clase A. Fuente: Los autores 2017.

A continuación, se presenta el patrón de demanda del ítem RB3052C AZ BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL y el análisis de este ítem.

Se realiza la tabulación de los registros históricos de la demanda del ítem en los 48 meses previstos en el caso de estudio, se grafica estos datos y se obtiene un patrón de demanda, el siguiente gráfico muestra dicho patrón:

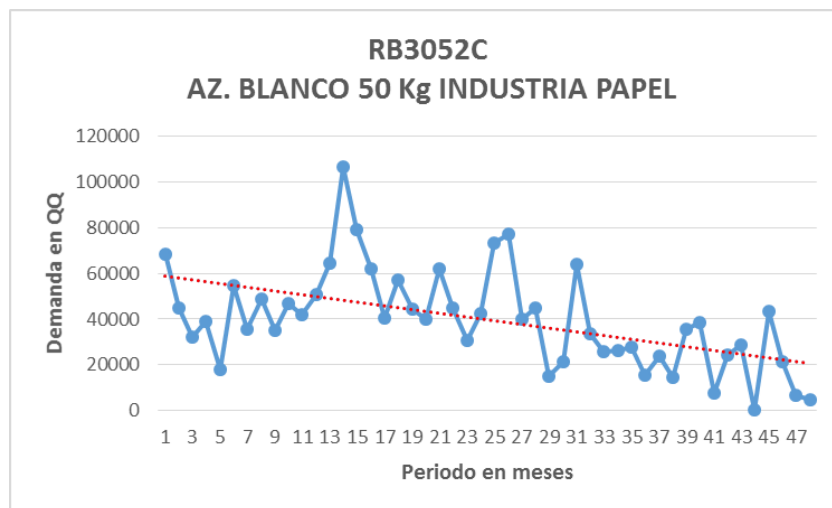


Gráfico 12. Demanda del ítem tipo A RB3052C. Fuente: Los autores 2017.

A continuación, se realiza el cálculo del coeficiente de correlación con base en los datos del tiempo en meses y la demanda en quintales. Para este ítem la demanda en los 48 meses según el coeficiente de correlación fue con tendencia decreciente y se sugiere usar un pronóstico de suavización exponencial doble, se realizan los promedios móviles para los N 28 al 5 y se establece el N óptimo basados en el ECM más bajo de todos, para luego realizar el pronóstico de suavización exponencial simple y doble determinando según el ECM más bajo la combinación óptima y alcanzando así un pronóstico más confiable (Ver anexo 4).

De la misma forma se analizó cada uno de los ítems que conforman la clase A, las gráficas de los comportamientos de estos se encuentran a partir del Anexo 4 hasta el Anexo 18. A continuación se resume el análisis para cada uno de los ítems.

- **RE2005 - AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND**

La demanda de este ítem en los 48 meses según el coeficiente de correlación fue perpetua o estacionaria con tendencia creciente se sugiere usar promedio móvil y suavización exponencial simple y al tener tendencia creciente se debe acompañar de suavización exponencial doble.

- **RE2003 - AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND**

Este ítem presentó según el coeficiente de correlación una demanda estacionaria o perpetua para lo que se determinó usar promedio móvil y suavización exponencial simple.

- **RM4002 - AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND**

Presentó según el coeficiente de correlación un patrón de demanda uniforme por esto se decide usar promedio móvil y suavización exponencial simple.

- **RM4051A - AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION**

Este ítem tuvo un patrón de demanda estacionaria o perpetua por lo que se determina usar suavización simple.

- **RR1052B - AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN**

Este ítem presentó un patrón de demanda errática por lo que se determina usar suavización exponencial doble y el método Croston.

- **RC4055A - AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND**

El coeficiente de correlación determina una demanda estacionaria o perpetua, por lo anterior se decide usar suavización exponencial simple y promedio móvil.

- **RE2006 - AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND**

Este ítem presentó un patrón de demanda estacionaria o perpetua por lo que se decide usar suavización exponencial simple.

- **RM4005 - AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND**

Este ítem presentó un patrón de demanda estacionaria o perpetua por lo que se decide usar suavización exponencial simple.

- **RR1052 - AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN**

La demanda de según el coeficiente de correlación fue con tendencia decreciente y se sugiere usar un pronóstico de suavización exponencial doble.

- **RC4055 - AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG**

Este ítem presentó un patrón de demanda errática por lo que se determina usar suavización exponencial doble y el método Croston.

- **RM4001 - AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND**

Este ítem presentó un patrón de demanda estacionaria o perpetua por lo que se decide usar suavización exponencial simple.

- **RB3053 - AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO**

Este ítem presentó un patrón de demanda estacionaria o perpetua por lo que se decide usar suavización exponencial simple.

- **RE2004 - AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND**

La demanda de según el coeficiente de correlación fue con tendencia decreciente y se sugiere usar un pronóstico de suavización exponencial doble.

- **RR1051 - AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL**

La demanda de este ítem según el coeficiente de correlación fue perpetua o estacionaria se sugiere usar promedio móvil y suavización exponencial simple.

- **RM4051- AZ. MORENA 50 Kg**

La demanda de este ítem según el coeficiente de correlación fue perpetua o estacionaria se sugiere usar promedio móvil y suavización exponencial simple.

7.2 IMPLEMENTACIÓN DE PRONÓSTICOS²

Luego de este análisis se realizan entonces los sistemas de pronósticos sugeridos para cada uno de los ítems basados en los patrones de demanda, utilizando los métodos de promedio móvil, suavización exponencial simple, suavización exponencial doble y el método de Croston explicados en el capítulo 5 en el apartado de marco teórico. En la siguiente tabla (tabla 10), se muestran los ECM obtenidos con cada uno de los métodos usados según el tipo de ítem, el N óptimo para cada caso, el coeficiente de correlación y el patrón de demanda. Como ejemplo para el primer ítem RB3052C de los cuatro pronósticos aplicados se escoge un pronóstico combinado 3 optimizado a un valor de alpha entre -1 y 1. El ECM resultante es de 198.067.005,25 siendo el menor entre todos los pronósticos.

Código	Descripción	Pronóstico (ECM)					N Óptimo promedio movil	Patrón de demanda
		S. Doble	S. Simple	Combinado	Croston	P. Móvil		
RB3052C	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	281829593,88	288264014,68	200521654,10	-	274318102,53	6	Decreciente
RE2005	AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND	24339206,14	25394499,73	22431774,35	-	26983147,88	3	Creciente
RE2003	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND	-	10100634,99	-	-	10583200,10	13	Perpetua o uniforme
RM4002	AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND	-	21309624,28	-	-	12636323,35	1	Perpetua o uniforme
RM4051A	AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION	-	56483032,99	-	-	49893337,61	11	Perpetua o uniforme
RR1052B	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	135504465,39	-	-	140115113,29	-	-	Errática
RC4055A	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND	-	170674759,31	-	-	171783320,61	25	Perpetua o uniforme
RE2006	AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND	-	6055165,46	-	-	6024597,07	18	Perpetua o uniforme
RM4005	AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND	-	4169465,04	-	-	4397921,63	6	Perpetua o uniforme
RR1052	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	-	1047101114,00	-	-	968784987,95	1	Perpetua o uniforme
RC4055	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG	53270632,19	-	-	57410845,38	-	-	Errática
RM4001	AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND	-	4897976,02	-	-	4838890,87	14	Perpetua o uniforme
RB3053	AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO	-	101921173,62	-	-	105248895,82	6	Perpetua o uniforme
RE2004	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND	1992104,60	2331939,07	1389169,44	-	1866732,00	7	Decreciente
RR1051	AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	-	32161670,91	-	-	33597317,08	2	Perpetua o uniforme
RM4051	AZ. MORENA 50 Kg	-	9749369,98	-	-	9845768,27	24	Perpetua o uniforme

Tabla 10. Error Cuadrático Medio de cada Sistema de Pronóstico. Fuente: Los autores 2017.

² Los datos requeridos para la construcción de los sistemas de pronósticos se encuentran en una carpeta (Pronósticos) que contiene los archivos de Excel[®] adjuntos en el presente documento.

7.3 SEÑALES DE RASTREO Y OUTLIERS³

Con el fin de lograr un mayor impacto en la fiabilidad de los sistemas de pronósticos aplicados y descritos en el anterior apartado, se han desarrollado las herramientas correspondientes a las señales de rastreo y los outliers como medidas de control para datos atípicos tanto en los datos de demanda como en los datos pronosticados. (Vidal Holguin, 2005) propone como medidas de control la aplicación de señales de rastreo para informar acerca de las desviaciones y problemas que se pueden presentar en el sistema de pronósticos utilizado.

En el trabajo aquí presentado se realizaron señales de rastreo para los sistemas de pronósticos suavizados, que por lo general poseen mayor rango de desviaciones y mayor inestabilidad en los datos de demanda que los datos utilizados en pronósticos como el promedio móvil. Para el cálculo de las señales de rastreo primero se suavizan las expresiones correspondientes a los errores del pronóstico para lo cual se hace una suavización de los valores de la MAD y el ECM con base a la construcción de las constantes de suavización Sigma e, W y C1. En la tabla 11 se presenta el cálculo de los valores suavizados anteriormente señalados para el ítem RB3052C. (Ver anexos para los demás cálculos correspondientes a los ítems con pronósticos suavizados).

Inicialmente se realizó una identificación de los outliers presentes en la fase inicial de los pronósticos para cada ítem, para lo cual se estimaron el promedio y la desviación estándar de los datos de demanda. Para el caso del ítem RB3052C se realizó el siguiente calculo:

Promedio: 38257.66

Desviación estándar: 19138.28

Luego se calcularon los límites de normalidad de los datos mediante la expresión (25):

$$\text{Promedio} \pm 2.5 * \text{desviación estándar} \quad (25)$$

Reemplazando se obtiene:

$$38257.66 \pm (2.5 * 19138.28) = 86103,35 \text{ y } -9588,03$$

Así se tiene que valores que estén por fuera de este rango se consideren datos atípicos o outliers y sean reemplazados por el promedio de los datos de demanda restantes. Para el caso del ítem RB3052C se encontró un outliers en la fase inicial del pronóstico para la semana 14 por valor de 106635 QQ. A continuación, se muestra la tabla 11 correspondiente a los datos de demanda para el ítem RB3052C y la identificación del outliers:

³ Los datos requeridos para la construcción de las señales de rastreo y los outliers se encuentran en una carpeta (Pronósticos) que contiene los archivos Excel ® adjuntos en el presente documento.

Periodo en meses	Demanda en QQ	
1	68390	
2	44760	
3	31990	
4	39064	
5	18017	
6	54686	
7	35794	
8	48830	
9	34945	
10	46894	
11	42135	
12	50623	
13	64475	
14	38257,6595	106635
15	79414	
16	62213	
17	40455	
18	57156	
19	44283	
20	39825	
21	62258	
22	44714	
23	30624	
24	42249	
25	73129	
26	77340	
27	40169	
28	44938	
29	15204	
30	21447	
31	64131	
32	33495	
33	25657	
34	26399	
35	27778	
36	15259	
37	23703	
38	14449	
39	35680	
40	38687	
41	7463	
42	24378	
43	28647	
44	220	
45	43248	
46	21400	
47	6586	
48	4909	

Tabla 11. Demanda del ítem RB3052C e identificación del outliers. Fuente: Los Autores 2017.

Se puede apreciar que dicho valor supera el límite y por lo tanto se resalta como atípico. Por lo tanto, es reemplazado por el promedio de los datos de demanda restantes lo que mejora el comportamiento del patrón de demanda.

A continuación, en la tabla 12 se presenta un resumen de los outliers encontrados y su correspondiente corrección:

Código	Outliers detectados (QQ)	Semana	Reemplazo (Promedio de datos restantes)	Patron de demanda
RB3052C	106635	14	38257,6595	Decreciente
RE2005	51635,5	44	25563,6063	Creciente
RE2003	-	-	-	Perpetua o uniforme
RM4002	-	-	-	Perpetua o uniforme
RM4051A	32113	44	8268,7659	Perpetua o uniforme
RR1052B	54543	18	10734,869	Errática
	52420	46	10734,869	
RC4055A	-	-	-	Perpetua o uniforme
RE2006	25983	8	17386,3297	Perpetua o uniforme
RM4005	21642	7	13926,234	Perpetua o uniforme
RR1052	-	-	-	Perpetua o uniforme
RC4055	64620	20	14097,02	Errática
RM4001	1631,5	5	7473,0744	Perpetua o uniforme
RB3053	61062	27	19571,0638	Perpetua o uniforme
RE2004	11681	8	5390,5425	Decreciente
RR1051	-	-	-	Perpetua o uniforme
RM4051	13911	9	4109,1914	Perpetua o uniforme

Tabla 12. Resumen de outliers presentes en la fase inicial del pronóstico.

Fuente: Los Autores 2017.⁴

La aplicación de control de outliers para valores en la fase inicial del pronóstico se hace efectivo para el 68.75% del total de ítems resultando solo con un restante 31.25% de ítems que no presentaron ningún dato atípico en la demanda.

Finalmente, para la fase de construcción del pronóstico, se obtienen los valores correspondientes a las señales de rastreo y outliers calculados mediante la división del error suavizado (Q(T)) y la MAD suavizada. Según lo explicado por (Vidal Holguin, 2005) si dos o más señales de rastreo presentan valores cercanos a 1 se puede inferir problemas en el sistema de pronósticos. Por su parte la presencia de outliers con valores superiores a 4 o 5 también denotan errores en los valores de demanda pronosticados, lo cual se debe solucionar aplicando pronósticos distintos o recalculando las constantes de suavización.

⁴ Las celdas con el contenido “-” corresponden a ausencia de outliers en los datos de demanda para el ítem respectivo.

	Sigmae	14807,42984		
	Constante $w =$	0,1		
	Constante $c_1 =$	1,185758383		
Error Suavizado	MAD Suavizada	ECM Suavizado	Señal de Rastreo	Control de
$Q(T)$	$MAD(T)$	$ECMS(T)$	$Q(T)/MAD(T)$	Outliers
0	12899,34838	219259978,5		
-3475,054301	15084,46785	318094004,6	0,230373013	2,3037301
-5146,08202	15594,55421	327029364,8	0,329992249	1,2943834
-1861,25918	16805,31343	371067319,7	0,110754208	1,6484159
-2597,581028	16047,22985	342469686,6	0,161870993	0,574833
-3803,813871	15908,49781	329714012,5	0,239105786	0,9215144
-4429,803683	15324,01923	306870441,1	0,289075837	0,656728
-4564,03602	14368,83001	279515142,1	0,317634492	0,4017117
-5738,475756	14562,79035	278160127,8	0,394050564	1,1198701
-5487,684448	13429,56758	251387768,5	0,40862704	0,240556
-6024,804562	13172,49938	238040531,3	0,457377479	0,8243603
-4032,562868	13245,01068	233550841,2	0,304459012	1,0492715
-2181,219062	13368,59713	231165331,7	0,163159907	1,0832008
-3913,888622	13982,52889	246104671,9	0,279912786	1,3951636
-3244,327851	12862,44791	222268000,9	0,252232536	0,2162667
-2200,012769	12296,08541	205223506	0,17891977	0,5854565
-4201,47667	13287,94205	234050230,7	0,316187161	1,6717902
-1087,493232	14652,98361	283212719,2	0,074216505	1,8384213
-1035,765204	13244,70655	254923961,6	0,078202201	0,0430521
-2398,254492	13386,3017	250925055	0,179157361	1,0951985
-3374,296931	13263,53942	240615896,7	0,254403958	0,9166994

Tabla 13. Señales de rastreo y outliers del pronóstico para ítem RB3052C.

Fuente: Los Autores 2017.

En el caso del ítem RB3052C no se presentaron señales de rastreo ni outliers para los valores generados en el pronóstico.

8 DETERMINACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE CONTROL⁵

Para lograr la determinación de la política de control de inventarios que resulte más apropiada para reducir los costos totales de inventario en el área de la bodega de producto terminado del CEDI (centro de distribución), a continuación, se presenta la metodología desarrollada para dar cumplimiento a este objetivo. Para ello se utilizan algunos sistemas de control y se comparan entre si detectando los costos asociados y el CTR propuesto.

⁵ Los datos requeridos para la construcción de las políticas de control se encuentran en una carpeta (Políticas de inventario) que contiene los archivos Excel ® adjuntos en el presente documento.

8.1 COSTOS DE INVENTARIO

De acuerdo al comportamiento del inventario y a los tipos de costos manejados por la empresa, se aplican los cálculos pertinentes a los costos relacionados con el mantenimiento, ordenamiento y faltantes de las referencias existentes dentro del inventario.

8.1.1 Costo de mantenimiento del inventario.

El costo de mantener el inventario describe los costos de almacenamiento y manejo, el costo del espacio utilizado, los costos de capital, los seguros e impuestos, y los costos de riesgo en los que se incurre al tener almacenadas las referencias en la bodega. Para el caso objeto de estudio se describieron los costos relacionados al almacenamiento y manejo, costos de espacio, costo de riesgo y seguros.

Los datos asociados a los costos de almacenamiento se resumen en las siguientes tablas:

MANO DE OBRA	
Cargo	Salario Basico
Coordinador CEDI	\$2.000.000,00
Supervisor 1	\$1.200.000,00
Supervisor 2	\$1.200.000,00
Auxiliar de despacho	\$1.000.000,00
Auxiliar Jr de despacho	\$860.000,00
Operadores de montacarga	\$917.717,00
Estibadores y braceros	\$917.717,00
Vigilancia	\$1.000.000,00
Costo total \$/Mes	\$9.095.434,00
Costo total \$/año	\$109.145.208,00

Tabla 14. Costo de almacenamiento y manejo. Fuente: Los Autores 2017.

Costos de espacio	
Electricidad (iluminacion)	\$4.900.094,00
Materiales de equipos	\$29.925.726,00
Adecuacion e instalacion	\$3.159.810,00
Costo total \$/mes	\$37.985.630,00
Costo total \$/año	\$455.827.560,00

Tabla 15. Costos de espacio. Fuente: Los Autores 2017.

Costo de riesgo	
Depreciación	\$64.828.506,00
Costo total \$/mes	\$64.828.506,00
Costo total \$/año	\$777.942.072,00

Tabla 16. Costos de riesgo. Fuente: Los Autores 2017.

Seguros	
Seguros	\$3.391.636,00
Costo total \$/mes	\$3.391.636,00
Costo total \$/año	\$ 40.699.632,00

Tabla 17. Seguros. Fuente: Los Autores 2017.

8.1.2 Tasa del costo de mantenimiento del inventario, r .

Luego de calcular los costos asociados al mantenimiento de las referencias existentes en la bodega de la empresa, es posible determinar su tasa de mantenimiento arrojando su proporción entre el costo promedio de las existencias. Como resultado de dicho cálculo se halla un costo total de \$1.383.614.472,00 asociado al costo de mantenimiento de inventario con una tasa de costo de mantenimiento de 14,63%. La siguiente tabla describe el cálculo de los costos mencionados junto a su tasa r .

Tabla de costo de mantenimiento r	
Costo de almacenamiento y manejo \$/año	\$109.145.208,00
Costos de espacio \$/año	\$455.827.560,00
Costo de riesgo \$/año	\$777.942.072,00
Seguros \$/año	\$ 40.699.632,00
Total	\$1.383.614.472,00
Valor de inventario promedio \$/año	\$ 9.458.138.206
Tasa r (%/año)	14,63%

Tabla 17. Tabla de costo de mantenimiento r . Fuente: Los Autores 2017.

8.1.3 Costos de ordenamiento

Cada orden dada para reponer el inventario tiene costos asociados al procesamiento, transmisión, manejo y compra de la orden. Para un productor, este costo incluye los costos relacionados con el montaje de maquinaria fija, los costos de alistamiento para preparar las

máquinas para procesar la orden, la transmisión y control de la orden en la planta. En este caso se prefiere utilizar el término costo de preparación.

Para el caso objeto de estudio se calcularon los siguientes costos asociados a la preparación de la orden:

Costos de preparacion de la orden	
Mano de Obra y maquinaria	
Mantenimiento y Reparacion	\$ 421.634
salarios	\$ 19.590.823
Costos de Papeleria	
Utiles y Papeleria	\$ 3.075.532
Fotocopias	\$ 790.940
Impresiones	\$ 437.412
Costos de emision de pedido	
Electricidad	\$ 3.900.094
Servicio de internet y telefonia	\$ 2.500.000
Costos totales de preparacion de la orden	\$ 30.716.435
Ordenes por mes	4
Costo por orden	\$ 7.679.109

Tabla 18. Tabla de costos anuales de preparación de la orden. Fuente: Los Autores 2017.

8.1.4 Costo de los faltantes

Al ser la empresa una compañía de tipo productor y comercial que incurre en costos para la venta de las referencias de azúcar mencionadas, ésta percibe como producto de sus ventas una utilidad por ítem. Debido a que la compañía no lleva registro de las órdenes o pedidos perdidos ni tampoco es posible conocer el costo B2 (\$/unidad de faltante), se precisa utilizar como medida de estimación de los costos de faltantes a la utilidad dejada de percibir que se traduce en la utilidad que aporta cada ítem. La siguiente tabla resume este costo con su correspondiente ítem:

Referencia	Descripción	costo faltante unidad	costo faltante anual
RB3052C	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	\$ 37.442	\$ 325.339.025
RB3053	AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO	\$ 38.429	\$ 127.439.455
RC4055	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG	\$ 758.315	\$ 7.045.086.581
RC4055A	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND	\$ 910.523	\$ 13.957.757.344
RE2003	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND	\$ 9.367	\$ 210.874.005
RE2004	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND	\$ 32.302	\$ 61.099.648
RE2005	AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND	\$ 18.198	\$ 427.902.530
RE2006	AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND	\$ 18.905	\$ 200.631.475
RM4001	AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND	\$ 10.106	\$ 7.295.226
RM4002	AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND	\$ 19.049	\$ 30.591.183
RM4005	AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND	\$ 19.032	\$ 20.802.751
RM4051	AZ. MORENA 50 Kg	\$ 42.921	\$ 52.126.453
RM4051A	AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION	\$ 21.197	\$ 157.797.738
RR1051	AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	\$ 37.882	\$ 84.579.414
RR1052	AZ. RIOPALA PULVERIZADA TRAD. X 24 UND	\$ 38.091	\$ 100.820.484
RR1052B	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	\$ 39.737	\$ 412.522.817

Tabla 19. Costo de faltantes de las referencias. Fuente: Los autores 2017.

8.2 PROPUESTA DE CONTROL DE INVENTARIOS Y CTR ASOCIADO

Para establecer el sistema de control de inventarios más adecuado para los ítems clase A propuestos en este trabajo, se plantearon 3 sistemas que establece (Vidal Holguin, 2005); el sistema (s,Q) con nivel de servicio P2 conocido, el sistema (R,S) y el sistema (s,S). Todos los sistemas de control mencionados resuelven de manera eficiente a los interrogantes principales que pretende resolver un sistema de control: ¿Cuánto ordenar?, ¿Cuándo ordenar? y ¿Con qué frecuencia revisar el nivel de inventario efectivo? Los sistemas tenidos en cuenta para para realizar la propuesta de control de inventarios corresponde tanto a sistemas continuos como periódicos y se trabajarán bajo el supuesto de que las transacciones de demanda se harán de manera unitaria.

Las políticas de control periódico suponen una revisión del inventario cada cierto tiempo ordenando una cantidad de pedido. Por otra parte, las políticas de revisión continua suponen la emisión de un nuevo pedido siempre y cuando el inventario efectivo sea menor o igual al punto de reorden. Las aplicaciones de los sistemas de pronóstico se realizaron para una demanda probabilística de acuerdo a los datos de demanda analizados para la empresa objeto de estudio.

8.2.1 Metodología de la selección del sistema.

Primero se calcularon las variables para desarrollar el sistema de control (s, Q), se determinó la cantidad económica de pedido (EOQ) y el punto de reorden teniendo en cuenta las variables básicas deducidas anteriormente tales como: costo del producto (V), el costo de ordenamiento (A), demanda anual (D) y tasa de mantenimiento del inventario (r), entre otros. Para el caso del sistema (R, S), establece el costo de ordenamiento incrementado en el costo de revisión del inventario (A'), el intervalo de revisión pre-especificado (R) y el nivel máximo de inventario hasta el que se ordena. Por último, el sistema (s, S) establece un punto de reorden s y un inventario máximo S .

A continuación, en las tablas 20 a 35, se exponen los valores obtenidos para los ítems clase A, las políticas evaluadas, el CTR incurrido, el nivel de servicio, el punto de reorden (s), la cantidad económica de pedido (EOQ) y el inventario máximo (S) para cada uno de los ítems. Los cálculos relacionados con el desarrollo de las políticas de control se encuentran incluidos en los anexos propios de este trabajo.

Resumen de políticas control RB3052C					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s, Q	1298,81	14539,60	-	\$ 540.617.291	95%
Sistema de control R, S	-	15139,96	31960,10	\$ 769.348.495	95%
Sistema de control s, S	1298,81	14539,60	15838,41	\$ 540.617.291	95%

Tabla 20. Políticas de control para AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL RB3052C
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RB3053					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s, Q	986,11	8794,99	-	\$ 253.562.447	95%
Sistema de control R, S	-	9140,02	28108,14	\$ 494.888.833	95%
Sistema de control s, S	986,113694	8794,99	9781,10	\$ 253.562.447	95%

Tabla 21. Políticas de control para AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO RB3053
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RC4055					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	24,72	672,45	-	\$ 412.595.136	96%
Sistema de control R,S	-	700,21	1094,29	\$ 560.495.825	96%
Sistema de control s,S	24,72	672,45	697,16	\$ 412.595.136	96%

Tabla 22. Políticas de control para AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND RC4055A
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RC4055A					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	51,63	885,53	-	\$ 848.200.404	95%
Sistema de control R,S	-	922,10	1598,28	\$ 957.537.460	95%
Sistema de control s,S	51,63	885,53	937,16	\$ 848.200.404	95%

Tabla 23. Políticas de control para AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND RC4055A
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RE2003					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	832,95	32228,92	-	\$ 210.874.005	95%
Sistema de control R,S	-	33559,69	35438,37	\$ 243.548.858	95%
Sistema de control s,S	832,952349	32228,92	33061,87	\$ 210.874.005	95%

Tabla 24. Políticas de control para AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND RE2003
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RE2004					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	94,00	7792,28	-	\$ 54.704.354	95%
Sistema de control R,S	-	8097,97	11334,35	\$ 77.962.001	95%
Sistema de control s,S	93,9976509	7792,28	7886,28	\$ 54.704.354	95%

Tabla 25. Políticas de control para AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND RE2004
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RE2005					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	1395,25	29888,31	-	\$ 546.757.019	95%
Sistema de control R,S	-	31122,42	33157,19	\$ 570.387.209	95%
Sistema de control s,S	1395,24645	29888,31	31283,55	\$ 546.757.019	95%

Tabla 26. Políticas de control para AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND RE2005
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RE2006					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	750,56	22005,85	-	\$ 341.900.511	95%
Sistema de control R,S	-	22914,50	23939,99	\$ 359.643.166	95%
Sistema de control s,S	750,55742	22005,85	22756,41	\$ 341.900.511	95%

Tabla 27. Políticas de control para AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND RE2006
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RM4001					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	275,72	20519,21	-	\$ 74.847.658	95%
Sistema de control R,S	-	21324,19	26441,96	\$ 80.337.194	95%
Sistema de control s,S	275,718954	20519,21	20794,93	\$ 74.847.658	95%

Tabla 28. Políticas de control para AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND RM4001
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RM4002					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	252,64	7380,16	-	\$ 72.019.765	95%
Sistema de control R,S	-	7684,89	18613,93	\$ 207.872.457	95%
Sistema de control s,S	252,64145	7380,16	7632,80	\$ 72.019.765	95%

Tabla 29. Políticas de control para AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND RM4002
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RM4005					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	574,65	19086,38	-	\$ 147.137.167	95%
Sistema de control R,S	-	19874,48	20880,53	\$ 299.895.408	95%
Sistema de control s,S	574,647958	19086,38	19661,03	\$ 147.137.167	95%

Tabla 30. Políticas de control para AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND RM4005
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RM4051					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	254,62	7569,57	-	\$ 153.772.575	95%
Sistema de control R,S	-	7866,52	13359,26	\$ 230.807.955	95%
Sistema de control s,S	254,615501	7569,57	7824,18	\$ 153.772.575	95%

Tabla 31. Políticas de control para AZ. MORENA 50 Kg RM4051
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RM4051A					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	738,25	17069,77	-	\$ 247.125.948	95%
Sistema de control R,S	-	17774,59	28597,76	\$ 341.009.190	95%
Sistema de control s,S	738,248247	17069,77	17808,01	\$ 247.125.948	95%

Tabla 32. Políticas de control para AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION RM4051A
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RR1051					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	274,47	7217,28	-	\$ 181.446.258	95%
Sistema de control R,S	-	7500,42	18113,78	\$ 321.339.494	95%
Sistema de control s,S	274,473244	7217,28	7491,76	\$ 181.446.258	95%

Tabla 33. Políticas de control para AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL RR1051
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RR1052					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	7169,33	7858,22	-	\$ 296.574.996	95%
Sistema de control R,S	-	8182,70	96447,95	\$ 1.395.867.382	95%
Sistema de control s,S	7169,32672	7858,22	15027,55	\$ 296.574.996	95%

Tabla 34. Políticas de control para AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN RR1052
Fuente: Los Autores 2017.

Resumen de políticas control RR1052B					
Sistemas de control	aspectos generales				
	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
Sistema de control s,Q	1106,01	14043,21	-	\$ 528.658.863	95%
Sistema de control R,S	-	14623,07	29729,25	\$ 721.944.511	95%
Sistema de control s,S	1106,00545	14043,21	15149,21	\$ 528.658.863	95%

Tabla 35. Políticas de control para AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN RR1052B
Fuente: Los Autores 2017.

Adicionalmente se realizó la comparación entre los valores de los costos totales de mantenimiento y producción de inventario suministrados por la empresa para cada referencia, con el CTR (Costo Total Relevante) arrojado por cada una de las políticas de control de inventario (s, S) y (s,Q) diseñadas en el presente trabajo. A continuación, la tabla 36 resume la comparación entre ambos costos:

Codigo	Costo anual aprox	CTR Propuesto	Disminucion %
RB3052C	\$ 1.144.324.398	\$ 540.617.291	112%
RB3053	\$ 289.163.359	\$ 253.562.447	14%
RC4055	\$ 501.062.725	\$ 412.595.136	21%
RC4055A	\$ 949.729.133	\$ 848.200.404	12%
RE2003	\$ 261.049.610	\$ 210.874.005	24%
RE2004	\$ 68.969.616	\$ 54.704.354	26%
RE2005	\$ 628.472.707	\$ 546.757.019	15%
RE2006	\$ 470.002.053	\$ 341.900.511	37%
RM4001	\$ 147.916.994	\$ 74.847.658	98%
RM4002	\$ 84.282.408	\$ 72.019.765	17%
RM4005	\$ 311.090.752	\$ 147.137.167	111%
RM4051	\$ 290.095.431	\$ 153.772.575	89%
RM4051A	\$ 420.295.387	\$ 247.125.948	70%
RR1051	\$ 324.553.228	\$ 181.446.258	79%
RR1052	\$ 375.146.343	\$ 296.574.996	26%
RR1052B	\$ 624.370.509	\$ 528.658.863	18%
Promedio de disminucion %			48%

Tabla 36. Comparación de costos. Fuente: Los Autores 2017.

De acuerdo a el análisis desarrollado a cada una de las tablas de resumen de las políticas de control diseñadas para los ítems clase A, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Para el 100% de los ítems evaluados los sistemas que generan un menor costo total relevante (CTR) son tanto el sistema (s, Q) con P2 especificado como el sistema (s, S). El sistema (R, S) posee resultados con CTR mayores y por lo tanto menos conveniente.
- El CTR resultante tanto del sistema (s, Q) como del sistema (s, S) resulta ser igual debido a que para cada ítem se desarrolló una política de inventarios que trabajo bajo el supuesto de transacciones de demanda unitarias (sin caídas de inventario por debajo del punto de reorden s), por lo tanto, el tamaño del pedido resulta ser igual a $S - s$ permitiendo que ambos sistemas coincidan y sean en su totalidad similares.
- El sistema (R, S) resulta generar para todos los ítems evaluados un CTR en promedio 71% mayor a los costos resultantes de los sistemas (s,Q) y (s,S).
- Se muestra evidente que el sistema de control que tiene mayores valores correspondientes a los datos de inventario máximo S y tamaño de pedido Q generara

un CTR mayor debido a que los costos de ordenamiento y almacenamiento se ven sensiblemente incrementados.

- Se puede concluir que cuando se trabaja bajo transacciones unitarias el sistema de control (s, S) puede ejercer la misma función con relación al CTR arrojado por el sistema (s, Q) . Sin embargo, cuando las demandas de los ítems tienen un fuerte comportamiento errático no es aconsejable utilizar la forma tradicional $S = s + Q$ sino por el contrario la utilización de la distribución probabilística de las caídas de inventario por debajo del punto de reorden s .
- El diseño de las políticas de control de inventario demostró arrojar valores mucho menores en los costos asociados al ordenamiento, almacenamiento y faltantes de cada una de las referencias de producto estudiadas en el presente trabajo en comparación con los costos que la empresa actualmente utiliza para el ajuste de sus inventarios. En promedio la aplicación del mejor sistema de control de inventario redujo los costos hasta un 48%, situación que demuestra los beneficios de la utilización de las políticas de control.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el análisis correspondiente a la propuesta de control de inventarios para los ítems de mayor impacto para la bodega de producto terminado de la empresa objeto de estudio que permita minimizar los costos totales de inventarios y que de igual manera permita garantizar un nivel de servicio aceptable, se lograron los siguientes resultados:

En el diagnóstico de la situación actual del almacén se pudo comprobar que, aunque la gestión del inventario se realiza de acuerdo a un plan de producción en apoyo al sistema de gestión empresarial SAP, existen numerosos datos relacionados con la formulación del inventario que requieren mayor veracidad y exactitud con el fin de lograr en proyecciones futuras una mejor estimación.

Con respecto a la clasificación ABC multicriterio realizada con el objetivo de determinar las referencias que, por su nivel de ventas, inventario promedio al costo y rotación generan un impacto importante en el inventario general de la empresa. De esta clasificación se pueden establecer 16 ítems (ver Tabla 9) que representan el 23% del total de ítems del inventario de producto terminado.

En el análisis de la demanda de los ítems clase A obtenidos mediante la clasificación ABC multicriterio se encontró que la mayoría de los ítems poseen un tipo de demanda con tendencia, dos presentaron demanda errática y los restantes presentaron una demanda estable, perpetua o uniforme. Cabe anotar que el desarrollo de los sistemas de pronósticos fue más efectivo en la minimización del ECM (Error cuadrático medio) en los sistemas suavizados con valor alpha optimizado. Por su parte el método de Croston obtuvo resultados eficientes para los ítems que presentaron demanda errática.

Con el objetivo de establecer el sistema de control de inventarios se realizó la simulación de tres métodos: El sistema (s, Q) con nivel de servicio P2, el sistema (R, s) y el sistema (s, S). Como resultado se obtuvo que para el 100% de los ítems clase A evaluados, tanto el sistema (s, Q) como el sistema (s, S) arrojaron el CTR (Costo Total Relevante) más bajo, seguidos por el sistema de control (R, S) cuyos resultados obtuvieron un costo más elevado en un promedio de 70% con respecto a los demás sistemas. Adicionalmente con la aplicación de este diseño de control de inventarios se garantiza bajo un nivel de servicio de 95% la reducción de los costos de inventario en un 48% aproximadamente.

Respondiendo al objetivo principal de la política de inventario planteada que propone responder a los interrogantes: ¿cuánto producto ordenar?, ¿cuándo ordenarlo? y ¿con qué frecuencia?, se puede concluir que para el caso estudiado donde la mayor parte del CTR de las referencias se ve minimizado con los sistemas (s, Q) y (s,S), se debe ordenar una cantidad Q cada que el nivel de inventario efectivo sea menor o igual al punto de reorden, y se debe revisar el nivel del mismo continuamente, es decir, cada que haya una transacción, salida y entradas de artículos. Para el caso del sistema (s,S) se debe ordenar la misma cantidad Q que

eleve el inventario hasta un nivel máximo S cada vez que el inventario sea menor o igual al punto de reorden s .

Con el fin de lograr mejoras en las políticas de control de inventario propuestas en el presente trabajo, se recomienda desarrollar sistemas de control de inventario (s, S) con distribución probabilística que tengan en cuenta las caídas de inventario por debajo del punto de reorden bajo transacciones de demanda variable o no unitaria. Lo anterior permite que el sistema se adapte de manera más real a las condiciones propias de la demanda de los productos desarrollados en la actualidad, que por lo general tienden a presentar variaciones considerables de un periodo a otro. Asimismo, se pueden desarrollar sistemas de control de inventario que consideren demanda aleatoria y lead time aleatorio o también el desarrollo de un sistema min-max de inventario de ítems con demanda errática que permita adaptarse al control conjunto de ítems, teniendo en cuenta que dada la naturaleza de las referencias descritas (azúcar) permitiría un manejo relativamente adecuado.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Arango, Giraldo y Castrillón. (2013). Gestión de compras e inventarios a partir de pronosticos holts-winters y diferenciacion de nivel de servicio por calificación ABC. *Scientia et Technica Año XVIII*.
- Bello y Martinez. (2007). Una metodología de series de tiempo para el área de la salud; caso práctico. *Facultad Nacional de Salud Publica*.
- Castro Zuluaga et al. (2011). Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios.
- Correa Morales, Díaz Serna, Ramírez Agudelo y Valencia Cárdenas. (2014). Aplicación de Modelación bayesiana y optimización para pronósticos de demanda. *Ingeniería y Desarrollo, Vol 32, No 2*.
- Corres, Esteban, García y Zarate. (2009). Analisis de Series Temporales. *Dialnet*.
- Donald w. Fogarty, John H. Blackstone JR, Thomas R. Hoffman. (1994). *administracion dela produccion e inventarios*.
- Gutierrez, V. (2007). Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento. *Scielo*.
- Jay Heizer; Barry Render. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones - Decisiones tácticas*. Madrid: PEARSON - Prentice Hall.
- Krajewsky y Ritzman. (2000). *Administracion de Operaciones. Estrategias y Analisis*. Mexico: Pearson Education.
- Krajewsky, Ritzman y Malhotra. (2008). *Administracion de Operaciones. Octava edicion*. Mexico: Pearson Education.
- López y Ramiro. (2014). Metodología para el pronóstico de la demanda en ambientes multiproducto y de alta variabilidad. *tecnura- Redalyc*.
- MEJÍA, G. H. (2015). *EXCESOS Y AGOTADOS DE INVENTARIOS - ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE RETRASOS EN MANTENIMIENTO*. MEDELLÍN - COLOMBIA: UNIVERSIDAD EAFIT.
- Moran y Gomes . (2005). Una Forma de Clasificación Multicriterio-ABC. *Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Producao*.
- Moran y Gomes. (2005). *Una forma de clasificacion abc multicriterio*.
- Muller, M. (2005). *FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACION DE INVENTARIOS*. Norma.

- Negron, M. (2009). PRONÓSTICOS BAYESIANOS USANDO SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, vol. 14.
- Parada Gutierrez, O. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Scielo*.
- Peña, I. (2014). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS DE REPUESTOS PARA COSECHADORAS EN UN INGENIO AZUCARERO DEL VALLE DEL VAUCA*. Santiago de Cali.
- Perez, Cifuentes, Vasquez y Ocampo. (2013). an inventory model for a food company. *ingenieria industrial*.
- Pérez, Mosquera y Bravo. (2012). APLICACIÓN DE MODELOS DE PRONÓSTICOS EN PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial VOL10 No.2*.
- Ramirez, Cardona, Gonzales y Valencia. (2013). Comparacion de Metodologias Estadisticas en el Pronostico de la Demanda. *Ingenieria industrial UPB/ Vol. 01/ No. 01*.
- Rátiva, R. A. (2014). *Modelo de Gestión del Inventario de Piezas de Recambio*. Barcelona, España: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.
- Sierra y Acosta, Guzman y Mora. (2015). *Administracion y Control de Inventarios*. Eumed.
- Vidal Holguin, C. J. (2005). *Fundamentos de Gestion de Inventarios*. Santiago de Cali.: Universidad del Valle-Facultad de Ingenieria.
- Vidal y Rodriguez. (2009). Un Metodo Heuristico para el Control de Inventarios de Productos de Corta Vida. *Ingenieria y Competitividad volumen 11 No 1*.
- Vidal, Londoño y Contreras. (2004). aplicacion de modelos de inventarios en modelos de abastecimiento. *Ingenieria y Competitividad*.

11 ANEXOS

Anexo 1. Datos de criterios clasificación ABC Multicriterio

		CRITERIOS				
MATERIAL		GradoRotStkTot	Costo \$/Q	Demanda Kg	Demanda QQ	Ventas
CC4050	AZ. CRUDO GRANEL EXPORTACIÓN	13	46.950	652730	13054,6	\$ 1.174.914.000
CR1057	AZ. REFINO 25 Kg PP LAMINADO EXPORT	8,01	171	77175	1543,5	\$ 138.915.000
CS3056A	AZ. BLANCO 50 Kg EXPORTACIÓN TIPO A	19,33	49.502	2851600	57032	\$ 5.132.880.000
LG1016	AZ. RIOPALA LIGHT 454gr x 12 UND	26,17	115.021	28485,04	569,7008	\$ 51.273.072
LG1017	AZ. RIOPALA LIGHT 850gr x 8 UND	17,07	104.035	1557,2	31,144	\$ 2.802.960
LG1018	AZ. RIOPALA SP LIGHT 250gr x 100 UND	17,42	205.155	3321	66,42	\$ 5.977.800
LG1020	AZ. LIGHT GRANO FINO 50KG EXPORTACION	13	115.021	43500	870	\$ 78.300.000
LM4014	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 454gr x 12 UND	9,67	112.420	11843,952	236,87904	\$ 21.319.114
LM4015	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 850gr x 8 UND	18,25	101.014	25853,6	517,072	\$ 46.536.480
LM4016	AZ. RIOPAILA SP LG MORENA 250gr x 100UND	2,69	207.499	1785	35,7	\$ 3.213.000
RB3052A	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	67,32	46.054	78750	1575	\$ 141.750.000
RB3052C	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	90,2	52.558	12468500	249370	\$ 22.443.300.000
RB3053	AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO	45,57	51.571	3824100	76482	\$ 6.883.380.000
RB3054	AZ. BLANCO 1000 Kg BIG BAG	15,23	52.130	210000	4200	\$ 378.000.000
RB3058	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg B-A	36,15	41.847	596575	11931,5	\$ 1.073.835.000
RB3062	AZ. MICROPULVERIZADO 35 Kg B-A	52,59	29.991	3032050	60641	\$ 5.457.690.000
RB3063	AZ. MICROPULVERIZADO 37.5 Kg B-A	41,04	26.873	1863562,5	37271,25	\$ 3.354.412.500
RB3065	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	82,36	49.914	1857275	37145,5	\$ 3.343.095.000
RB3065A	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	12,84	52.957	24750	495	\$ 44.550.000
RB3066	AZ. BLANCO GRANEL INDUSTRIA	26,21	44.782	510	10,2	\$ 918.000
RB3070	AZ. BLANCO 1250KG BIG BAG	21,8	52.130	1561250	31225	\$ 2.810.250.000
RC4055	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG	36,94	52.084	7178000	143560	\$ 12.920.400.000
RC4055A	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND	48,22	44.474	13298000	265960	\$ 23.936.400.000
RC4055B	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG (EUROPA)	58,54	52.116	1562000	31240	\$ 2.811.600.000
RE2003	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND	178,1	52.533	12263262,5	245265,25	\$ 22.073.872.500
RE2004	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND	112,61	52.302	1887725	37754,5	\$ 3.397.905.000
RE2005	AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND	93,23	53.604	21125350	422507	\$ 38.025.630.000
RE2006	AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND	57,6	52.189	10435225	208704,5	\$ 18.783.405.000

RE2007	AZ. RIOPAILA SUPREMA 5 Kg x 5 UND	36,38	52.167	3527800	70556	\$ 6.350.040.000
RE2008	AZ. RIOPAILA SP MOTIVOS SUPREMA x 10 UND	29,8	81.156	4565642,25	91312,845	\$ 8.218.156.050
RE2009	AZ. SUPERCOFFE SP x 8 UND	35,64	88.634	67524	1350,48	\$ 121.543.200
RE2017	AZ. BLANCO 2.5 Kg GRATIS 250 g	2,58	52.433	18892,5	377,85	\$ 34.006.500
RE2024	AZ. RIOPAILA SP SUPREMA x 10 UND	4,38	69.935	404946,75	8098,935	\$ 728.904.150
RE2027	AZ RIOPAILA SUPREMA BIOECO 2 Kg X 12 UND	5,74	55.863	1104	22,08	\$ 1.987.200
RE2030	AZ. RIOPAILA SOBRES SUPREMA X 10 UND	32,14	71.386	12550	251	\$ 22.590.000
RE2031	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE ANDRES X 10UD	3,25	81.885	1784,25	35,685	\$ 3.211.650
RE2032	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE STARBUCK X 10	10,74	81.885	820	16,4	\$ 1.476.000
RM4001	AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND	131,42	22.394	4522037,5	90440,75	\$ 8.139.667.500
RM4002	AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND	86,36	51.902	10818375	216367,5	\$ 19.473.075.000
RM4005	AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND	60,08	51.936	7496075	149921,5	\$ 13.492.935.000
RM4006	AZ. RIOPAILA MORENA 5 Kg X 5 UND	23,06	49.453	1590650	31813	\$ 2.863.170.000
RM4010	AZ. RIOPAILA SP MORENA x 10 UND	79,81	87.848	48525,75	970,515	\$ 87.346.350
RM4017	AZ. RIOPAILA MORENA SOBRE ANDRES X 10U	5,19	87.850	1280	25,6	\$ 2.304.000
RM4018	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA X 10 UND	3,92	71.386	650	13	\$ 1.170.000
RM4019	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA STARBUCK X 10	11,55	71.386	1320	26,4	\$ 2.376.000
RM4051	AZ. MORENA 50 Kg	16,51	47.079	2523750	50475	\$ 4.542.750.000
RM4051A	AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION	23,99	47.605	7435050	148701	\$ 13.383.090.000
RM4052	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg PP NACIONAL	4,24	51.523	97800	1956	\$ 176.040.000
RM4052A	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg EXPORTACION	116,53	51.523	325400	6508	\$ 585.720.000
RM4055	AZ. MORENA 25 Kg	15,36	52.623	2975275	59505,5	\$ 5.355.495.000
RM4055A	AZ. MORENA 25 KG DEMERA GOLD	55,2	52.682	96425	1928,5	\$ 173.565.000
RM4057	AZ MORENA RIOPAILA ALTA HUM. 22.68Kg Pol	7,22	52.682	24927,8	498,556	\$ 44.870.040
RM4057A	AZ MORENA RIOPAILA 22.68KG POLIPROPILENO	17,1	52.682	242159	4843,18	\$ 435.886.200
RR1006	AZ MICROPULVERIZADO 5 Kg X 5 UND - RA	35,83	50.379	561325	11226,5	\$ 1.010.385.000
RR1012	AZ. RIOPALA PULVERIZADA TRAD. X 24 UND	33,25	85.942	16656	333,12	\$ 29.980.800
RR1051	AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	32,18	52.118	74449	1488,98	\$ 134.008.200
RR1052	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	76,46	51.909	6927800	138556	\$ 12.470.040.000
RR1052B	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	49	50.263	11413550	228271	\$ 20.544.390.000
RR1053	AZ. REFINO 1000 Kg BIG BAG INDUSTRIA	122,56	52.540	709000	14180	\$ 1.276.200.000
RR1054	AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg INDUSTRIA	59,8	51.457	40500	810	\$ 72.900.000
RR1059	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg R-A	6,5	51.521	4750	95	\$ 8.550.000
RR1064	AZ. REFINO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	30,89	50.354	752500	15050	\$ 1.354.500.000
RR1065	AZ. REFINO 600 Kg JUMBO BAG INDUSTRIA	5,78	34.262	19800	396	\$ 35.640.000
RR1071	AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg EXPORTACION	26,1	51.943	2270750	45415	\$ 4.087.350.000
RU2000	AZ. RIOPAILA RUBIA 2.5 kg x 10 UND	29,11	49.822	340150	6803	\$ 612.270.000
RU2002	AZ. RIOPALA RUBIA 1 Kg X 25 UND	7,82	52.086	204075	4081,5	\$ 367.335.000
SS1010	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRES X 50 UDS	14,35	1.125.740	3950,4	79,008	\$ 7.110.720
SS1011	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 100UDS	16,1	1.116.833	7106,4	142,128	\$ 12.791.520
SS1012	RIOPAILA SENZA SIN CAL DOYPACK X 200g	22,94	945.641	10317,6	206,352	\$ 18.571.680
SS1015	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X100UND	3,65	441	106,524	2,13048	\$ 191.743
SS1016	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X300UND	3,13	470	160,38	3,2076	\$ 288.684
SS1017	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 500UDS	24,52	955.236	3223000	64460	\$ 5.801.400.000

Anexo 2. Clasificación por criterios.

Clasificación por Rotación					
MATERIAL		Rotación	Normalización	Peso criterio	Peso producto
RE2003	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND	178,1	1	0,27	0,27
RM4001	AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND	131,42	0,737900056	0,27	0,199233015
RR1053	AZ. REFINO 1000 Kg BIG BAG INDUSTRIA	122,56	0,688152723	0,27	0,185801235
RM4052A	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg EXPORTACION	116,53	0,65429534	0,27	0,176659742
RE2004	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND	112,61	0,632285233	0,27	0,170717013
RE2005	AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND	93,23	0,523469961	0,27	0,141336889
RB3052C	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	90,2	0,506457047	0,27	0,136743403
RM4002	AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND	86,36	0,484896126	0,27	0,130921954
RB3065	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	82,36	0,462436833	0,27	0,124857945
RM4010	AZ. RIOPAILA SP MORENA x 10 UND	79,81	0,448119034	0,27	0,120992139
RR1052	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	76,46	0,429309377	0,27	0,115913532
RB3052A	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	67,32	0,377989893	0,27	0,102057271
RM4005	AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND	60,08	0,337338574	0,27	0,091081415
RR1054	AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg INDUSTRIA	59,8	0,335766423	0,27	0,090656934
RC4055B	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG (EUROPA)	58,54	0,328691746	0,27	0,088746771
RE2006	AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND	57,6	0,323413812	0,27	0,087321729
RM4055A	AZ. MORENA 25 KG DEMERA GOLD	55,2	0,309938237	0,27	0,083683324
RB3062	AZ. MICROPULVERIZADO 35 Kg B-A	52,59	0,295283549	0,27	0,079726558
RR1052B	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	49	0,275126334	0,27	0,07428411
RC4055A	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND	48,22	0,270746771	0,27	0,073101628
RB3053	AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO	45,57	0,25586749	0,27	0,069084222
RB3063	AZ. MICROPULVERIZADO 37.5 Kg B-A	41,04	0,230432341	0,27	0,062216732
RC4055	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG	36,94	0,207411567	0,27	0,056001123
RE2007	AZ. RIOPAILA SUPREMA 5 Kg x 5 UND	36,38	0,204267266	0,27	0,055152162
RB3058	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg B-A	36,15	0,202975856	0,27	0,054803481
RR1006	AZ MICROPULVERIZADO 5 Kg X 5 UND - RA	35,83	0,201179113	0,27	0,05431836
RE2009	AZ. SUPERCOFFE SP x 8 UND	35,64	0,200112296	0,27	0,05403032
RR1012	AZ. RIOPALA PULVERIZADA TRAD. X 24 UND	33,25	0,186692869	0,27	0,050407075
RR1051	AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	32,18	0,180685008	0,27	0,048784952
RE2030	AZ. RIOPAILA SOBRES SUPREMA X 10 UND	32,14	0,180460415	0,27	0,048724312
RR1064	AZ. REFINO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	30,89	0,173441887	0,27	0,046829309
RE2008	AZ. RIOPAILA SP MOTIVOS SUPREMA x 10 UND	29,8	0,167321729	0,27	0,045176867
RU2000	AZ. RIOPAILA RUBIA 2.5 kg x 10 UND	29,11	0,163447501	0,27	0,044130825
RB3066	AZ. BLANCO GRANEL INDUSTRIA	26,21	0,147164514	0,27	0,039734419
LG1016	AZ. RIOPALA LIGHT 454gr x 12 UND	26,17	0,146939921	0,27	0,039673779
RR1071	AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg EXPORTACION	26,1	0,146546884	0,27	0,039567659
SS1017	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 500UDS	24,52	0,137675463	0,27	0,037172375
RM4051A	AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION	23,99	0,134699607	0,27	0,036368894

RM4051A	AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION	23,99	0,134699607	0,27	0,036368894
RM4006	AZ. RIOPAILA MORENA 5 Kg X 5 UND	23,06	0,129477821	0,27	0,034959012
SS1012	RIOPAILA SENZA SIN CAL DOYPACK X 200g	22,94	0,128804043	0,27	0,034777092
RB3070	AZ. BLANCO 1250KG BIG BAG	21,8	0,122403144	0,27	0,033048849
CS3056A	AZ. BLANCO 50 Kg EXPORTACIÓN TIPO A	19,33	0,108534531	0,27	0,029304323
LM4015	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 850gr x 8 UND	18,25	0,102470522	0,27	0,027667041
LG1018	AZ. RIOPALA SP LIGHT 250gr x 100 UND	17,42	0,097810219	0,27	0,026408759
RM4057A	AZ MORENA RIOPAILA 22.68KG POLIPROPILENO	17,1	0,096013476	0,27	0,025923638
LG1017	AZ. RIOPALA LIGHT 850gr x 8 UND	17,07	0,095845031	0,27	0,025878158
RM4051	AZ. MORENA 50 Kg	16,51	0,09270073	0,27	0,025029197
SS1011	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 100UDS	16,1	0,090398652	0,27	0,024407636
RM4055	AZ. MORENA 25 Kg	15,36	0,086243683	0,27	0,023285794
RB3054	AZ. BLANCO 1000 Kg BIG BAG	15,23	0,085513756	0,27	0,023088714
SS1010	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRES X 50 UDS	14,35	0,080572712	0,27	0,021754632
CC4050	AZ. CRUDO GRANEL EXPORTACIÓN	13	0,072992701	0,27	0,019708029
LG1020	AZ. LIGHT GRANO FINO 50KG EXPORTACION	13	0,072992701	0,27	0,019708029
RB3065A	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	12,84	0,072094329	0,27	0,019465469
RM4019	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA STARBUCK X 10	11,55	0,064851207	0,27	0,017509826
RE2032	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE STARBUCK X 10	10,74	0,0603032	0,27	0,016281864
LM4014	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 454gr x 12 UND	9,67	0,05429534	0,27	0,014659742
CR1057	AZ. REFINO 25 Kg PP LAMINADO EXPORT	8,01	0,044974733	0,27	0,012143178
RU2002	AZ. RIOPALA RUBIA 1 Kg X 25 UND	7,82	0,043907917	0,27	0,011855138
RM4057	AZ MORENA RIOPAILA ALTA HUM. 22.68Kg Pol	7,22	0,040539023	0,27	0,010945536
RR1059	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg R-A	6,5	0,03649635	0,27	0,009854015
RR1065	AZ. REFINO 600 Kg JUMBO BAG INDUSTRIA	5,78	0,032453678	0,27	0,008762493
RE2027	AZ RIOPAILA SUPREMA BIOECO 2 Kg X 12 UND	5,74	0,032229085	0,27	0,008701853
RM4017	AZ. RIOPAILA MORENA SOBRE ANDRES X 10U	5,19	0,029140932	0,27	0,007868052
RE2024	AZ. RIOPAILA SP SUPREMA x 10 UND	4,38	0,024592925	0,27	0,00664009
RM4052	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg PP NACIONAL	4,24	0,02380685	0,27	0,00642785
RM4018	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA X 10 UND	3,92	0,022010107	0,27	0,005942729
SS1015	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X100UND	3,65	0,020494104	0,27	0,005533408
RE2031	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE ANDRES X 10UD	3,25	0,018248175	0,27	0,004927007
SS1016	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X300UND	3,13	0,017574396	0,27	0,004745087
LM4016	AZ. RIOPAILA SP LG MORENA 250gr x 100UND	2,69	0,015103874	0,27	0,004078046
RE2017	AZ. BLANCO 2.5 Kg GRATIS 250 g	2,58	0,014486244	0,27	0,003911286

Clasificación por Venta					
MATERIAL		Ventas	Normalización	Peso criterio	Peso producto
RE2005	AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND	\$ 38.025.630.000	1	0,37	0,37
RC4055A	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND	\$ 23.936.400.000	0,629480695	0,37	0,232907857
RB3052C	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	\$ 22.443.300.000	0,590215073	0,37	0,218379577
RE2003	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND	\$ 22.073.872.500	0,58049985	0,37	0,214784944
RR1052B	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	\$ 20.544.390.000	0,540277439	0,37	0,199902653
RM4002	AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND	\$ 19.473.075.000	0,512103941	0,37	0,189478458
RE2006	AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND	\$ 18.783.405.000	0,493966964	0,37	0,182767777
RM4005	AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND	\$ 13.492.935.000	0,354837908	0,37	0,131290026
RM4051A	AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION	\$ 13.383.090.000	0,351949198	0,37	0,130221203
RC4055	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG	\$ 12.920.400.000	0,339781353	0,37	0,125719101
RR1052	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	\$ 12.470.040.000	0,327937762	0,37	0,121336972
RE2008	AZ. RIOPAILA SP MOTIVOS SUPREMA x 10 UND	\$ 8.218.156.050	0,216121496	0,37	0,079964954
RM4001	AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND	\$ 8.139.667.500	0,2140574	0,37	0,079201238
RB3053	AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO	\$ 6.883.380.000	0,181019486	0,37	0,06697721
RE2007	AZ. RIOPAILA SUPREMA 5 Kg x 5 UND	\$ 6.350.040.000	0,166993683	0,37	0,061787663
SS1017	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 500UDS	\$ 5.801.400.000	0,15256552	0,37	0,056449242
RB3062	AZ. MICROPULVERIZADO 35 Kg B-A	\$ 5.457.690.000	0,143526616	0,37	0,053104848
RM4055	AZ. MORENA 25 Kg	\$ 5.355.495.000	0,140839087	0,37	0,052110462
CS3056A	AZ. BLANCO 50 Kg EXPORTACIÓN TIPO A	\$ 5.132.880.000	0,134984746	0,37	0,049944356
RM4051	AZ. MORENA 50 Kg	\$ 4.542.750.000	0,119465476	0,37	0,044202226
RR1071	AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg EXPORTACION	\$ 4.087.350.000	0,107489343	0,37	0,039771057
RE2004	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND	\$ 3.397.905.000	0,089358283	0,37	0,033062565
RB3063	AZ. MICROPULVERIZADO 37.5 Kg B-A	\$ 3.354.412.500	0,088214515	0,37	0,03263937
RB3065	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	\$ 3.343.095.000	0,087916887	0,37	0,032529248
RM4006	AZ. RIOPAILA MORENA 5 Kg X 5 UND	\$ 2.863.170.000	0,075295794	0,37	0,027859444
RC4055B	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG (EUROPA)	\$ 2.811.600.000	0,073939603	0,37	0,027357653
RB3070	AZ. BLANCO 1250KG BIG BAG	\$ 2.810.250.000	0,073904101	0,37	0,027344517
RR1064	AZ. REFINO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	\$ 1.354.500.000	0,035620712	0,37	0,013179663
RR1053	AZ. REFINO 1000 Kg BIG BAG INDUSTRIA	\$ 1.276.200.000	0,033561574	0,37	0,012417782
CC4050	AZ. CRUDO GRANEL EXPORTACIÓN	\$ 1.174.914.000	0,03089795	0,37	0,011432241
RB3058	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg B-A	\$ 1.073.835.000	0,028239769	0,37	0,010448714
RR1006	AZ MICROPULVERIZADO 5 Kg X 5 UND - RA	\$ 1.010.385.000	0,026571157	0,37	0,009831328
RE2024	AZ. RIOPAILA SP SUPREMA x 10 UND	\$ 728.904.150	0,019168759	0,37	0,007092441
RU2000	AZ. RIOPAILA RUBIA 2.5 kg x 10 UND	\$ 612.270.000	0,016101508	0,37	0,005957558
RM4052A	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg EXPORTACION	\$ 585.720.000	0,015403295	0,37	0,005699219
RM4057A	AZ MORENA RIOPAILA 22.68KG POLIPROPILENO	\$ 435.886.200	0,011462958	0,37	0,004241294
RB3054	AZ. BLANCO 1000 Kg BIG BAG	\$ 378.000.000	0,009940664	0,37	0,003678046
RU2002	AZ. RIOPALA RUBIA 1 Kg X 25 UND	\$ 367.335.000	0,009660195	0,37	0,003574272

RM4052	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg PP NACIONAL	\$ 176.040.000	0,004629509	0,37	0,001712918
RM4055A	AZ. MORENA 25 KG DEMERA GOLD	\$ 173.565.000	0,004564421	0,37	0,001688836
RB3052A	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	\$ 141.750.000	0,003727749	0,37	0,001379267
CR1057	AZ. REFINO 25 Kg PP LAMINADO EXPORT	\$ 138.915.000	0,003653194	0,37	0,001351682
RR1051	AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	\$ 134.008.200	0,003524155	0,37	0,001303937
RE2009	AZ. SUPERCOFFE SP x 8 UND	\$ 121.543.200	0,003196349	0,37	0,001182649
RM4010	AZ. RIOPAILA SP MORENA x 10 UND	\$ 87.346.350	0,002297039	0,37	0,000849904
LG1020	AZ. LIGHT GRANO FINO 50KG EXPORTACION	\$ 78.300.000	0,002059137	0,37	0,000761881
RR1054	AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg INDUSTRIA	\$ 72.900.000	0,001917128	0,37	0,000709337
LG1016	AZ. RIOPALA LIGHT 454gr x 12 UND	\$ 51.273.072	0,001348382	0,37	0,000498901
LM4015	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 850gr x 8 UND	\$ 46.536.480	0,001223819	0,37	0,000452813
RM4057	AZ MORENA RIOPAILA ALTA HUM. 22.68Kg Pol	\$ 44.870.040	0,001179995	0,37	0,000436598
RB3065A	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	\$ 44.550.000	0,001171578	0,37	0,000433484
RR1065	AZ. REFINO 600 Kg JUMBO BAG INDUSTRIA	\$ 35.640.000	0,000937263	0,37	0,000346787
RE2017	AZ. BLANCO 2.5 Kg GRATIS 250 g	\$ 34.006.500	0,000894305	0,37	0,000330893
RR1012	AZ. RIOPALA PULVERIZADA TRAD. X 24 UND	\$ 29.980.800	0,000788437	0,37	0,000291722
RE2030	AZ. RIOPAILA SOBRES SUPREMA X 10 UND	\$ 22.590.000	0,000594073	0,37	0,000219807
LM4014	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 454gr x 12 UND	\$ 21.319.114	0,000560651	0,37	0,000207441
SS1012	RIOPAILA SENZA SIN CAL DOYPACK X 200g	\$ 18.571.680	0,000488399	0,37	0,000180708
SS1011	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 100UDS	\$ 12.791.520	0,000336392	0,37	0,000124465
RR1059	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg R-A	\$ 8.550.000	0,000224848	0,37	8,31939E-05
SS1010	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRES X 50 UDS	\$ 7.110.720	0,000186998	0,37	6,91893E-05
LG1018	AZ. RIOPALA SP LIGHT 250gr x 100 UND	\$ 5.977.800	0,000157204	0,37	5,81657E-05
LM4016	AZ. RIOPAILA SP LG MORENA 250gr x 100UND	\$ 3.213.000	8,44956E-05	0,37	3,12634E-05
RE2031	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE ANDRES X 10UD	\$ 3.211.650	8,44601E-05	0,37	3,12503E-05
LG1017	AZ. RIOPALA LIGHT 850gr x 8 UND	\$ 2.802.960	7,37124E-05	0,37	2,72736E-05
RM4019	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA STARBUCK X 10	\$ 2.376.000	6,24842E-05	0,37	2,31191E-05
RM4017	AZ. RIOPAILA MORENA SOBRE ANDRES X 10U	\$ 2.304.000	6,05907E-05	0,37	2,24186E-05
RE2027	AZ RIOPAILA SUPREMA BIOECO 2 Kg X 12 UND	\$ 1.987.200	5,22595E-05	0,37	1,9336E-05
RE2032	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE STARBUCK X 10	\$ 1.476.000	3,88159E-05	0,37	1,43619E-05
RM4018	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA X 10 UND	\$ 1.170.000	3,07687E-05	0,37	1,13844E-05
RB3066	AZ. BLANCO GRANEL INDUSTRIA	\$ 918.000	2,41416E-05	0,37	8,9324E-06
SS1016	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X300UND	\$ 288.684	7,59183E-06	0,37	2,80898E-06
SS1015	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X100UND	\$ 191.743	5,04247E-06	0,37	1,86571E-06

Clasificación por inventario promedio al costo					
MATERIAL		inventario prom. Al costo	Normalizacion	Peso criterio	Peso producto
RB3052C	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	1.144.324.398	1	0,36	0,36
RB3070	AZ. BLANCO 1250KG BIG BAG	847.112.500	0,740273039	0,36	0,266498294
RM4051A	AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION	720.295.387	0,629450344	0,36	0,226602124
RR1051	AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	424.553.228	0,371007757	0,36	0,133562792
RR1052B	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	424.370.509	0,370848083	0,36	0,13350531
RM4005	AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND	411.090.752	0,359243194	0,36	0,12932755
RM4002	AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND	384.282.408	0,33581597	0,36	0,120893749
RR1052	AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	375.146.343	0,327832163	0,36	0,118019579
RC4055	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG	301.062.725	0,263092114	0,36	0,094713161
RM4051	AZ. MORENA 50 Kg	290.095.431	0,253508036	0,36	0,091262893
RB3053	AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO	289.163.359	0,252693519	0,36	0,090969667
RE2006	AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND	270.002.053	0,235948874	0,36	0,084941595
RE2003	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND	261.049.610	0,22812553	0,36	0,082125191
CS3056A	AZ. BLANCO 50 Kg EXPORTACIÓN TIPO A	220.333.402	0,192544529	0,36	0,06931603
RB3052A	AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	212.523.859	0,18571994	0,36	0,066859178
RM4055	AZ. MORENA 25 Kg	204.677.159	0,178862881	0,36	0,064390637
RC4055A	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND	149.729.133	0,130845006	0,36	0,047104202
RM4001	AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND	147.916.994	0,129261418	0,36	0,04653411
RR1071	AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg EXPORTACION	145.907.887	0,127505703	0,36	0,045902053
RR1064	AZ. REFINO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	142.963.398	0,124932579	0,36	0,044975728
RE2005	AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND	128.472.707	0,112269481	0,36	0,040417013
RB3065	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	122.172.834	0,106764161	0,36	0,038435098
RE2004	AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND	118.969.616	0,103964939	0,36	0,037427378
RE2008	AZ. RIOPAILA SP MOTIVOS SUPREMA x 10 UND	111.954.459	0,097834546	0,36	0,035220437
RB3054	AZ. BLANCO 1000 Kg BIG BAG	103.217.400	0,090199423	0,36	0,032471792
RE2007	AZ. RIOPAILA SUPREMA 5 Kg x 5 UND	89.139.422	0,077896987	0,36	0,028042915
RM4057A	AZ MORENA RIOPAILA 22.68KG POLIPROPILENO	84.682.241	0,074001954	0,36	0,026640703
RM4006	AZ. RIOPAILA MORENA 5 Kg X 5 UND	72.184.929	0,063080826	0,36	0,022709097
RB3062	AZ. MICROPULVERIZADO 35 Kg B-A	66.178.141	0,057831626	0,36	0,020819385
RM4052A	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg EXPORTACION	63.493.510	0,055485586	0,36	0,019974811
RU2002	AZ. RIOPALA RUBIA 1 Kg X 25 UND	60.879.853	0,053201569	0,36	0,019152565
RM4057	AZ MORENA RIOPAILA ALT A HUM. 22.68Kg Pol	56.499.338	0,049373532	0,36	0,017774472
RB3063	AZ. MICROPULVERIZADO 37.5 Kg B-A	51.354.572	0,044877634	0,36	0,016155948
RR1006	AZ MICROPULVERIZADO 5 Kg X 5 UND - RA	43.309.147	0,037846914	0,36	0,013624889
RM4052	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg PP NACIONAL	41.664.933	0,036410071	0,36	0,013107626
RB3065A	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	37.670.079	0,032919056	0,36	0,01185086
RE2027	AZ RIOPAILA SUPREMA BIOECO 2 Kg X 12 UND	35.027.591	0,030609843	0,36	0,011019544

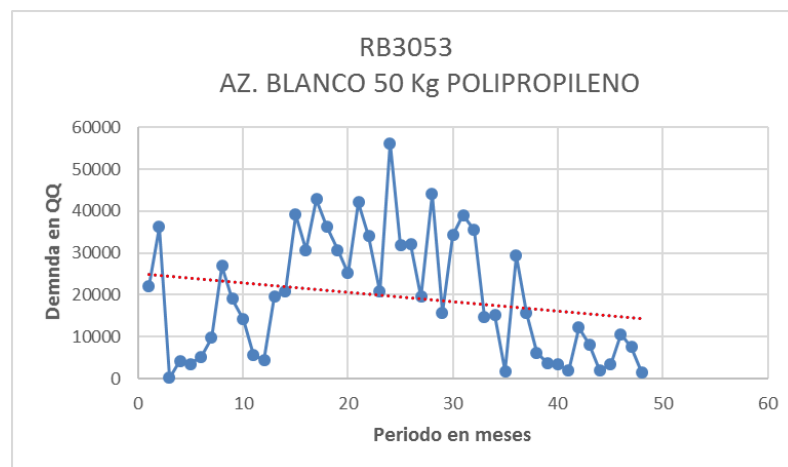
RR1054	AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg INDUSTRIA	29.519.166	0,025796152	0,36	0,009286615
RU2000	AZ. RIOPAILA RUBIA 2.5 kg x 10 UND	24.520.728	0,021428126	0,36	0,007714125
RR1065	AZ. REFINO 600 Kg JUMBO BAG INDUSTRIA	19.734.912	0,017245907	0,36	0,006208526
RE2024	AZ. RIOPAILA SP SUPREMA x 10 UND	14.505.102	0,01267569	0,36	0,004563249
RE2009	AZ. SUPERCOFFE SP x 8 UND	11.926.591	0,010422386	0,36	0,003752059
SS1011	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 100UDS	10.757.335	0,0094006	0,36	0,003384216
RB3058	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg B-A	10.664.011	0,009319045	0,36	0,003354856
RM4055A	AZ. MORENA 25 KG DEMERA GOLD	8.429.120	0,007366023	0,36	0,002651768
SS1010	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRES X 50 UDS	7.670.792	0,006703337	0,36	0,002413201
LG1017	AZ. RIOPALA LIGHT 850gr x 8 UND	7.247.356	0,006333305	0,36	0,00227999
RE2017	AZ. BLANCO 2.5 Kg GRATIS 250 g	7.007.670	0,00612385	0,36	0,002204586
RR1053	AZ. REFINO 1000 Kg BIG BAG INDUSTRIA	6.830.200	0,005968762	0,36	0,002148754
LM4015	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 850gr x 8 UND	5.546.847	0,004847268	0,36	0,001745016
CC4050	AZ. CRUDO GRANEL EXPORTACIÓN	4.479.875	0,003914865	0,36	0,001409351
LG1016	AZ. RIOPALA LIGHT 454gr x 12 UND	4.402.122	0,003846918	0,36	0,00138489
SS1012	RIOPAILA SENZA SIN CAL DOYPACK X 200g	4.191.081	0,003662494	0,36	0,001318498
RR1059	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg R-A	3.434.733	0,003001538	0,36	0,001080554
LM4014	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 454gr x 12 UND	3.101.518	0,002710348	0,36	0,000975725
RM4010	AZ. RIOPAILA SP MORENA x 10 UND	2.369.846	0,002070957	0,36	0,000745544
LG1018	AZ. RIOPALA SP LIGHT 250gr x 100 UND	1.981.797	0,001731849	0,36	0,000623466
RE2030	AZ. RIOPAILA SOBRES SUPREMA X 10 UND	1.553.597	0,001357655	0,36	0,000488756
LM4016	AZ. RIOPAILA SP LG MORENA 250gr x 100UND	1.315.544	0,001149625	0,36	0,000413865
RM4018	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA X 10 UND	572.159	0,000499997	0,36	0,000179999
RR1012	AZ. RIOPALA PULVERIZADA TRAD. X 24 UND	350.901	0,000306645	0,36	0,000110392
RE2031	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE ANDRES X 10UD	271.858	0,000237571	0,36	8,55255E-05
RM4017	AZ. RIOPAILA MORENA SOBRE ANDRES X 10U	120.062	0,000104919	0,36	3,77709E-05
RM4019	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA STARBUCK X 10	104.462	9,12866E-05	0,36	3,28632E-05
RE2032	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE STARBUCK X 10	54.317	4,74665E-05	0,36	1,70879E-05
CR1057	AZ. REFINO 25 Kg PP LAMINADO EXPORT	20.577	1,79818E-05	0,36	6,47344E-06
RB3066	AZ. BLANCO GRANEL INDUSTRIA	8.956	7,8268E-06	0,36	2,81765E-06
SS1015	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X100UND	491	4,29344E-07	0,36	1,54564E-07
SS1016	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X300UND	280	2,45054E-07	0,36	8,82193E-08
LG1020	AZ. LIGHT GRANO FINO 50KG EXPORTACION	-	0	0,36	0
SS1017	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 500UDS	-	0	0,36	0
RC4055B	AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG (EUROPA)	-	0	0,36	0

Anexo 3. Clasificación ABC Multicriterio

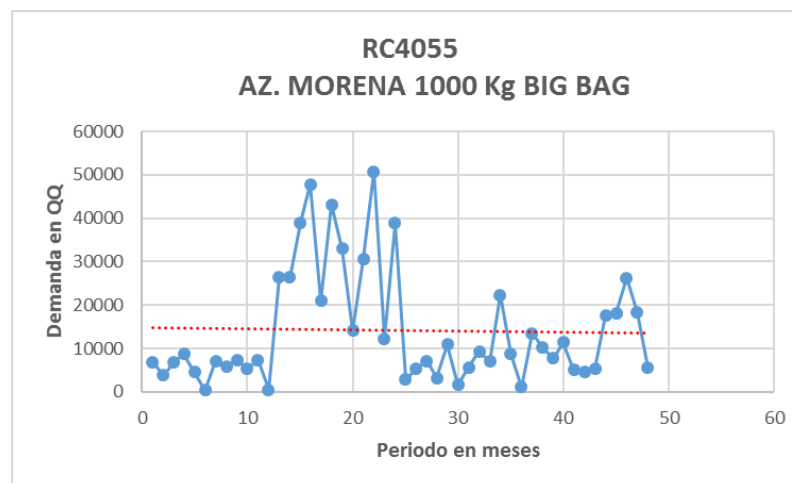
MATERIAL	Peso producto Rotación	Peso producto Ventas	Peso producto inventario promedio al costo	Peso Total	% peso total	% peso T total Acumulado	Clasificación
RB3052C AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	0,083312808	0,21837958	0,36	0,66169239	0,08386148	0,08386148	A
RE2005 AZ. RIOPAILA SUPREMA 1 Kg x 25 UND	0,086111453	0,37	0,04041701	0,49652847	0,06292895	0,14679043	
RE2003 AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 25 UND	0,164501232	0,21478494	0,08212519	0,46141137	0,05847829	0,20526872	
RM4002 AZ. RIOPAILA MORENA 1 Kg X 25 UND	0,07976601	0,18947846	0,12089375	0,39013822	0,04944528	0,254714	
RM4051A AZ. MORENA CLARA 50 Kg EXPORTACION	0,022158251	0,1302212	0,22660212	0,37898158	0,04803131	0,30274531	
RR1052B AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	0,045258621	0,19990265	0,13350531	0,37866658	0,04799139	0,3507367	
RC4055A AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG CUMBERLAND	0,044538177	0,23290786	0,0471042	0,32455024	0,0411328	0,39186951	
RE2006 AZ. RIOPAILA SUPREMA 2.5 Kg x 10 UND	0,05320197	0,18276778	0,08494159	0,32091134	0,04067162	0,43254112	
RM4005 AZ. RIOPAILA MORENA 2.5 Kg X 10 UND	0,055492611	0,13129003	0,12932755	0,31611019	0,04006313	0,47260425	
RR1052 AZ. REFINO 50 Kg EXPORTACIÓN	0,070621921	0,12133697	0,11801958	0,30997847	0,03928601	0,51189026	
RC4055 AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG	0,034119458	0,1257191	0,09471316	0,25455172	0,03226134	0,5441516	
RM4001 AZ. RIOPAILA MORENA 0.5 Kg X 25 UND	0,121385468	0,07920124	0,04653411	0,24712082	0,03131956	0,57547116	
RB3053 AZ. BLANCO 50 Kg POLIPROPILENO	0,042090517	0,06697721	0,09096967	0,20003739	0,02535231	0,60082347	
RE2004 AZ. RIOPAILA SUPREMA 0.5 Kg x 50 UND	0,1040117	0,03306256	0,03742738	0,17450164	0,02211596	0,62293943	
RR1051 AZ. REFINO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	0,029722906	0,00130394	0,13356279	0,16458964	0,02085974	0,64379917	
RM4051 AZ. MORENA 50 Kg	0,015249384	0,04420223	0,09126289	0,1507145	0,01910123	0,66290041	
RB3065 AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	0,076071429	0,03252925	0,0384351	0,14703577	0,018635	0,6815354	B
RE2008 AZ. RIOPAILA SP MOTIVOS SUPREMA x 10 UND	0,027524631	0,07996495	0,03522044	0,14271002	0,01808676	0,69962217	
CS3056A AZ. BLANCO 50 Kg EXPORTACIÓN TIPO A	0,017854064	0,04994436	0,06931603	0,13711445	0,01737759	0,71699976	
RM4052A AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg EXPORTACION	0,107632389	0,00569922	0,01997481	0,13330642	0,01689497	0,73389473	
RM4055 AZ. MORENA 25 Kg	0,014187192	0,05211046	0,06439064	0,13068829	0,01656315	0,75045788	
RB3052A AZ. BLANCO 50 Kg INDUSTRIA PAPEL	0,062179803	0,00137927	0,06685918	0,13041825	0,01652893	0,76698681	
RR1053 AZ. REFINO 1000 Kg BIG BAG INDUSTRIA	0,11320197	0,01241778	0,00214875	0,12776851	0,01619311	0,78317992	
RE2007 AZ. RIOPAILA SUPREMA 5 Kg x 5 UND	0,033602217	0,06178766	0,02804292	0,12343279	0,01564361	0,79882353	
RB3062 AZ. MICROPULVERIZADO 35 Kg B-A	0,048574507	0,05310485	0,02081939	0,12249874	0,01552523	0,81434876	
RR1071 AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg EXPORTACION	0,024107143	0,03977106	0,04590205	0,10978025	0,01391331	0,82826207	
RB3063 AZ. MICROPULVERIZADO 37.5 Kg B-A	0,037906404	0,03263937	0,01615595	0,08670172	0,01098839	0,83925046	
RR1064 AZ. REFINO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	0,028531404	0,01317966	0,04497573	0,0866868	0,0109865	0,85023696	
RC4055B AZ. MORENA 1000 Kg BIG BAG (EUROPA)	0,054070197	0,02735765	0	0,08142785	0,01031999	0,86055695	
SS1017 RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 500UDS	0,022647783	0,05644924	0	0,07909703	0,01002459	0,87058154	
RM4010 AZ. RIOPAILA SP MORENA x 10 UND	0,073716133	0,0008499	0,00074554	0,07531158	0,00954483	0,88012637	
RM4006 AZ. RIOPAILA MORENA 5 Kg X 5 UND	0,021299261	0,02785944	0,0227091	0,0718678	0,00910837	0,88923474	
RR1054 AZ. REFINO GRANO FINO 50 Kg INDUSTRIA	0,05523399	0,00707934	0,00928661	0,06522994	0,0082671	0,89750184	
RR1006 AZ MICROPULVERIZADO 5 Kg X 5 UND - RA	0,033094212	0,00983133	0,01362489	0,05655043	0,00716708	0,90466892	
RM4055A AZ. MORENA 25 KG DEMERA GOLD	0,050985222	0,00168884	0,00265177	0,05532583	0,00701188	0,9116808	

RB3054	AZ. BLANCO 1000 Kg BIG BAG	0,014067118	0,00367805	0,03247179	0,05021696	0,00636439	0,91804519	C
RB3058	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg B-A	0,033389778	0,01044871	0,00335486	0,04719335	0,00598118	0,92402637	
RM4057A	AZ. MORENA RIOPAILA 22.68KG POLIPROPILENO	0,015794335	0,00424129	0,0266407	0,04667633	0,00591566	0,92994203	
RU2000	AZ. RIOPAILA RUBIA 2.5 kg x 10 UND	0,026887315	0,00595756	0,00771413	0,040559	0,00514036	0,93508239	
RE2009	AZ. SUPERCOFFE SP x 8 UND	0,032918719	0,00118265	0,00375206	0,03785343	0,00479746	0,93987985	
RR1012	AZ. RIOPALA PULVERIZADA T RAD. X 24 UND	0,030711207	0,00029172	0,00011039	0,03111332	0,00394324	0,94382309	
RE2030	AZ. RIOPAILA SOBRES SUPREMA X 10 UND	0,029685961	0,00021981	0,00048876	0,03039452	0,00385214	0,94767522	
RU2002	AZ. RIOPALA RUBIA 1 Kg X 25 UND	0,007222906	0,00357427	0,01915256	0,02994974	0,00379577	0,95147099	
LG1016	AZ. RIOPALA LIGHT 454gr x 12 UND	0,024171798	0,0004989	0,00138489	0,02605559	0,00330223	0,95477322	
RM4057	AZ. MORENA RIOPAILA ALTA HUM. 22.68Kg Pol	0,006668719	0,0004366	0,01777447	0,02487979	0,00315321	0,95792643	
CC4050	AZ. CRUDO GRANEL EXPORTACIÓN	0,012007389	0,01143224	0,00140935	0,02484898	0,00314931	0,96107574	
RB3066	AZ. BLANCO GRANEL INDUSTRIA	0,024208744	8,9324E-06	2,8176E-06	0,02422049	0,00306965	0,96414539	
RB3065A	AZ. BLANCO 25 Kg INDUSTRIA PP LAMINADO	0,011859606	0,00043348	0,01185086	0,02414395	0,00305995	0,96720534	
SS1012	RIOPAILA SENZA SIN CAL DOYPACK X 200g	0,021188424	0,00018071	0,0013185	0,02268763	0,00287538	0,97008073	
LM4015	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 850gr x 8 UND	0,016856527	0,00045281	0,00174502	0,01905436	0,00241491	0,97249563	
RM4052	AZ. MORENA RIOPAILA 50 Kg PP NACIONAL	0,003916256	0,00171292	0,01310763	0,0187368	0,00237466	0,9748703	
SS1011	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRE X 100UDS	0,01487069	0,00012447	0,00338422	0,01837937	0,00232936	0,97719966	
LG1017	AZ. RIOPALA LIGHT 850gr x 8 UND	0,015766626	2,7274E-05	0,00227999	0,01807389	0,00229065	0,9794903	
LG1018	AZ. RIOPALA SP LIGHT 250gr x 100 UND	0,016089901	5,8166E-05	0,00062347	0,01677153	0,00212559	0,98161589	
RE2027	AZ. RIOPAILA SUPREMA BIOECO 2 Kg X 12 UND	0,005301724	1,9336E-05	0,01101954	0,0163406	0,00207097	0,98368687	
SS1010	RIOPAILA SENZA SIN CAL SOBRES X 50 UDS	0,01325431	6,9189E-05	0,0024132	0,0157367	0,00199444	0,9856813	
RE2024	AZ. RIOPAILA SP SUPREMA x 10 UND	0,004045567	0,00709244	0,00456325	0,01570126	0,00198994	0,98767124	
LG1020	AZ. LIGHT GRANO FINO 50KG EXPORTACION	0,012007389	0,00076188	0	0,01276927	0,00161835	0,98928959	
RR1065	AZ. REFINO 600 Kg JUMBO BAG INDUSTRIA	0,00533867	0,00034679	0,00620853	0,01189398	0,00150742	0,99079701	
RM4019	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA STARBUCK X 10	0,010668103	2,3119E-05	3,2863E-05	0,01072409	0,00135915	0,99215616	
LM4014	AZ. RIOPALA LIGHT MORENA 454gr x 12 UND	0,00893165	0,00020744	0,00097573	0,01011482	0,00128193	0,99343809	
RE2032	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE STARBUCK X 10	0,009919951	1,4362E-05	1,7088E-05	0,0099514	0,00126122	0,99469931	
CR1057	AZ. REFINO 25 Kg PP LAMINADO EXPORT	0,007398399	0,00135168	6,4734E-06	0,00875655	0,00110979	0,9958091	
RR1059	AZ. MICROPULVERIZADO 25 Kg R-A	0,006003695	8,3194E-05	0,00108055	0,00716744	0,00090839	0,99671748	
RE2017	AZ. BLANCO 2.5 Kg GRATIS 250 g	0,002383005	0,00033089	0,00220459	0,00491848	0,00062336	0,99734084	
RM4017	AZ. RIOPAILA MORENA SOBRE ANDRES X 10U	0,004793719	2,2419E-05	3,7771E-05	0,00485391	0,00061517	0,99795601	
RM4018	AZ. RIOPAILA SOBRES MORENA X 10 UND	0,00362069	1,1384E-05	0,00018	0,00381207	0,00048313	0,99843915	
SS1015	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X100UND	0,003371305	1,8657E-06	1,5456E-07	0,00337333	0,00042753	0,99886668	
RE2031	AZ. RIOPAILA SUPREMA SOBRE ANDRES X 10UD	0,003001847	3,125E-05	8,5526E-05	0,00311862	0,00039525	0,99926192	
LM4016	AZ. RIOPAILA SP LG MORENA 250gr x 100UND	0,002484606	3,1263E-05	0,00041386	0,00292973	0,00037131	0,99963323	
SS1016	RIOPAILA SENZA SIN CAL PASTILLA X300UND	0,00289101	2,809E-06	8,8219E-08	0,00289391	0,00036677	1	

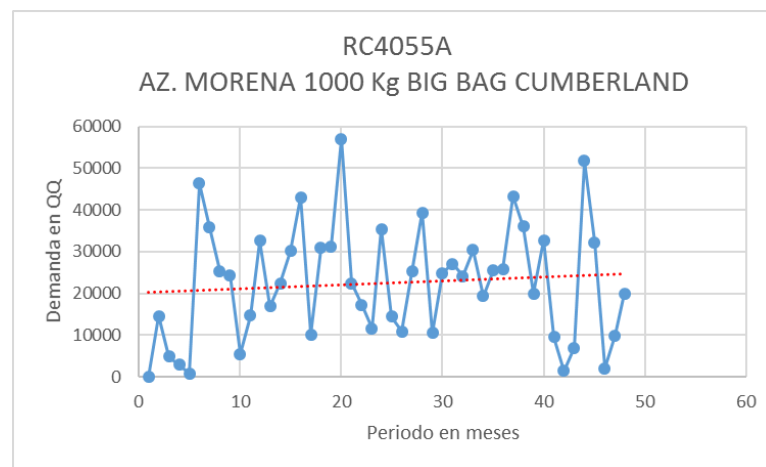
Anexo 4. Patrón de demanda Referencia RB3053



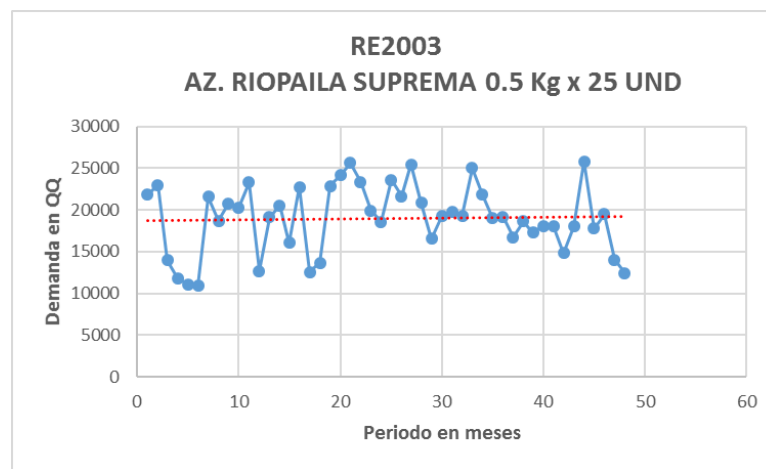
Anexo 5. Patrón de demanda Referencia RC4055



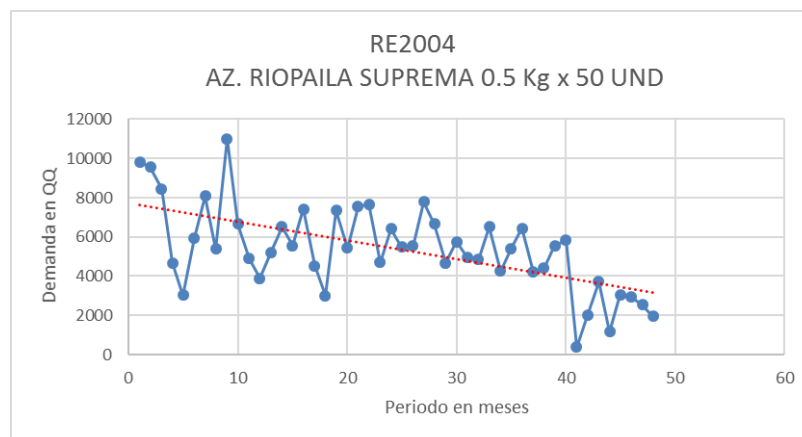
Anexo 6. Patrón de demanda Referencia RC4055A



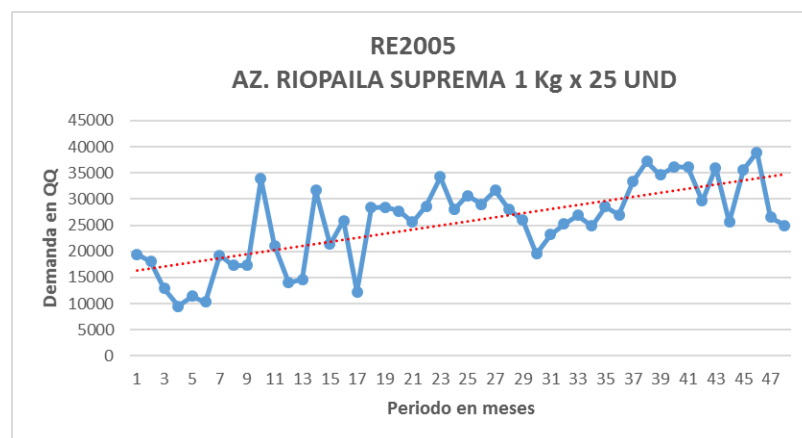
Anexo 7. Patrón de demanda Referencia RE2003



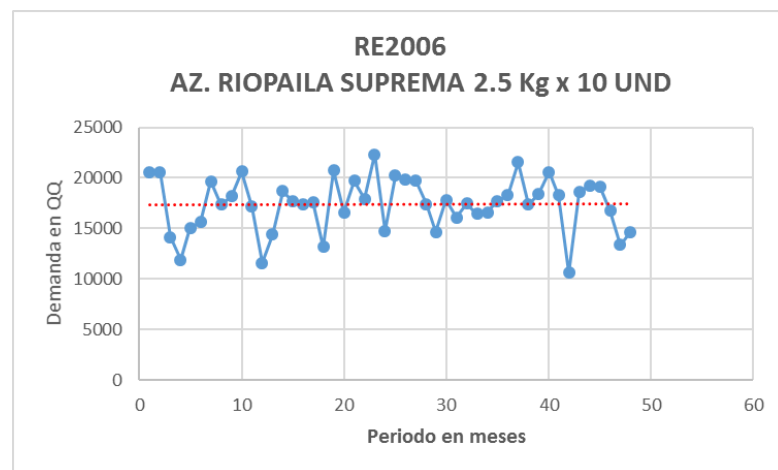
Anexo 8. Patrón de demanda Referencia RE2004



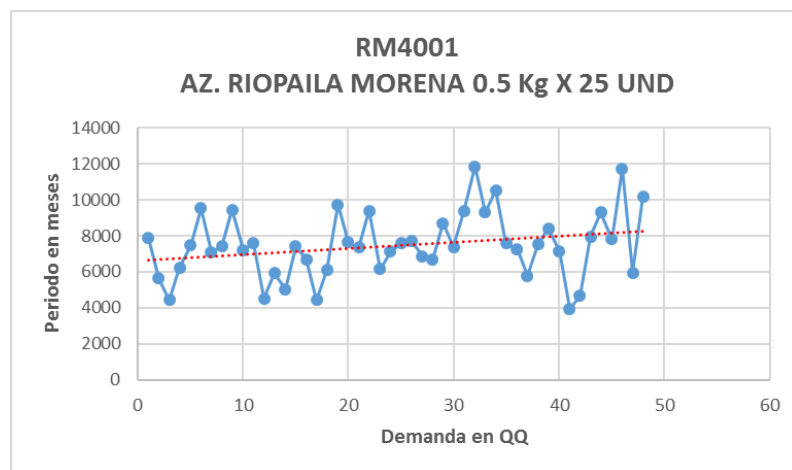
Anexo 9. Patrón de demanda Referencia RE2005



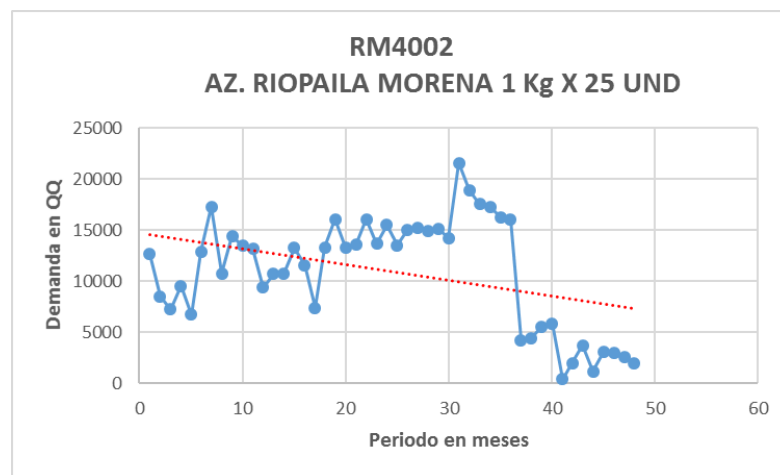
Anexo 10. Patrón de demanda Referencia RE2006



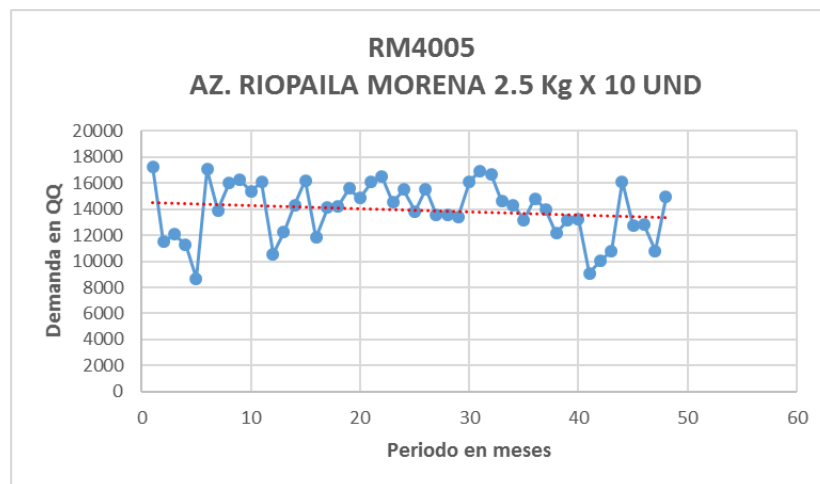
Anexo 11. Patrón de demanda Referencia RM4001



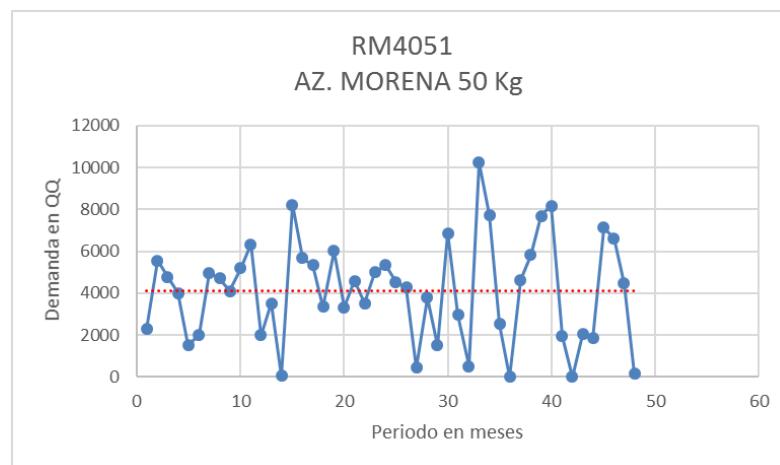
Anexo 12. Patrón de demanda Referencia RM4002



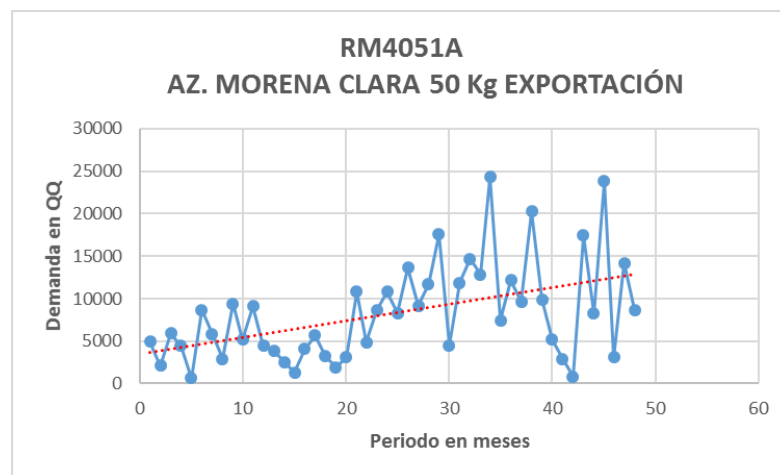
Anexo 13. Patrón de demanda Referencia RM4005



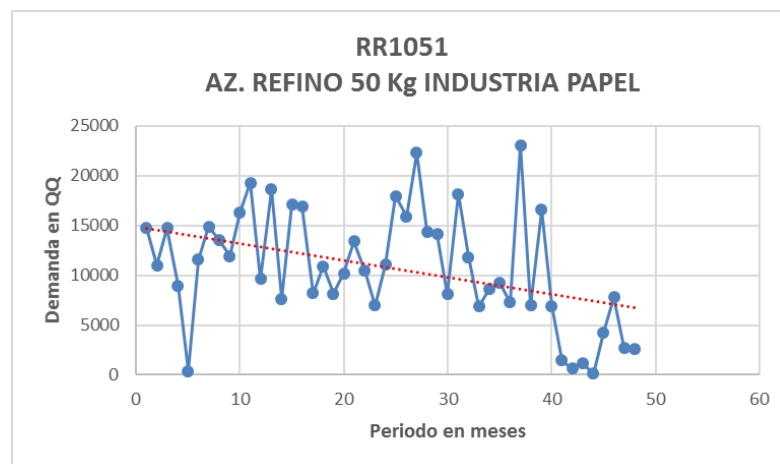
Anexo 14. Patrón de demanda Referencia RM4051



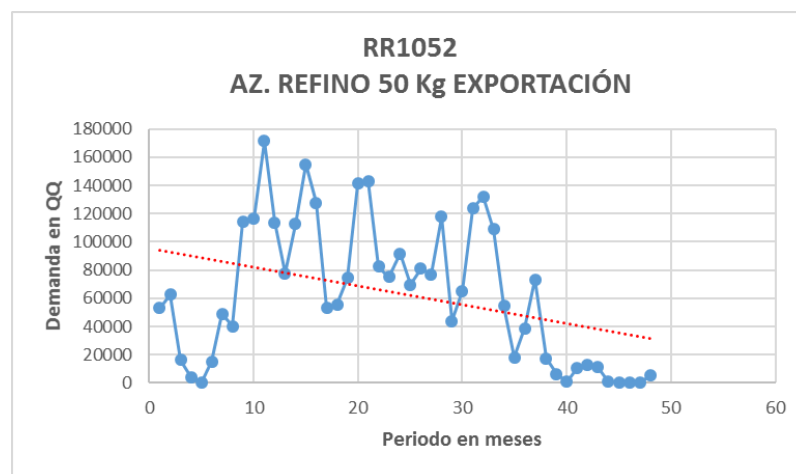
Anexo 15. Patrón de demanda Referencia RM4051A



Anexo 16. Patrón de demanda Referencia RR1051



Anexo 17. Patrón de demanda Referencia RR1052



Anexo 18. Patrón de demanda Referencia RR1052B

