

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS  
EN LA PLANTA FUNZA DE AMCOR RIGID PLASTICS DE COLOMBIA**

**USBALDO FIGUEROA RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA**

**2012**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS  
EN LA PLANTA FUNZA DE AMCOR RIGID PLASTICS DE COLOMBIA**

**USBALDO FIGUEROA RODRÍGUEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial  
para optar al título de Magister en Ingeniería**

**Asesor: CARLOS ALBERTO CASTRO ZULUAGA**

**MEDELLÍN  
UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
2012**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá, Noviembre de 2012

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por su ejemplo de perseverancia y constancia, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido mi desarrollo personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Profesor Carlos Alberto Castro Zuluaga.

Por su gran apoyo y motivación, gracias por su paciencia e interés para el aprendizaje y culminación de esta investigación

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. ANTECEDENTES	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1.1 Definición del problema	19
1.1.2 Delimitación del problema	21
1.2 JUSTIFICACIÓN	21
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	22
1.3.1 Objetivo general	22
1.3.2 Objetivos específicos	22
1.4 METODOLOGÍA	23
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	24
2. ESTADO DE ARTE	26
2.1 LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS	30
2.2 MARCO DE REFERENCIA	32
3. METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS PARA AMCOR RIGID PLASTICS DE COLOMBIA	36
3.1 LEVANTAMIENTO DE DATA	37
3.1.1 Demanda histórica preformas	37
3.1.2 Elaboración gráficas de comportamiento	38
3.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	40
3.3 DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN	41
3.4 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y MODELOS DE PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA	50

	pág.
3.4.1 Análisis de modelos de pronóstico	51
3.5 SELECCIÓN DE MODELOS Y ELABORACIÓN DE PRONÓSTICOS	71
3.5.1 Cuadro resumen selección de modelos	75
3.5.2 Elaboración de pronósticos	77
3.6 VERIFICACIÓN DE RESULTADOS	79
3.6.1 Referencia PF 18 gr	82
3.6.2 Referencia PF 22 gr	82
3.6.3 Referencia PF 23 gr	83
3.6.4 Referencia PF 25 gr	83
3.6.5 Referencia PF 27 gr	83
3.6.6 Referencia PF 28 gr	83
3.6.7 Referencia PF 30 gr	84
3.6.8 Referencia PF 30 gr Kerr	84
3.6.9 Referencia PF 30.5 gr	84
3.6.10 Referencia PF 44 gr	85
3.6.11 Referencia PF 47.5 gr	85
3.6.12 Referencia PF 52 gr	85
3.6.13 Referencia PF 54 gr	86
3.6.14 Referencia PF 60 gr	86
3.6.15 Referencia Resina PET	86
3.7 AJUSTE DE MODELOS DE PRONÓSTICOS	86
3.8 CLASIFICACIÓN ABC	91
3.9 LEVANTAMIENTO Y CÁLCULO DE COSTOS	95
3.9.1 Cargo por mantenimiento de inventario (r). El	95
3.9.2 Costo de ordenar (a) – cambio de referencia	100
3.10 ELABORACIÓN MODELOS DE INVENTARIOS	102
3.10.1 Nivel de Servicio (P2) o tasa de cumplimiento	102
3.10.2 Costo por unidad faltante (B2).	103

	pág.
3.10.3 Factor de Corrección (D/m).	103
3.10.4 Lead Time o tiempo de suministro (LT).	103
3.11 ANÁLISIS DE MODELOS DE INVENTARIOS	104
3.11.1 Datos de Entrada del modelo (Referencia PF 25 gr).	104
3.11.2 Simulación Entregas a Cliente – Ventas	114
3.11.3 Simulación programa de producción	116
3.11.4 Comparación de costos	118
3.12 INDICADORES Y RESULTADOS	120
3.12.1 Definición de indicadores	120
4. CONCLUSIONES	125
BIBLIOGRAFÍA	128
ANEXOS	131

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ilustración de una preforma	34
Figura 2. Flujograma metodología del sistema de control de inventarios	36
Figura 3. Comportamiento histórico de la demanda PF 25 gr.	39
Figura 4. Comportamiento demanda PF 25 gr. ajustada	46
Figura 5. Estacionalidad primeros 5 meses del año PF 25 gr.	47
Figura 6. Datos demanda PF 25 gr	51
Figura 7. Gráfica PF 25 gr modelo media	53
Figura 8. Gráfica PF 25 gr modelo móvil simple elegido	55
Figura 9. Gráfica PF 25 gr modelo móvil doble elegido	57
Figura 10. Gráfica PF 25 gr modelo suavización exponencial elegido	60
Figura 11. Gráfica PF 25 gr modelo suavización exponencial doble elegido	62
Figura 12. Gráfica PF 25 gr modelo suavización exponencial con ajuste a la tendencia elegido	64
Figura 13. Gráfica PF 25 gr modelo regresión lineal	66
Figura 14. Gráfica PF 25 gr modelo descomposición multiplicativa elegido	68
Figura 15. Gráfica PF 25 gr modelo Winters elegido	70
Figura 16. Comparación medidas de desempeño modelos PF 25 gr	74
Figura 17. Clasificación ABC	93

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Demanda histórica de preforma	37
Cuadro 2. Análisis de información – comportamientos demanda	40
Cuadro 3. Cuadro decisión de ajuste de datos	44
Cuadro 4. Datos depurados y ajustados	45
Cuadro 5. Comportamiento demanda depurada	48
Cuadro 6. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo promedio móvil simple	54
Cuadro 7. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo promedio móvil doble	56
Cuadro 8. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo suavización exponencial	59
Cuadro 9. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo suavización exponencial doble	61
Cuadro 10. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo suavización exponencial con ajuste a la tendencia	63
Cuadro 11. Medidas desempeño PF 25 gr modelo descomposición multiplicativa	67
Cuadro 12. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo Winters	69
Cuadro 13. Comparación de modelos PF 25 gr	71
Cuadro 14. Resumen modelos y parámetros seleccionados para las referencias	76
Cuadro 16. Pronósticos vs. demanda real	80
Cuadro 17. Desviaciones por referencia	81
Cuadro 18. Ajuste comparación de modelos PF 30 gr.	87
Cuadro 19. Ajuste en la selección de modelos	88
Cuadro 20. Ajuste pronósticos vs. demanda real	89
Cuadro 21. Desviaciones ajustadas por referencia	90
Cuadro 22. Clasificación ABC según pareto de participación	92
Cuadro 23. Matriz clasificación ABC	94

	pág.
Cuadro 24. Costo mantenimiento de inventario	96
Cuadro 25. Alquiler de bodegas	96
Cuadro 26. Acondicionamiento bodegas (Depreciación)	97
Cuadro 27. Gastos de montacargas	97
Cuadro 28. Servicios públicos	98
Cuadro 29. Mano de obra directa	98
Cuadro 30. Mano de obra indirecta	99
Cuadro 31. Costo obsolescencia	99
Cuadro 32. Costo de ordenar	100
Cuadro 33. Costo variable por unidad	101
Cuadro 34. Ciclos standard de fabricación PF	103
Cuadro 35. Datos de entrada	105
Cuadro 36. Pronósticos para mayo, junio y julio de 2012	107
Cuadro 37. Regla de decisión para hallar k	108
Cuadro 38. Datos de modelo de Inventario s,Q	111
Cuadro 39. Resumen Datos de modelo de inventario (s, Q ) Mayo 2012	112
Cuadro 40. Resumen datos de modelo de inventario (s, Q ) junio 2012	113
Cuadro 41. Resumen datos de modelo de inventario (s,q) julio 2012	113
Cuadro 42. Simulación entregas a clientes – ventas mayo 2012	115
Cuadro 43. Simulación entregas a clientes – ventas junio 2012	115
Cuadro 44. Simulación entregas a clientes – ventas julio 2012	116
Cuadro 45. Simulación programa de producción mayo 2012	117
Cuadro 46. Simulación programa de producción junio 2012	117
Cuadro 47. Simulación programa de producción julio 2012	117
Cuadro 48. Comparación costos inventarios actuales vs proyectados mayo 2012	119
Cuadro 49. Comparación costos inventarios actuales vs. proyectados junio 2012	119

	pág.
Cuadro 50. Comparación costos inventarios actuales vs proyectados julio 2012	120
Cuadro 51. Resultados capital de trabajo	122
Cuadro 52. Resultados nivel de servicio	123
Cuadro 53. Resultados rotación de inventario	124

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Información de Demanda PF	131
Anexo B. Medidas de Desempeño Modelos de Pronóstico	151
Anexo C. Selección Modelos de Pronóstico	239
Anexo D. Modelos de Pronostico FOR TSM	257
Anexo E. Clasificación ABC y Costos	422
Anexo F. Modelos de Inventarios	438

## GLOSARIO

**CLASIFICACIÓN ABC:** Es un método de clasificación frecuentemente utilizado en gestión de inventario que resulta del principio de Pareto. El análisis ABC permite identificar los artículos que tienen un impacto importante en un valor global (de inventario, de venta, de costos, etc.), del mismo modo permite crear categorías de productos que necesitaran niveles y modos de control distintos.

**COSTO DE MANTENER (*r*):** Los costos de mantener las existencias se expresan como un porcentaje del promedio anual del valor de inventario; incluyen gastos de caja, así como costos intangibles pero reales como, costo de oportunidad del dinero invertido en las existencias, el valor del espacio ocupado por los almacenes en relación con el valor del espacio total de la planta, sueldos y prestaciones del personal que interviene en las zonas de recibo, de almacenamiento y embarque, el costo de primas de seguros por el local y el valor de las existencias, el costo de depreciación de las instalaciones de los equipos de almacenamiento y de movimiento de materiales, costos por obsolescencia, mantenimiento de las instalaciones, impuestos y otros gastos.

**COSTO DE ORDENAR (*A*):** El costo de Ordenar es la suma de todos los gastos anuales inherentes al abastecimiento de materias primas y materiales, dividida entre el número de pedidos de compra al año.

**COSTO UNITARIO (*v*):** El Costo Unitario corresponde en materias primas al precio de compra más el costo de adquisición, el cual puede ser por concepto de fletes, gastos aduanales, etc.; y en producto terminado a la suma de sus costos directos e indirectos de fabricación.

**DEMANDA (*D*):** Unidades de venta realizadas en meses anteriores, que corresponden al comportamiento de las referencias en el tiempo.

**INVENTARIOS:** El inventario es el conjunto de mercancías o artículos que tiene la empresa para fabricar y/o comerciar, permitiendo la compra y venta o la fabricación primero antes de venderlos, en un periodo económico determinado. Es uno de los activos más grandes existentes en una empresa. Los inventarios son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización.

**LEAD TIME (LT):** Corresponde al tiempo de entrega expresado en número de días, semanas o meses que tarda un pedido de compra en llegar al almacén, después de haber sido solicitado al proveedor.

**LOTE:** Conjunto de unidades o piezas, contadas, pesadas o medidas, que integran la cantidad ordenada en un pedido de compra o en una orden de producción.

**LOTE ECONÓMICO (Q):** Corresponde al tamaño del pedido ó orden de producción, buscando como objetivo, reducir al mínimo el nivel del valor total del inventario, reducir al mínimo la incidencia de faltantes y reducir los gastos de adquisición y de almacenamiento,

**MODELOS DE PRONOSTICO DE INVENTARIOS:** Son técnicas de pronósticos estadísticos utilizados en la administración de sistemas de producción e inventarios, cuya información es utilizada en los procesos de toma de decisiones con la finalidad de reducir el riesgo. Los pronósticos son predicciones del estado de la naturaleza o las consecuencias que ocurrirán, manifestados en términos de un punto estimado o de una distribución de probabilidad.

**MÉTODOS HEURISTICOS:** Son los que están basados en las explicaciones sobre las causas o mecanismos naturales que dan lugar al fenómeno estudiado.

**PREFORMA:** Producto obtenido mediante la inyección del Pet, para luego ser soplado obteniendo como resultado final una botella, utilizando como materia prima PET (poliéster termoplástico inventado en 1.941, polietilentereftalato).

**PROBABILIDAD:** En las fórmulas empleadas la probabilidad se usa como un factor de posibilidad que un evento ocurra en 100 frecuencias y se expresa en el porcentaje de probabilidades que ocurra un hecho o un evento.

**PUNTO DE REORDEN (s):** El punto de reorden está determinado por la cantidad que represente el uso normal durante el tiempo que lleva el reabastecimiento, más la cantidad de reserva que se mantiene para los imprevistos de variación en las entregas o en el consumo.

**SAP:** Es un sistema integrado de gestión que permite controlar todos los procesos que se llevan a cabo en una empresa, a través de módulos.

**STOCK DE SEGURIDAD (ss):** Es la cantidad de materiales o de productos que se mantienen en existencia tal como una provisión de seguridad, o para casos en las que las cantidades calculadas para el consumo durante el periodo de entregas lleguen a agotarse, ya sea por demora en la entrega, por consumo más rápido, por salidas a producción o por ventas a clientes. El cálculo del stock de seguridad es muy importante debido a que las cantidades de seguridad pueden resultar excesivas y aumentan la inversión en los inventarios; así mismo, pueden ser insuficientes y aumentar el costo de faltantes a producción o a ventas.

## RESUMEN

Los altos costos de inventarios han llevado a Amcor Rigid Plastics de Colombia a desarrollar e implementar modelos de control y gestión de inventarios con el propósito de obtener mayores niveles de servicio a costos adecuados. Este estudio se realiza con el fin de generar una evaluación completa de esta gestión y proponer de manera justificada y con bases sólidas la utilización de estos modelos, a partir del análisis del comportamiento de la demanda de las referencias que produce y vende la compañía para poder lograr una administración más eficiente de los recursos.

La investigación parte de un análisis estadístico de la demanda para identificar los patrones de comportamiento que dieron lugar a los pronósticos que conformarían los modelos en los que se basara la gestión de inventarios, pasando posteriormente por un análisis de simulación de producción, costos y generación de indicadores que posteriormente darán justificación económica a este estudio, tales como la estabilización de la utilización del capital de trabajo, el aumento en la rotación del inventario, la disminución de obsolescencia tanto en materia prima como en producto terminado y la obtención de niveles de servicio cercanos al 98% en unidades, lo cual se traduce en valores sustentables para la compañía.

Las iniciativas de estructurar estos modelos deben ser basadas en un aprovechamiento económico, en una mejora a los procedimientos y en el establecimiento de políticas que hagan la toma de decisiones fundamentadas, ágiles y basadas en criterios sólidos y no en interpretaciones subjetivas, todo lo anterior como contribución a la visión global de la compañía.

**Palabras clave:** GESTIÓN INVENTARIOS, CADENAS DE ABASTECIMIENTO, GESTIÓN DEMANDA, CONTROL INVENTARIOS, SISTEMAS DE SOPORTE DE DECISIONES

## INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de la existencia de los almacenes, nace de la necesidad empresarial de mantener y preservar los productos que las organizaciones productivas transforman, para luego determinar su uso con cierta regularidad en el tiempo.

La creciente necesidad de mejorar la productividad a nivel mundial se genera por la competencia entre las organizaciones, que cada día es más exigente en el mercado internacional. Al ser Colombia un país con una amplia presencia de multinacionales, se constituyen oportunidades y amenazas para las empresas que obligadamente tienen que ser más productivas para mantenerse en el mercado.

El manejo de inventarios se convierte en el pilar de los problemas que la gestión de inventarios debe tener en cuenta porque afectan directamente la productividad. En mercados altamente competitivos, las empresas están obligadas a trabajar con inventarios cada vez más bajos, con niveles de servicios cada vez más altos.

El objetivo de este trabajo de grado es evaluar los aspectos relevantes para el diseño e implementación de una adecuada gestión de inventarios para la empresa Amcor Rigid Plastics de Colombia en la planta Funza, con el propósito de mejorar las herramientas de cálculo para los niveles de inventarios, generando competitividad dentro en el mercado local e internacional, según las condiciones actuales de mercado.

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

**1.1.1 Definición del problema.** La evolución permanente del mercado ha despertado la necesidad de realizar profundos análisis en diferentes áreas de las compañías con la finalidad de hacer que éstas sean cada vez más productivas. Los altos costos en inventarios han llevado a las empresas a desarrollar e implementar modelos de control y gestión con el propósito de tratar de obtener mayores niveles de servicios a costos adecuados de inventarios. Para ello es necesario contar con herramientas que soporten el proceso de toma de decisiones, las cuales requieren de información precisa y clara (como criterios y parámetros) que ayude a definir y obtener los niveles adecuados de inventarios de acuerdo a las necesidades del mercado y que deben estar alineadas con las políticas de la compañía. Desafortunadamente, tanto los criterios, los parámetros y las políticas muchas veces son definidos, basándose en la intuición y en la experiencia del responsable de esta área dentro de la organización, y no mediante un proceso de análisis estructurado y sistémico que permita obtener más técnicamente la información fundamental para el funcionamiento adecuado de los modelos, que finalmente permita (bajo condiciones normales) el logro de las metas y objetivos trazados en relación a la gestión de inventarios.

Amcor Rigid Plastics de Colombia en sus esfuerzos por mantener abastecidos a sus clientes, por definición gerencial ha dispuesto políticas de inventarios de 20 a 25 días para la mayoría de sus productos, las cuales han sido acordadas comercialmente con cada cliente, pero las cuales no corresponden a un análisis a profundidad de las necesidades del mercado y de la empresa, lo que ha conducido a que los inventarios excedan los \$22.500 millones COP a Abril de 2012. Actualmente este inventario se encuentra distribuido en 48% en materias primas (resina PET) y 52% en producto terminado (preformas), con un índice de

rotación bajo igual a 0.53 veces al mes en materia prima y 0.50 veces al mes en producto terminado, con niveles de servicio esperados superiores al 98% a un costo de operación alrededor de \$204 millones COP mensuales.\*

El alto capital de trabajo invertido en los inventarios, muestra una clara desventaja competitiva financiera, lo cual requiere una intervención inmediata. Todo lo anterior coloca en riesgo la operación, determinada en los siguientes puntos:

- Alta ocupación de almacén, representada en 7500 m<sup>2</sup> ocupados a 97%.\*\*
- Altos costos de mantenimiento de inventarios, distribuidos en alquiler de bodegas, impuestos, seguros, alquiler de equipos de carga, servicios públicos, MOD, MOI, equivalente a \$0.45 COP \$/\$/y.\*\*\*
- Altas inversiones en capital de trabajo, equivalentes a \$22.500 millones COP.\*\*\*\*
- Altos costos asociados a material de empaque retornable a causa de sus altos inventarios y su baja rotación del mismo, total invertido en material de empaque e insumos \$ 2.310 Millones COP.\*\*\*\*\*

---

\* Extractado *del stock de inventarios Abril 2012 e indicador DIFOTIS Abril 2012, sistema SAP de Amcor.*

\*\* Valor deducido del *Indicador de ocupación de almacenes Abril 2012 de Amcor*

\*\*\* Valor deducido de los *Costos de Mantenimiento Inventarios Abril 2012 de Amcor*

\*\*\*\* Valor deducido de los datos del sistema *SAP Modulo Activos Fijos Abril 2012 de Amcor*

\*\*\*\*\* Valor deducido de los datos del sistema *SAP Stock Inventarios MP y PT Abril 2012 de Amcor*

Dados los indicadores anteriormente mostrados, este proyecto busca diseñar e implementar un sistema para la gestión de inventarios para la planta Funza, que permita tener criterios claros de decisión para el mantenimiento de niveles adecuados de inventarios, acordes al nivel de servicio deseado con una apropiada inversión de los recursos.

**1.1.2 Delimitación del problema.** El proyecto será desarrollado en la empresa Amcor Rigid Plastics de Colombia en la planta Funza en su proceso de inyección el cual representa el 99% de la producción y el 75% del total de ocupación actual en almacén, en relación a su materia prima principal (resina PET) y sus 14 referencias de preformas *transparentes*.

Se excluyen las preformas *color* y sus 2 referencias en botellas debido a que su fabricación son MTO (Fabricación bajo Pedido) y equivalen solamente al 1% de la producción anual.\*

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Amcor Rigid Plastics de Colombia implementó su sistema de información SAP hace 5 años, la cual se espera sea una de las herramientas más sólidas y robustas en información para la compañía.

Actualmente SAP no es utilizado bajo parámetros técnicos de la gestión de inventarios, que permitan el análisis adecuado de la información. Por lo tanto, al no contar con criterios sólidos de gestión, análisis y decisión hace que los inventarios de Materia Prima (MP) y Producto Terminado (PT) crezcan y se reduzcan sin que obedezcan a un comportamiento específico, haciendo que los costos de operación no estén alineados al negocio.

---

\* Valor deducido de los datos del sistema *SAP Stock Inventarios MP y PT Abril 2012 de Amcor*

La inexistencia de análisis y parámetros adecuados que sean sustentados con herramientas de gestión para la toma de decisiones se convierte en una oportunidad relevante a diseñar e implementar en SAP.

Con base en ello Amcor Rigid Plastics de Colombia estará preparada para ir a la par de sus proyectos de crecimiento, conformada en una estructura sólida de inventarios adecuados, soportando la operación de Colombia que atiende los mercados de bebidas gaseosas, bebidas isotónicas, envases para farmacéuticos y agroquímicos.

### **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

**1.3.1 Objetivo general.** Diseñar e implementar el sistema de gestión de inventarios, que permita tomar decisiones de planeación estratégica que agreguen valor en el desarrollo de las ventajas competitivas de Amcor Rigid Plastics de Colombia, planta Funza, para la Materia Prima (resina PET) y 14 referencias de preformas transparentes.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Definir y cuantificar los factores críticos y los parámetros que impactan en la gestión de inventarios de la compañía y que son relevantes para la toma de decisiones.
- Realizar la clasificación de las referencias utilizando criterios que permitan identificar su importancia.
- Definir el (los) modelo(s) de control de inventarios más adecuado(s) para la compañía de acuerdo a un análisis de las políticas, estrategias, infraestructura, recursos y demás factores relevantes en su selección.

- Definir y obtener la información necesaria para la parametrización del(os) modelo(s) de control de inventarios a utilizar.
- Definir los indicadores apropiados para la toma de decisiones, acorde con las metas propuestas, que permitan la visualización y monitoreo.
- Realizar prueba piloto simulada de los últimos 3 a 6 meses, que permitan comparar la efectividad del modelo, frente a su comportamiento actual.
- Evaluar los resultados conforme los resultados esperados, analizar y definir el modelo de gestión de inventarios garantizando la fiabilidad del mismo.

#### **1.4 METODOLOGÍA**

El modelo a utilizar es el propuesto por Bertrand y Fransoo en el 2002, con la siguiente metodología:

- Descripción del modelo conceptual. En esta etapa se pretende delimitar el problema planteado dentro del contexto de la investigación.
- Definición del método de solución. En esta etapa se propone el método de solución justificando el por qué de su selección.
- Descripción del modelo científico. Esta etapa comprende la formulación matemática, análisis de resultados y validación de los mismos.
- Descripción del método de solución. En esta etapa se da descripción de los métodos de solución sean los mismos exactos o de aproximación.

- Diseño experimental. En esta etapa se seleccionan las herramientas para implementar el método de solución y obtener resultados con las definiciones determinadas.
- Análisis y conclusiones de resultados. En esta etapa se evalúa la efectividad de los resultados obtenidos y las conclusiones relevantes a la investigación.

### **1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Durante el desarrollo de este proyecto y con el propósito de dar continuidad a esta investigación, se identifican factores que intervienen en el comportamiento del mercado, sin embargo los mismos no corresponden al alcance de este trabajo y que son nombrados para tener en cuenta en una siguiente etapa de desarrollo.

A continuación se nombran los factores de mayor impacto:

- Ventas puntuales, que no obedecen a la tendencia o al comportamiento mismo de cada referencia.
- Comportamientos atípicos, sin explicación clara del mercado.
- Eventos que determinan estacionalidad y que afectan la tendencia con o sin que el evento se repita:
  - Temporadas vacacionales, siendo la alta temporada de mayor venta, para estos efectos son consideradas como estas temporadas principio y final de año, semana santa, mitad de año y eventos departamentales y/o nacionales como ferias, carnavales, reinados, etc.

- El clima, siendo el verano de mayor venta, épocas invernales muestran un comportamiento negativo en consumo de bebidas.
- Temporada estudiantil, siendo esta de mayor venta, representada en la población de estudiantes de secundaria y universidad.
- Lanzamiento de nuevos productos, picos de venta que son movidos por campañas de mercadeo, de la agresividad de la misma depende su consumo.
- Cambio de empaques a bebidas habituales (Aligeramientos) es decir, la misma botella se fabrica con una preforma de menor gramaje, esto hace que el consumo de algunas referencias se traslade a otra referencia.
- El precio de la resina, los costos de fabricación vs. los costos de importación, puede incentivar la importación de preforma de países donde las tasas arancelarias puedan tener algún beneficio.
- La situación política, económica, orden público Ej: paros de transportadores, negocios venezolanos que no se recuperaron, etc.
- Promociones, paquetes, etc., dependen del cliente que de acuerdo a sus estrategias de mercado, impulsan determinada referencia.
- Patrocinio eventos deportivos, torneos, ligas, etc., que vayan acorde con una marca específica y posea los beneficios de convenios.
- Compra de exclusividades, ej. parques, restaurantes, etc., no son negocios de largo plazo, depende de la estrategia en el mercado del embotellador

## 2. ESTADO DE ARTE

El inicio del WMS SAP/R3 (Warehouse Management System) como se conoce actualmente, agregó al planeamiento de la fabricación, la lógica de programar los recursos de la empresa. Por esta razón, actualmente muchas empresas buscan incorporar los sistemas ERP para mejorar sus procesos y ser más eficientes.

Es usual encontrar el WMS SAP/R3 en las áreas de sistemas de las empresas por su relación con el almacenamiento de datos, ya que entre sus principales propósitos se encuentran el controlar el movimiento y almacenamiento de materiales dentro de la operación y el procesar las transacciones asociadas a este proceso. Sin embargo, cada vez toma más fuerza la necesidad de utilizarla como herramienta de gestión de inventarios para lograr hacer más eficiente la operación de planeación en las unidades productivas.

Actualmente, el WMS es en la mayoría de los casos adquirido por grandes compañías o multinacionales debido a que la implementación de este tipo de sistemas requiere de una grandes inversiones y del rediseño de los procesos asociados a la operación para poder garantizar una mejora en la eficiencia (Moon, 2007).

El mercado ofrece un conjunto de productos para optimizar los procesos del negocio por medio de sistemas de información que capturan, almacenan, procesan y distribuyen los datos e información generada por las distintas unidades administrativas, operativas, y productivas de la empresa.

“Hasta antes de la aparición de estos sistemas las empresas disponían de sistemas independientes administrados por cada función o departamento al cual estaba adscrito el sistema. La duplicidad de datos, el difícil acceso a los mismos, la falta de integridad y de análisis y la casi nula posibilidad de compartirlos en línea

y en tiempo real, impedían un adecuado y oportuno conocimiento de la gestión y control de las operaciones de la empresa, dado que la información no era precisa, oportuna y exacta”.<sup>1</sup>

Estos sistemas comenzaron a desarrollarse en USA durante la segunda guerra mundial, con el objetivo de apoyar la gestión de los recursos materiales que demandaba el ejército. Fueron llamados MRPS (Material Requirements Planning Systems), o sistemas de planeación de requerimientos de materiales. En la década de los 60, las compañías manufactureras retomaron la idea de MRPS con el fin de gestionar y racionalizar sus inventarios y planificar el uso de recursos acorde a la demanda real de sus productos, por lo que los MRPS evolucionan a MRP (Manufacturing Resource Planning). En los años 80 la utilización de estos sistemas incluían conceptos como *Just in Time*, manejo de la relación con clientes y proveedores, entre otros, evolucionando completamente hasta lo que se conoce como MRP II.

En la década de los 90, producto de la globalización, las empresas comenzaron a requerir de sistemas que apoyaran la gestión empresarial, integraran las partes del negocio, promueven la eficiencia operativa y sirven de soporte en aspectos críticos de la administración. Así la industria de software en un comienzo desarrolló aplicaciones para integrar los distintos sistemas MRP I y MRP II, que años más tarde se transformaron en los sistemas empresariales integrados, conocidos actualmente como ERP (Enterprise Resource Planning) o Sistemas de Planeación de Recursos Empresariales.

Los Sistemas del tipo ERP (Enterprise Resource Planning) se han definido como un sistema global de planificación de los recursos y de gestión de la información

---

<sup>1</sup> SAP COLLECTIONS MANAGEMENT. SAP Markets and Commerce. New York: SAP, 2005. p.54

que de forma estructurada puede satisfacer la demanda de las necesidades de gestión de la empresa.

Un sistema ERP es una solución informática integral que está formada por unidades interdependientes denominadas Módulos: Los primeros y fundamentales son los denominados Módulos Básicos, de adquisición obligatoria, y alrededor de los cuales se agregan los otros módulos opcionales, que no se adquieren obligatoriamente y se agregan para incorporar nuevas funciones al sistema ERP.

También existen los llamados Módulos verticales y corresponden a módulos opcionales diseñados específicamente para resolver las funciones y procesos del negocio de un sector económico específico.

Son varias las empresas de la industria del software que diseñan, desarrollan y comercializan estas soluciones, y aun existiendo diferencias en el producto final, presentan ciertas características comunes (Moon, 2007; Shehab, 2004; Colomina, 2001). Estas son las siguientes:

- *Arquitectura Cliente / Servidor.* La tecnología de los sistemas ERP se basa en la arquitectura cliente / servidor, en la que un computador central (servidor), tiene capacidad para atender a varios usuarios simultáneamente (clientes)
- *Elevado número de funcionalidades.* Los sistemas ERP poseen un elevado número de funcionalidades lo que permite abarcar prácticamente la totalidad de los procesos de negocio de la mayoría de las empresas.
- *Grado de abstracción.* El sistema ERP tiene la capacidad para manejar cualquier tipo de circunstancias que pueda tener lugar en la empresa y soporta diversos grupos empresariales sin conexión entre ellos.

- *Adaptabilidad.* Son sistemas capaces de adaptarse a cualquier empresa, independiente del sector al que pertenezcan y de las particularidades de los procesos de negocio.
- *Modularidad.* Los sistemas ERP están formados por un número específico de módulos, independientes entre sí, pero que a la vez están comunicados, lo que permite una gran adaptabilidad a las empresas de acuerdo a su tamaño y disponibilidad de recursos.
- *Orientación a los procesos de negocio.* Desde el punto de vista del diseño de los sistemas ERP, todas sus funcionalidades están organizadas utilizando un modelo de referencia o descripción a alto nivel de sus funcionalidades de acuerdo a la lógica del negocio mediante alguna herramienta de modelación de procesos de negocio.
- *Universalidad.* Al ser un software de tipo World Class, un ERP puede ser usado por cualquier Organización. Sin embargo, sus proveedores señalan que existen ERP para algunas industrias específicas.

Amcor Rigid Plastics de Colombia en aras de una solución para el manejo de sus inventarios, ha implementado desde el año 2007, el sistema integrado de información SAP/R3, el cual es reconocido como un ERP versátil y sólido en el mercado mundial. Este tipo de sistemas requiere de un proceso estructurado que permita en primer lugar integrar adecuadamente las diferentes áreas de la compañía como lo especifica Somers en su estudio de 2003 del impacto de los mecanismos de estrategia y en segundo lugar obtener los beneficios esperados mediante una implementación exitosa según lo descrito por Umble, en las tecnologías de radio frecuencia de 2003.

## 2.1 LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

De acuerdo con Silver (1998)<sup>2</sup>, en términos generales, la administración de inventarios puede dividirse en dos grandes actividades. La primera actividad es el control, la cual tiene como objetivo fundamental la de conocer el estado de los inventarios con exactitud. La segunda actividad es la gestión, la cual busca determinar las políticas y modelos más adecuados para lograr en alto grado los objetivos de niveles de servicio y costos trazados por la compañía.

Las actividades de control cuando es necesario manipular grandes volúmenes de información (como es el caso de Amcor) se deben realizar por medio de sistemas transaccionales que disminuyan los errores y aumente la confiabilidad de la información. Para tal fin en el mercado se encuentran paquetes comerciales ERP (Enterprise Resource Planning) como SAP, Oracle o Dynamics, entre otros, que incluyen módulos transaccionales para el control de inventarios y de los cuales hay una completa revisión de la literatura en referencia a características, ventajas, desventajas, costos, etc. (Moon, 2007; Shehab y otros en 2004). Otros software que se utilizan en el país para la gestión y el control de inventarios pueden encontrarse en Gutiérrez (2009)<sup>3</sup>, donde se concluye que la mayoría de estos son únicamente herramientas computacionales que permiten registrar las transacciones, pero que no cuentan con sistemas para el soporte a la toma de decisiones (DSS por sus siglas en inglés). Adicionalmente se cuentan con otras tecnologías que son cada vez más utilizadas en el control de inventarios para mejorar la exactitud de los registros y la trazabilidad de los mismos como los códigos de barra (Manthou, 2001; Maldala 2002) y la Radio Frecuencia (RFID), ésta menos utilizada por sus costos.

---

<sup>2</sup> SILVER, Edgard A.; PIKE, David F. and PETERSON, Rein. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. 3 ed. Chicago: John Wiley & Sons, 1998. p.163

<sup>3</sup> GUTIÉRREZ, V. y JARAMILLO, P. Reseña del Software disponible en Colombia para la gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento. Bogotá: Estudios Gerenciales, 2009 p.125-153.

Por su parte, las actividades de gestión de inventarios se enfocan principalmente en la definición de políticas, modelos y parámetros para la correcta administración de los *sku`s* (*stock keeping units* por sus siglas en inglés), en cuanto a niveles de servicios y costos de acuerdo a las estrategias, políticas y objetivos definidos por la empresa. Para ello, además de la información histórica que se tenga (contenida en el sistema transaccional), es necesario realizar un análisis previo estructurado de dicha información, con el objetivo de obtener los modelos y parámetros de una manera técnica para el manejo adecuado de dichos inventarios.

La definición de modelos teóricos para el análisis de la información que soporte la toma de decisiones para la definición de parámetros y modelos para la gestión de inventarios es un tópico que ha sido tratado por varios autores desde el punto de vista teórico. En algunas investigaciones se plantean la importancia de contar con sistemas de apoyo y soporte a la toma de decisiones (Arnott, 2005)<sup>4</sup>, mientras otras se enfocan en la definición de modelos y metodologías teóricas para estrategias particulares como son la administración de inventarios por parte proveedor (VMI por sus siglas en inglés) (Achabal; 2000)<sup>5</sup> y para el manejo escalonado de los inventarios a través de la cadena de abastecimiento (Hooshang, 2010)<sup>6</sup>.

En este trabajo se analizarán por medio de métodos determinísticos y probabilísticos, la forma adecuada de interactuar con SAP/R3, en procura de ejecutar una buena gestión sobre los inventarios de Amcor Rigid Plastics de

---

<sup>4</sup> ARNOTT, D. and PERVAN, G. A critical analysis of Decision Support Systems research. Journal of Information Technology. Chicago, 2005. p.67-87

<sup>5</sup> ACHABAL, D.; MC INTYRE, S.; SMITH, S. and KALYANAM, K. A decision support system for vendor managed inventory. Chicago: Journal of Retailing, 2000. p. 430-454

<sup>6</sup> HOOSHANG M., Beheshti. A decision support system for improving performance of inventory management in a supply chain network. New York: International Journal of Productivity and Performance Management, 2010. p.452 – 467

Colombia y establecer qué modelo se asemeje al comportamiento habitual de la compañía.

## **2.2 MARCO DE REFERENCIA**

Amcor Rigid Plastics de Colombia es una compañía, líder en la fabricación de envases, con aproximadamente 30.000 empleados en 36 países, en el mundo. La compañía cotiza en las Bolsas de Australia y Nueva Zelanda contando aproximadamente con 110.000 accionistas de los cuales 11.000 son empleados de la empresa.

Amcor Rigid Plastics de Colombia Inició operaciones industriales en Medellín en 1989 con el nombre Volcán S.A. suministrando envase PET por primera vez en el país a Gaseosas Caribe S.A.

Por sus inicios en el mercado de gaseosas y aguas se adquirió gran experiencia en empresas de consumo masivo, razón por la cual se decidió explorar otros mercados que actualmente se cubren como son: licores, agroquímicos, aguas, aceites, gaseosas, bebidas isotónicas, medicinas, enjuagues bucales y desinfectantes.

En Mayo de 1999 Schmalbach Lubeca Plastic Containers, multinacional Alemana, líder en el mercado de preformas y envases de PET, adquirió a Volcán S.A., con la idea de ingresar al mercado Colombiano.

En Julio de 2002 la empresa Australiana Amcor Limited. Adquirió las líneas de producción de PET y tapas de Schmalbach Lubeca Plastic Containers, a nivel mundial, por lo cual se cambio la razón social por la de Amcor Pet Packaging de Colombia S.A.

En Octubre de 2003 se adquirieron las líneas de inyección y soplado de PET pertenecientes a la empresa Alusud S.A. en Latinoamérica, ampliándose la capacidad productiva de Amcor y su participación en el mercado.

En Febrero de 2010 Amcor solidifica su crecimiento adquiriendo las líneas de Alcan, expandiendo y diversificando sus productos, para ello decide cambiar su unidad de negocio e Imagen Corporativa a Amcor Rigid Plastics de Colombia.

Los principales clientes son empresas de reconocido prestigio en el mercado Colombiano y mundial como son Warner Lambert Pfizer, Femsa Colombia S.A., Dow Agrosience, Quaker – Pepsico, J&J, Alpina y todas las licoreras del país, también se exporta al Caribe y países del Centro y Suramérica, envases y preformas de PET.

Amcor Rigid Plastics de Colombia, tiene concentrado su proceso de inyección en la planta Funza, kilómetro 2 vía Funza – Siberia, bodega 16, 17,18 y 19.

La planta Funza está distribuida en 4 bodegas con un área total de 12.800 m<sup>2</sup>, así:

- Bodega 16. Destinada al proceso de soplado (2.100 m<sup>2</sup>) y almacenamiento de preforma (1.100 m<sup>2</sup>)
- Bodega 17. Destinada a almacenamiento de preforma (3.200 m<sup>2</sup>)
- Bodega18. Destinada al área de Inyección (3.200 m<sup>2</sup>)
- Bodega 19. Destinada a almacenamiento de resina (1.875 m<sup>2</sup>) y almacenamiento de preforma (1.325 m<sup>2</sup>)

Ancor Rigid Plastics de Colombia - planta Funza en área de inyección produce preformas (producto obtenido mediante la inyección del Pet, para luego ser soplado obteniendo como resultado final la botella), utilizando como materia prima PET (poliéster termoplástico inventado en 1941, polietilentereftalato).

La programación de producción está basada en el esquema MTS, el cual es alimentado con pronósticos de ventas que se elaboran anualmente con los clientes habituales, este a su vez es revisado y ajustado mensualmente de acuerdo a las necesidades del mercado. La asignación de máquina por cliente está dada con base al pronóstico inicial, sin embargo la misma puede cambiar de acuerdo a la demanda real, la cual puede determinar una asignación mayor o menor.

El stock de seguridad no es producto de un estudio de capacidad, tiempos de respuesta, almacenamientos, etc., los mismos obedecen a un cálculo estimado con el cliente.

Figura 1. Ilustración de una preforma



Fuente. El Autor

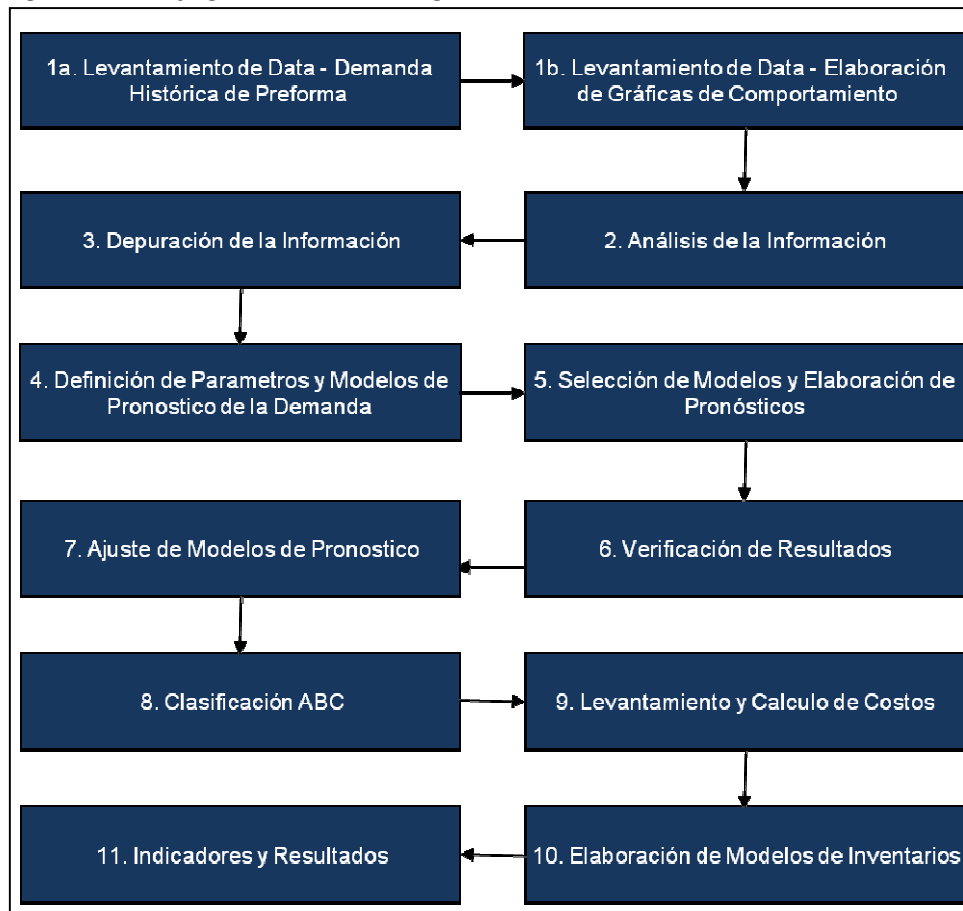
Habitualmente las entregas son sugeridas en distintas fechas durante el mes, las cuales posteriormente son aceptadas por planeación (normalmente son las mismas del cliente)

La capacidad reservada a clientes habituales es aproximadamente el 90%, el 10% restante se vende a clientes no habituales, no obstante para ese 10% siempre tienen primera opción de compra nuestros clientes habituales.

### 3. METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS PARA AMCOR RIGID PLASTICS DE COLOMBIA

A modo de ilustración, la Figura 2 contiene la secuencia de pasos que se desarrollará durante el proceso de la investigación, la cual busca la optimización en la Metodología del Sistema de Control de Inventarios para Amcor Rigid Plastics de Colombia. Cada paso genera información relevante, que traduce data de entrada a tener en cuenta en el paso siguiente, no obstante todos los pasos están estrechamente relacionados entre sí, donde por su importancia requiere mantenimiento durante todas sus etapas de ajuste.

Figura 2. Flujograma metodología del sistema de control de inventarios



Fuente. El Autor

### 3.1 LEVANTAMIENTO DE DATA

**3.1.1 Demanda histórica preformas.** Para efectos de la investigación, se recopilan del sistema de información SAP, software que actualmente es utilizado en la empresa Amcor Rigid Plastics de Colombia, los datos de demanda que corresponden a las ventas por referencia de los últimos 41 meses, los cuales abarcan desde Diciembre de 2008 hasta Abril de 2012. En el Cuadro 1, se muestra la información recopilada del sistema SAP, de los últimos 4 meses de demanda de las referencias que hacen parte de la investigación. La totalidad de los datos se encuentran detallados en el Anexo A en la hoja *Análisis Datos de Demanda*.

Cuadro 1. Demanda histórica de preforma

<b>PREFORMA</b>	<b>Demanda</b>	<b>ene-12</b>	<b>feb-12</b>	<b>mar-12</b>	<b>abr-12</b>
PREFORMA 18 GR	Venta Real	1.201.452	1.304.564	5.535.904	4.293.717
PREFORMA 22 GR	Venta Real	8.443.084	9.956.547	13.952.876	11.526.006
PREFORMA 23 GR	Venta Real	2.267.432	2.306.423	2.309.898	3.087.810
PREFORMA 25 GR	Venta Real	6.004.881	5.848.461	6.814.000	5.202.624
PREFORMA 27 GR	Venta Real	1.912.576	1.141.280	1.878.876	1.960.368
PREFORMA 28 GR	Venta Real	1.165.000	1.289.777	963.500	867.000
PREFORMA 30 GR	Venta Real	2.349.312	2.310.096	1.883.907	2.802.192

Cuadro 1. (Continuación)

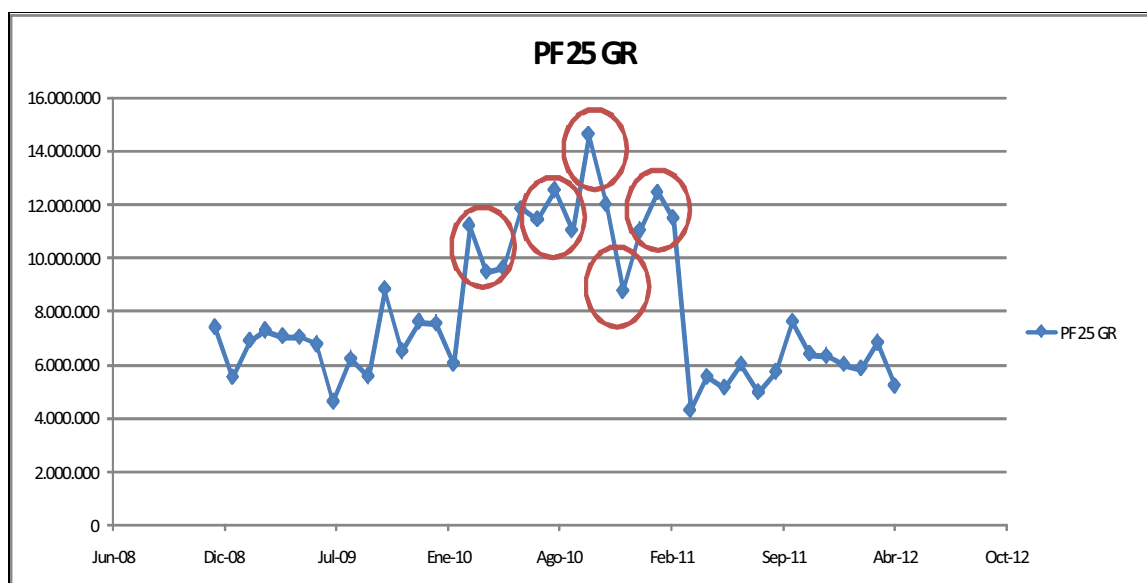
<b>PREFORMA</b>	<b>Demanda</b>	<b>ene-12</b>	<b>feb-12</b>	<b>mar-12</b>	<b>abr-12</b>
PREFORMA 30 GR Kerr	Venta Real	6.511.680	5.472.000	6.549.300	6.019.200
PREFORMA 30.5 GR	Venta Real	4.860.768	3.062.880	4.632.528	4.298.746
PREFORMA 44 GR	Venta Real	4.123.890	3.896.000	4.697.725	3.581.098
PREFORMA 47.5 GR	Venta Real	890.000	725.678	912.000	780.145
PREFORMA 52 GR	Venta Real	2.636.725	2.165.442	2.667.253	1.965.291
PREFORMA 54 GR	Venta Real	2.008.741	2.124.568	1.892.000	2.186.700
PREFORMA 60 GR	Venta Real	981.008	935.839	2.546.241	1.345.926
<b>TOTALES</b>	<b>Total Venta</b>	<b>45.356.549</b>	<b>42.539.555</b>	<b>57.236.008</b>	<b>49.916.823</b>

Fuente. El Autor

**3.1.2 Elaboración gráficas de comportamiento.** Los valores de demanda obtenidos son graficados para identificar para las diferentes referencias posibles patrones de comportamiento (regulares e irregulares) en los diferentes periodos y así visualizar posibles tendencias, estacionalidades ó picos ascendentes / descendentes de demanda.

Para ilustrar el método de trabajo, se muestra a modo de ejemplo el proceso de análisis para la referencia PF 25 gr. En la Figura siguiente se puede apreciar cual ha sido el comportamiento histórico de la demanda para esta referencia (véase la Figura 3).

Figura 3. Comportamiento histórico de la demanda PF 25 gr.



Fuente. El Autor

Un objetivo adicional a la definición de posibles patrones de comportamiento de la demanda de cada uno de los ítems que hacen parte del estudio, es el lograr identificar y analizar información histórica con comportamientos anormales, es decir información que sea susceptible de ser analizada con mayor profundidad, con el fin de tratar de establecer las causas de dicha anomalía. Estos puntos, los cuales para el caso de la referencia PF 25 gr., se muestran en el misma Gráfica 3 encerrados en círculos rojos, será la información de entrada para el siguiente paso, en donde se procederá a definir si dicha información es de tipo aleatorio o si existe algún tipo de causa asignable (como promociones, falta de materia prima, incremento de precios, etc.). El propósito de este análisis es de limpiar los datos de demanda que han sido puntuales y que no se repetirán en el tiempo, con el fin de depurar la información histórica y así facilitar la selección de los modelos de proyección, mejorando la exactitud de los mismos. Este mismo proceso se realiza con las 14 referencias de preforma objeto de esta investigación, cuya información puede encontrarse en el Anexo A, en la hoja *Análisis Datos de Demanda*.

### 3.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Una vez definida la información *anómala* obtenida en el anterior numeral se procede a realizar un análisis de la misma, para lo cual se hace necesario conformar un grupo interdisciplinario con personal de las áreas de producción, comercial, logística, finanzas y planeación de la producción. El objetivo de grupo interdisciplinario es el de lograr establecer las posibles causas y fuentes de aquellos datos con comportamientos anormales o extraños, a fin de dar una explicación de este comportamiento desde una o más áreas involucradas en el análisis. Esta información es documentada y comentada, tal como se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Análisis de información – comportamientos demanda

MES	PF 18 GR	PF 22 GR	PF 23 GR	PF 25 GR	PF 27 GR
	Real	Real	Real	Real	Real
Dic-08	350,000	0	822,822	7,390,822	0
Ene-09	60,544	usbaldo.figueroa: Referencia con mercado muy diferente al actual	466	5,519,184	0
Feb-09	32,000		44	6,896,264	0
Mar-09	58,000		70	7,272,701	0
Abr-09	14,000		76	7,060,189	0
May-09	0	0	636,944	7,027,292	0
Jun-09	0	usbaldo.figueroa: Referencia con mercado muy diferente al actual	69	6,762,264	0
Jul-09	84,000		91	4,614,431	0
Ago-09	2,730,000		0	6,213,272	0
Sep-09	3,402,000		08	5,558,381	0
Oct-09	3,542,000	0	2,246,365	8,822,202	0
Nov-09	3,654,000	0	usbaldo.figueroa: Referencia No Existía	52	0
Dic-09	602,000	0		57	0
Ene-10	294,000	0	1,091,904	7,531,918	0
Feb-10	840,000	0	1,000,912	6,031,929	0
Mar-10	4,270,000	usbaldo.figueroa: Inicio Nuevo Contrato	04	11,201,639	0
Abr-10	1,126,000		0	9,456,747	0
May-10	1,184,000		0	9,611,053	0
Jun-10	1,168,000		20	11,814,488	0
Jul-10	1,182,000	0	511,830	11,418,677	0
Ago-10	1,156,000	0	791,936	usbaldo.figueroa: Referencia con mercado muy diferente al actual	20
Sep-10	1,170,000	0	914,928		68
Oct-10	1,320,000	0	636,944		0
Nov-10	1,224,000	0	90,992		24
Dic-10	1,114,000	0	usbaldo.figueroa: Inicio Nuevo Contrato	08	2,979,504
Ene-11	1,196,000	3,407,616		98	4,204,992
Feb-11	1,670,000	5,787,736		92	2,973,696
Mar-11	1,576,000	5,763,307		61	5,761,536

Fuente. El Autor

Los comentarios completos para todas las referencias son mostrados en el Anexo A, en la hoja *Análisis Datos de Demanda*.

Algunas de las principales causas encontradas para dar explicación a la información anormal, fueron:

- Referencias en crecimiento por nuevos negocios
- Ventas puntuales, eventos que no se repiten en el tiempo
- Pedidos de clientes por abastecimiento ó aprovisionamiento puntual de clientes, con efecto en dos o más meses.
- Lanzamiento de nuevas referencias que afectan el crecimiento
- Cambios identificados de comportamiento de mercado histórico vs al actual

Este análisis es necesario para lograr identificar (y posteriormente reemplazar) información que afecta el comportamientos de los modelos de proyección a utilizar y por consiguiente el correcto funcionamiento de los modelos de gestión de inventarios. La etapa de reemplazo o depuración de la información se muestra en el siguiente apartado.

### **3.3 DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Este paso es de gran importancia y requiere de un análisis detallado de los hallazgos hechos en el paso anterior, ya que un valor que no esté soportado en un comportamiento habitual, además que no se repita en el tiempo, puede generar distorsión en los demás datos haciendo que el pronóstico tenga desviaciones muy altas, es decir mayores errores y menor exactitud. Para ello no se consideran en

el análisis aquellos datos donde se identifican comportamientos de mercado con condiciones muy diferentes a las habituales y/o no agregan una real tendencia de consumo.

Los valores identificados en aquellos meses en los cuales se muestran ventas puntuales sin consistencia en el tiempo, son ajustados por el grupo de expertos mencionado anteriormente a valores de consumo que se hubieran esperado tener en condiciones normales de mercado.

Basado en lo anterior se definen los siguientes criterios de ajuste y depuración para cada dato por referencia en el tiempo:

- *Referencia en crecimiento por posibles nuevos negocios.* Si el dato tiene esta característica, la venta adicional por este concepto no será tomada en cuenta para los cálculos de los modelos de pronóstico, ya que esta información puede distorsionar los datos del estudio, por no tener la certeza de que la venta realmente se repita en el tiempo.
- *Referencia en Exportación.* Este dato es considerado como atípico porque aumenta la producción para un solo periodo. El dato utilizado para el modelo de la demanda es ajustado y se calcula como la resta entre el valor de unidades vendidas menos el valor de unidades de pedido para la exportación.
- *Referencia con Mercado actual diferente.* Si el dato tiene esta característica, no será tenido en cuenta, ya que este comportamiento, no es el mismo al actual, lo cual puede generar valores errados en la simulación de modelos de pronóstico.
- *Referencia Inexistente.* Estos datos de demanda de los productos fueron obtenidos desde Diciembre de 2008, según el Cuadro 2. Algunas de estas

referencias fueron creadas después de esta fecha, para tal efecto los datos antes de su creación son nulos y no serán tenidos en cuenta.

- *Referencias en pedido por dos meses.* Este valor es considerado atípico también, ya que en un periodo no hubo venta de un producto porque se hizo un pedido para cubrir los 2 meses en el periodo anterior ó posterior al periodo sin venta. El ajuste de los datos es para los dos meses involucrados se divide el valor total de los dos meses para cada periodo.
- *Referencia producida según el presupuesto de venta.* Este dato es ajustado de acuerdo con el valor del presupuesto de venta, pero en realidad las cantidades vendidas fueron diferentes y obedecen a un evento atípico en la venta real, lo cual obedece a eventos netamente puntales claramente identificados.

En el Cuadro 3 se muestra de manera tabulada para 5 de las 14 referencias que hacen parte del estudio, como se realizó la depuración de la información, clasificando los datos en los que no se incluyen en el análisis con respecto a los datos ajustados y los que se conservan. La información completa se encuentra en el Anexo A, en la hoja *Ajuste Datos de Demanda* (véase el Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadro decisión de ajuste de datos

MES	PF 18 GR	PF 22 GR	PF 23 GR	PF 25 GR	PF 27 GR
	Real	Real	Real	Real	Real
Dic-08	350,000	0	822,822	7,390,822	0
Ene-09	60,544	0	1,808,466	5,519,184	0
Feb-09	32,000	0	636,944	6,896,264	0
Mar-09	58,000	0	625,570	7,272,701	0
Abr-09	14,000	0	976	7,060,189	0
May-09	0	0	44	7,027,292	0
Jun-09	0	0	69	6,762,264	0
Jul-09	84,000	0	91	4,614,431	0
Ago-09	2,730,000	0	0	6,213,272	0
Sep-09	3,402,000	0	1,046,408	0	0
Oct-09	3,542,000	0	2,246,365	0	0
Nov-09	3,654,000	0	22	0	0
Dic-09	602,000	0	36	0	0
Ene-10	294,000	0	04	7,531,918	0
Feb-10	840,000	0	12	6,031,929	0
Mar-10	4,270,000	0	1,091,904	6,701,639	0
Abr-10	1,126,000	0	0	4,956,747	0
May-10	1,184,000	0	0	5,111,053	0
Jun-10	1,168,000	0	556,820	7,314,488	0
Jul-10	0	0	511,830	6,918,677	0
Ago-10	0	0	791,936	8,015,535	3,136,320
Sep-10	1,170,000	0	914,928	6,502,313	847,968
Oct-10	1,320,000	0	0	48	0
Nov-10	1,224,000	0	0	61	888,624
Dic-10	1,114,000	0	0	08	2,979,504
Ene-11	1,196,000	3,407,616	0	98	2,704,992
Feb-11	1,670,000	5,787,736	0	92	2,973,696
Mar-11	1,576,000	5,763,307	454,960	6,969,461	4,261,536
Abr-11	1,362,000	6,166,325	727,936	4,288,988	2,000,000
May-11	1,098,000	6,330,399	1,636,944	5,542,472	3,252,480
Jun-11	1,262,500	7,186,824	1,119,074	5,136,129	2,336,352
Jul-11	1,289,500	8,485,169	1,295,624	6,020,422	3,496,312
Ago-11	1,027,892	9,657,733	1,113,387	4,955,038	1,605,920
Sep-11	1,677,984	12,761,833	1,705,847	5,720,956	1,698,848
Oct-11	944,781	10,357,513	2,985,227	7,613,105	2,698,432
Nov-11	1,082,124	11,565,419	3,454,354	6,390,152	1,302,752
Dic-11	1,072,800	10,365,303	2,189,242	6,319,211	1,955,008
Ene-12	1,201,452	8,443,084	2,267,432	6,004,881	1,912,576
Feb-12	1,304,564	9,956,547	2,306,423	5,848,461	1,141,280
Mar-12	5,535,904	13,952,876	2,309,898	6,814,000	1,878,876
Abr-12	4,293,717	11,526,006	3,087,810	5,202,624	1,960,368

	Datos Históricos que no se Incluirán en el Análisis
	Dato que se Ajustara en el Análisis

Fuente. El Autor

Al aplicar el criterio de depuración, se obtiene una base de datos mucho más *limpia*, lo que permite tener información que representa de manera más exacta el comportamiento histórico de la demanda, requerimiento fundamental para mejorar los pronósticos futuros.

Cuadro 4. Datos depurados y ajustados

MES	PF 18 GR	PF 22 GR	PF 23 GR	PF 25 GR	PF 27 GR
	Real	Real	Real	Real	Real
Dic-08				7,390,822	
Ene-09				5,519,184	
Feb-09				6,896,264	
Mar-09				7,272,701	
Abr-09				7,060,189	
May-09				7,027,292	
Jun-09				6,762,264	
Jul-09				4,614,431	
Ago-09				6,213,272	
Sep-09				5,558,381	
Oct-09				8,822,202	
Nov-09				6,500,052	
Dic-09				7,597,757	
Ene-10				7,531,918	
Feb-10				6,031,929	
Mar-10				6,701,639	
Abr-10	1,126,000			4,956,747	
May-10	1,184,000			5,111,053	
Jun-10	1,168,000			7,314,488	
Jul-10	1,182,000			6,918,677	
Ago-10	1,156,000			8,015,535	
Sep-10	1,170,000			6,502,313	
Oct-10	1,320,000			10,093,348	
Nov-10	1,224,000			7,476,061	
Dic-10	1,114,000			4,241,008	2,979,504
Ene-11	1,196,000	3,407,616		6,508,798	2,704,992
Feb-11	1,670,000	5,787,736		7,930,792	2,973,696
Mar-11	1,576,000	5,763,307		6,969,461	4,261,536
Abr-11	1,362,000	6,166,325		4,288,988	2,000,000
May-11	1,098,000	6,330,399	1,636,944	5,542,472	3,252,480
Jun-11	1,262,500	7,186,824	1,119,074	5,136,129	2,336,352
Jul-11	1,289,500	8,485,169	1,295,624	6,020,422	3,496,312
Ago-11	1,027,892	9,657,733	1,113,387	4,955,038	1,605,920
Sep-11	1,677,984	12,761,833	1,705,847	5,720,956	1,698,848
Oct-11	944,781	10,357,513	2,985,227	7,613,105	2,698,432
Nov-11	1,082,124	11,565,419	3,454,354	6,390,152	1,302,752
Dic-11	1,072,800	10,365,303	2,189,242	6,319,211	1,955,008
Ene-12	1,201,452	8,443,084	2,267,432	6,004,881	1,912,576
Feb-12	1,304,564	9,956,547	2,306,423	5,848,461	1,141,280
Mar-12	5,535,904	13,952,876	2,309,898	6,814,000	1,878,876
Abr-12	4,293,717	11,526,006	3,087,810	5,202,624	1,960,368

	Patrón de Comportamiento Estable
	Patrón de Comportamiento Con Tendencia
	Patrón de Comportamiento Estacional
	Patrón de Comportamiento con Ciclicidad

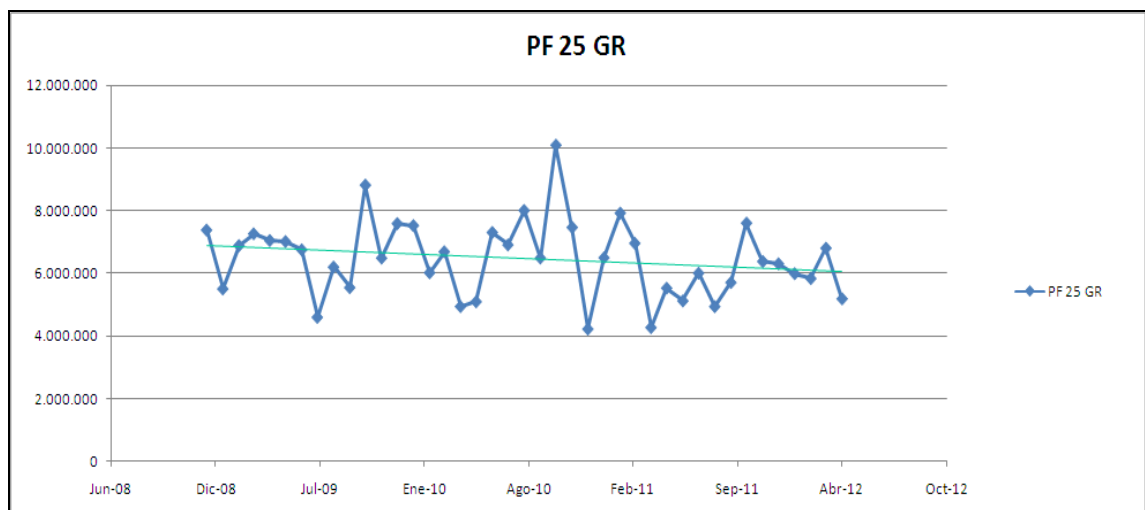
Fuente. El Autor

El Cuadro 4 enmarca el escenario real que es utilizado en el análisis, para 5 de las 14 referencias que hacen parte del estudio. La información de este Cuadro será utilizada con dos propósitos fundamentales:

- Evidenciar para las diferentes referencias presuntas tendencias con patrones de comportamiento previamente definidos para facilitar la determinación de los modelos de proyección a utilizar.
- Proporcionar la información de entrada que se utilizará para la selección de los modelos de pronósticos que serán utilizados en la gestión de los inventarios en Amcor Rigid Plastics de Colombia.

Para ejemplificar el procedimiento, en la Figura 4 se puede observar que para la referencia PF 25 gr, existe una tendencia o evolución en el mercado. La línea verde indica este comportamiento del producto en el tiempo, por medio de una regresión lineal por mínimos cuadrados (Chase, 2005), que para este caso en particular muestra una posible involución en el mercado para esta referencia.

Figura 4. Comportamiento demanda PF 25 gr. ajustada

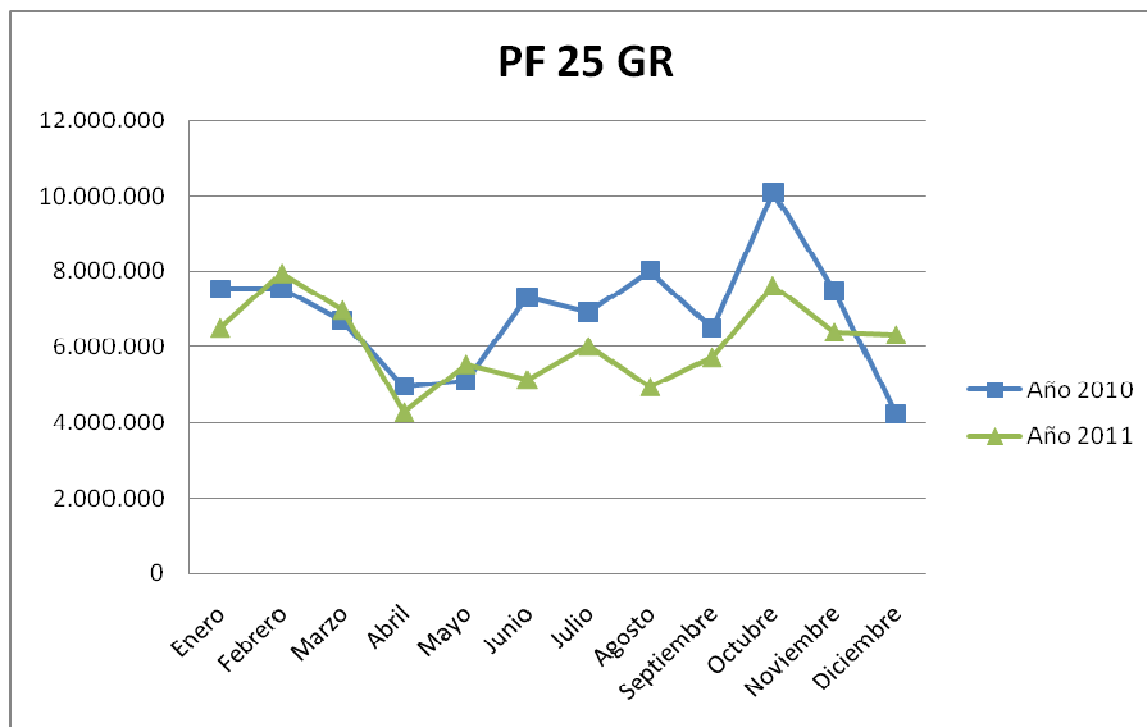


Fuente. El Autor

En el Anexo A, en la hoja *Ajuste Datos de Demanda*, se encuentra la información completa utilizada en el proyecto.

En la Figura 5 se puede observar la comparación de los primeros 5 meses en el año 2010 y 2011, teniendo valores similares en la mayoría de los periodos, lo que permite concluir que existe un comportamiento estacional en esta referencia para estos periodos de tiempo y corrobora la información mostrada en el cuadro 3.

Figura 5. Estacionalidad primeros 5 meses del año PF 25 gr.



Fuente. El Autor

La identificación tanto del componente estacional como del componente de tendencia en los datos históricos, permite tener más información de la evolución de los productos en el mercado y apoya el proceso de toma de decisiones operacionales y estratégicas en una compañía. Es importante resaltar que en este proyecto estos componentes no son el único elemento a considerar para decidir

sobre los modelos de proyección a utilizar para estimar la demanda de los productos, ya que se para ello se utiliza el método de proyecciones enfocadas, el cual no descarta ningún método de pronósticos al realizar el proceso de selección de modelos.

Otro dato importante que ayuda a soportar el proceso de toma de decisiones en esta etapa es el coeficiente de variación (CV) el cual se obtiene como la relación que existe entre la desviación de la demanda y la demanda promedio. Este valor permite identificar cuáles series pueden considerarse con patrones de comportamiento aproximadamente estable al tener valores de CV menores a 0.5 (Silver, 1998)<sup>7</sup>. En la Cuadro 5 se muestran los cálculos y los resultados de los análisis efectuados sobre este aspecto para 5 de las 14 series utilizadas en el proyecto.

Cuadro 5. Comportamiento demanda depurada

MES	PF 18 GR	PF 22 GR	PF 23 GR	PF 25 GR	PF 27 GR
	Real	Real	Real	Real	Real
Ene-10				7,531,918	
Feb-10				6,031,929	
Mar-10				6,701,639	
Abr-10	1,126,000			4,956,747	
May-10	1,184,000			5,111,053	
Jun-10	1,168,000			7,314,488	
Jul-10	1,182,000			6,918,677	
Ago-10	1,156,000			8,015,535	
Sep-10	1,170,000			6,502,313	
Oct-10	1,320,000			10,093,348	
Nov-10	1,224,000			7,476,061	
Dic-10	1,114,000			4,241,008	2,979,504

<sup>7</sup> SILVER, Op. Cit., p. 93

Cuadro 5. (Continuación)

MES	PF 18 GR	PF 22 GR	PF 23 GR	PF 25 GR	PF 27 GR
	Real	Real	Real	Real	Real
Ene-11	1,196,000	3,407,616		6,508,798	2,704,992
Feb-11	1,670,000	5,787,736		7,930,792	2,973,696
Mar-11	1,576,000	5,763,307		6,969,461	4,261,536
Abr-11	1,362,000	6,166,325		4,288,988	2,000,000
May-11	1,098,000	6,330,399	1,636,944	5,542,472	3,252,480
Jun-11	1,262,500	7,186,824	1,119,074	5,136,129	2,336,352
Jul-11	1,289,500	8,485,169	1,295,624	6,020,422	3,496,312
Ago-11	1,027,892	9,657,733	1,113,387	4,955,038	1,605,920
Sep-11	1,677,984	12,761,833	1,705,847	5,720,956	1,698,848
Oct-11	944,781	10,357,513	2,985,227	7,613,105	2,698,432
Nov-11	1,082,124	11,565,419	3,454,354	6,390,152	1,302,752
Dic-11	1,072,800	10,365,303	2,189,242	6,319,211	1,955,008
Ene-12	1,201,452	8,443,084	2,267,432	6,004,881	1,912,576
Feb-12	1,304,564	9,956,547	2,306,423	5,848,461	1,141,280
Mar-12	5,535,904	13,952,876	2,309,898	6,814,000	1,878,876
Abr-12	4,293,717	11,526,006	3,087,810	5,202,624	1,960,368
<b>Desvest</b>	<b>1,050,062</b>	<b>2,915,031</b>	<b>778,263</b>	<b>1,213,399</b>	<b>836,354</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,529,569</b>	<b>8,857,106</b>	<b>2,122,605</b>	<b>6,473,049</b>	<b>2,362,290</b>
<b>Coef. Variación</b>	<b>0.687</b>	<b>0.329</b>	<b>0.367</b>	<b>0.187</b>	<b>0.354</b>
<b>Dispersión</b>	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>	<b>Media</b>
<b>Comportamiento</b>	<b>Estable</b>	<b>Estable</b>	<b>Estable</b>	<b>Estable</b>	<b>Estable</b>
<b>Tendencia</b>	<b>Creciente</b>	<b>Creciente</b>	<b>Creciente</b>	<b>Decreciente</b>	<b>Decreciente</b>

Fuente. El Autor

La información total relacionada con las 14 referencias que hacen parte del análisis pueden verse en el Anexo A, en la hoja *Comportamiento Anual Demanda*.

### 3.4 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y MODELOS DE PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA

Los modelos de pronóstico que se utilizan en esta investigación, son modelos de series temporales y fueron seleccionados teniendo en cuenta que dan cobertura representativa para los diferentes tipos de comportamiento por referencia y que finalmente son los que permiten obtener parte de la información de entrada necesaria para la implementación de modelos de gestión de inventarios.

Para obtener la información de proyecciones y análisis de los errores de modelos de series temporales, se utiliza el simulador **FOR TSM** el cual incluye los siguientes modelos de series de tiempo.\*

- Modelo Media
- Modelo Promedio Móvil Simple
- Modelo Promedio Móvil Doble
- Modelo Suavización Exponencial
- Modelo Suavización Exponencial Doble
- Modelo Suavización Exponencial con Ajuste a la Tendencia
- Modelo Regresión Lineal
- Modelo Descomposición Multiplicativa
- Modelo Winters

Todos los modelos incluidos en la herramienta fueron utilizados en los artículos que hacen parte de la investigación y los resultados obtenidos fueron analizados, con el objetivo de seleccionar el modelo de pronósticos más adecuado para cada serie de datos.

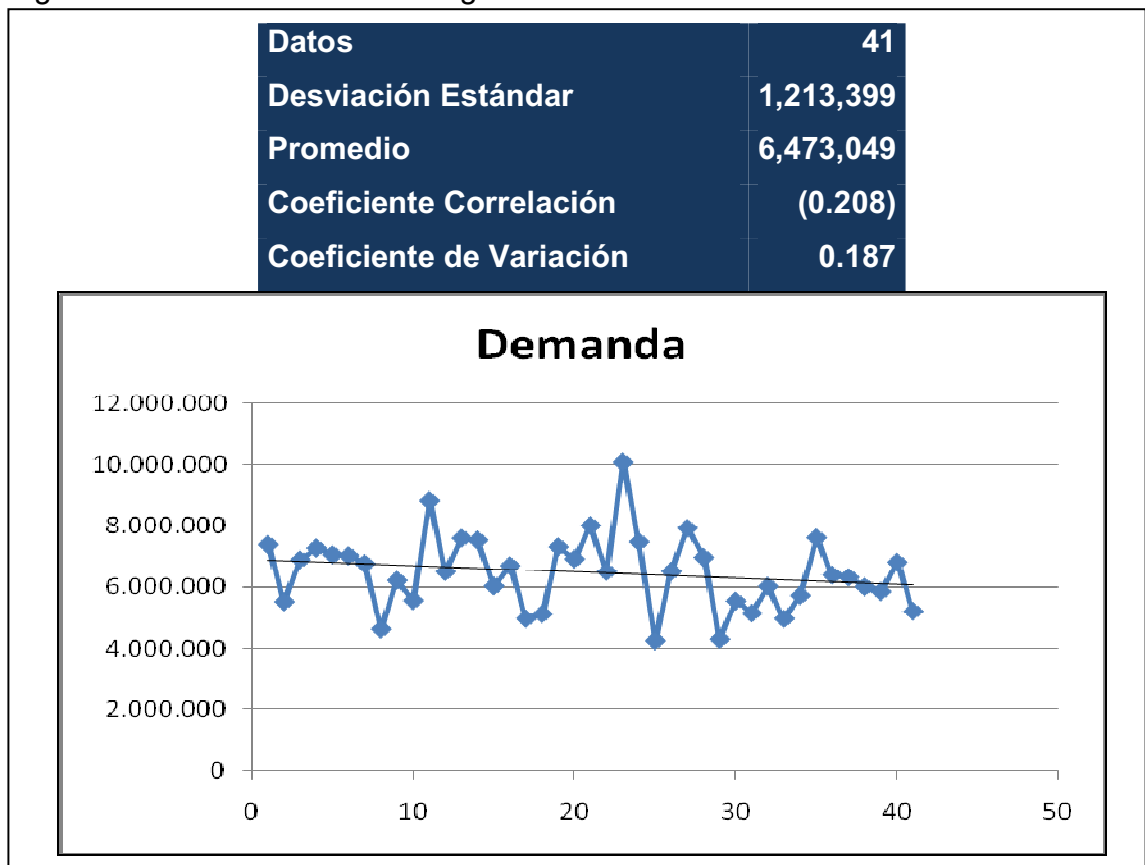
---

\* El simulador FOR TSM, es una aplicación en Excel desarrollado por las estudiantes de Eafit Rosana Builes Palacio y María Cristina Bravo Gómez, bajo la dirección del profesor Carlos Alberto Castro Zuluaga.

Los análisis y la selección de modelos se explican en detalle en las dos secciones siguientes.

**3.4.1 Análisis de modelos de pronóstico.** A continuación se detalla el procedimiento utilizado en la selección de las mejores condiciones por modelo y la comparación de los mismos para determinar cuál de ellos tiene mejor comportamiento para cada tipo de referencia. Para ejemplificar el procedimiento utilizado en cada una de las 14 referencias de preforma y resina PET que hacen parte de esta investigación, se tomara la referencia PF 25 gr, cuya información básica se muestra en la Figura siguiente.

Figura 6. Datos demanda PF 25 gr



Fuente. El Autor

De un análisis preliminar de la información se puede evidenciar que la referencia en cuestión posee una demanda con comportamiento variable, con varios picos y valles, con baja relación de estacionalidad por periodos. Los 41 datos tomados son considerados una muestra representativa, ya que el mercado para estos productos se caracteriza por ser muy dinámico.

El coeficiente de correlación muestra una correlación negativa y su coeficiente de variación denota poca heterogeneidad de los datos, que determinen dependencia y relación de los mismos. Tiene alta desviación respecto a su media; es difícil determinar comportamientos certeros con tan pocos datos y la experiencia en el mercado muestra que rara vez un periodo se repite a lo largo del tiempo.

Para efectos de cálculo se considera un pronóstico para los siguientes 6 periodos y un error admisible de 2.5 MADS para los límites de control de la señal de rastreo. A continuación se realiza el proceso de proyecciones enfocadas, que consiste en utilizar los diferentes modelos de pronóstico que contiene la herramienta FOR TSM y de este modo seleccionar el modelo que mejor comportamiento presente en función de las diferentes medidas de exactitud, así como los parámetros más adecuados para cada uno de ellos, para que entre todos los modelos utilizados, previa selección de sus mejores parámetros, seleccionar el modelo de proyección más adecuado para cada serie de datos, haciendo para esto un análisis y comparación de los resultados obtenidos de las diferentes medidas de desempeño empleadas de los diferentes modelos. El proceso se realiza para las 14 referencias que hacen parte del estudio y se ejemplifica a continuación con la referencia PF 25 gr.

❖ **Modelo media.** Los resultados obtenidos en el modelo media muestran grandes desviaciones de la demanda respecto a la media en los diferentes periodos, donde se ve claramente que el pronóstico no persigue la demanda.

En la Figura 7, se puede corroborar que a pesar de los algunos buenos resultados en las medidas de desempeño, en donde el MAPE es bajo con respecto a la demanda y el ME es igual a cero, su señal de rastreo muestra claramente un comportamiento sesgado positivo, que pasa muy pocas veces por el cero, donde sus valores positivos y negativos no se amortiguan adecuadamente, por lo que los errores no tienen un comportamiento normal, que es lo que se espera obtener de un modelo de pronósticos, generando en este caso posibles agotados en la mayoría de los periodos. Por lo anterior se puede concluir que este modelo no se ajusta al pronóstico de la demanda esperada.

Figura 7. Gráfica PF 25 gr modelo media



Fuente. El Autor

Debido a los resultados arrojados por el modelo, éste será utilizado en este caso exclusivamente para efectos de simulación, análisis y comparación de modelos.

❖ **Modelo promedio móvil simple.** Para el análisis de este modelo se realizan diferentes simulaciones modificando la cantidad de periodos a promediar. Los resultados de cada simulación son tabulados y mostrados en el Cuadro 6 para su comparación.

Cuadro 6. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo promedio móvil simple

N (Periodos de Promedio)	MAD	MAPE	Rango Señal de Rastreo	ME	MSE	Desviación Pronóstico	Intersecciones con cero
1	1298724.700	0.210	5.205	-54704.950	2581001114131.350	1627015.867	12
2	1031834.538	0.171	6.260	-15512.077	2150961144105.170	1485787.799	11
3	1071520.868	0.176	6.774	-35382.886	2014046496645.370	1438221.188	9
4	1028661.480	0.171	7.420	-62530.318	1891732901595.880	1394374.784	7
5	1024840.939	0.170	7.571	-79812.528	1910926288946.430	1401971.534	5
6	1055168.095	0.177	7.818	-95003.229	2081899584206.880	1463943.962	6
7	1081952.353	0.182	8.024	-97034.000	2018044438389.160	1441942.197	6
8	993121.977	0.164	8.872	-38242.992	1787781524883.210	1357810.627	4
9	1014497.701	0.167	8.654	-38705.451	1806024622790.670	1365387.667	4
10	1000079.252	0.165	9.159	-18845.581	1806023749968.670	1366098.291	3
11	994946.191	0.168	9.396	-111701.130	1702516639380.740	1327111.190	4
12	1017422.644	0.172	8.841	-124409.615	1675430149764.000	1317295.313	3
13	994640.808	0.170	8.712	-181892.714	1690198765676.600	1323933.050	3
14	979072.529	0.169	8.921	-234999.735	1732410767076.670	1341283.695	4
15	1003731.131	0.173	8.950	-227056.777	1787286860198.450	1363370.212	2
16	1035673.763	0.178	8.702	-246282.193	1811928662177.820	1373836.122	2
17	1002924.662	0.170	9.050	-199193.819	1739424359000.500	1347238.474	2
18	1005438.800	0.169	9.265	-155283.751	1769724218295.010	1360208.156	1
19	1019729.809	0.173	9.055	-201403.919	1832343125929.260	1385495.421	1
20	1056555.376	0.180	8.420	-230909.900	1927616138121.450	1422672.466	1

Fuente. El Autor

Los resultados muestran que al aumentar los periodos a promediar las medidas de desempeño tienden a mejorar, como el MSE, el MAPE, el MAD y la Desviación del Pronóstico, sin embargo su señal de rastreo muestra un crecimiento constante positivo, disminuyendo las intersecciones con el cero, generando así poca

compensación entre los periodos. Dada la poca repetitividad de los datos en una muestra de 41 periodos, es preferible trabajar con 1 periodo de promedio, que equivale a utilizar un modelo ingenuo, siendo este el que mejores resultados arroja de entre las opciones utilizadas. En la Figura 8 se muestran los resultados obtenidos con el modelo de PMS con N=1.

Figura 8. Gráfica PF 25 gr modelo móvil simple elegido



Fuente. El Autor

En la anterior gráfica se puede apreciar que el pronóstico persigue la demanda, pero con un retraso, presentando una señal de rastreo que tiene un comportamiento adecuado con datos centrados, la cual pasa varias veces por el

cero, mostrando valores positivos y negativos que se amortiguan entre sí, comportamiento deseable de un modelo de proyección. Aunque aparentemente el modelo presenta un comportamiento en términos generales bueno, es importante resaltar que el MAD da un valor muy alto, si se compara con el valor promedio de la demanda, lo que lo convierte en un modelo poco atractivo para ser considerado.

❖ **Modelo promedio móvil doble.** Para el análisis de este modelo se realizan diferentes simulaciones modificando la cantidad de periodos a promediar, de manera que los resultados de cada simulación son tabulados y mostrados en el Cuadro 7 para su comparación:

Cuadro 7. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo promedio móvil doble

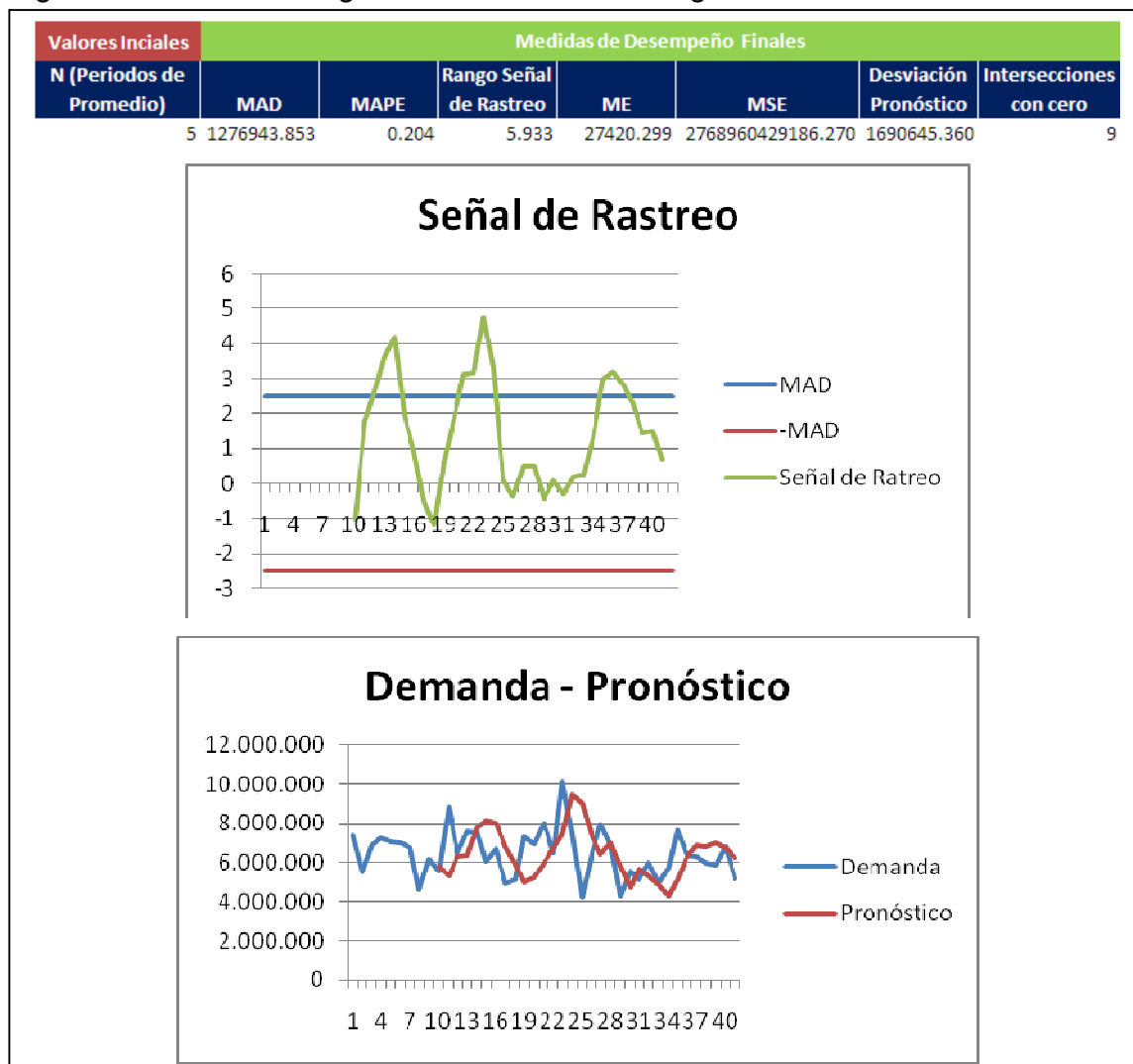
N (Periodos de Promedio)	MAD	MAPE	Rango Señal de Rastreo	ME	MSE	Desviación Pronóstico	Intersecciones con cero
2	1748472.033	0.283	5.273	-22646.664	4728310079379.020	2203656.562	17
3	1516702.154	0.247	4.476	-47108.142	3630655153854.720	1932456.509	10
4	1321627.721	0.216	5.051	-31969.184	2900496000770.390	1728695.988	8
5	1276943.853	0.204	5.933	27420.299	2768960429186.270	1690645.360	9
6	1277831.178	0.214	6.534	-58815.473	2947208998827.050	1746091.892	5
7	1268566.428	0.214	6.503	-66150.224	2743130170128.260	1686632.024	5
8	1169130.353	0.200	7.484	-34686.780	2471768017702.120	1603321.159	5
9	1158356.700	0.195	7.648	51312.185	2376912248845.990	1574882.935	3
10	1175125.730	0.199	8.530	81598.610	2416887201592.930	1591218.737	2
11	1189242.072	0.203	7.451	-17171.273	2518553456064.040	1628222.620	6
12	1043409.169	0.193	9.287	-205702.557	1890058473649.990	1414651.329	1
13	932998.961	0.164	7.998	-113948.221	1322765638041.790	1187834.169	2
14	889809.980	0.163	7.911	-240418.148	1222880754698.210	1147583.768	1
15	734844.713	0.125	4.019	-108325.544	828003964179.045	950408.887	0

Fuente. El Autor

Los resultados muestran que al aumentar los periodos a promediar las medidas de desempeño mejoran, como el MAD, el MAPE, el MSE y la Desviación de Pronóstico. Con valor del parámetro de periodos a promediar igual a 5, se

obtienen las mejores medidas de desempeño, desmejorando notablemente el ME a medida que este valor aumenta y mostrando una señal de rastreo con un crecimiento sesgado positivo, disminuyendo las intersecciones con el cero, generando así poca compensación entre los periodos, lo que permite concluir que al aumentar el número de periodos a promediar, ocasiona a que el modelo pierda exactitud. En la Figura 9, se muestran los resultados que se logran al utilizar el modelo Promedio Móvil Doble con N igual a periodos

Figura 9. Gráfica PF 25 gr modelo móvil doble elegido



Fuente. El Autor

En el gráfico se puede apreciar que el pronóstico persigue aproximadamente a la demanda y que la señal de rastreo muestra un comportamiento aceptable con datos dispersos, donde pasa varias veces por el cero, mostrando valores positivos y negativos que se amortiguan entre sí, pero con apreciable sesgo hacia los valores positivos. Aunque el modelo no presenta un comportamiento ideal de todas las medidas de desempeño, se puede evidenciar que se logran valores interesantes de algunas de ellas y que su comportamiento es aproximadamente aceptable para tenerlo en cuenta en la etapa de comparación de modelos de pronóstico.

❖ **Modelo suavización exponencial.** Para el análisis de este modelo se realizan simulaciones modificando el método de inicialización de modelo utilizando diferentes valores de los periodos a promediar y variando los valores de alpha, verificando las diferentes medidas de desempeño como indicadores clave para la definición tanto de la forma de inicializarlo como de la selección del parámetro del modelo; es decir el valor mínimo posible de los diferentes indicadores de exactitud del modelo, indica cual es el valor de alpha adecuado necesario para realizar los pronósticos.

Los resultados de las medidas de desempeño de cada simulación son tabulados y comparados porcentualmente contra las mejores medidas de desempeño obtenidas, lo que permite obtener información valiosa que ayuden en el proceso de toma de decisiones para la selección de formas de inicialización, parámetros y selección de modelos de suavización, ya que así es posible comprender la capacidad de reacción de los modelos y su sensibilidad frente a la variación de su coeficientes o parámetros. Los resultados de de las diferentes simulaciones realizadas en este modelo son tabulados en el siguiente Cuadro para su comparación (véase el Cuadro 8).

Cuadro 8. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo suavización exponencial

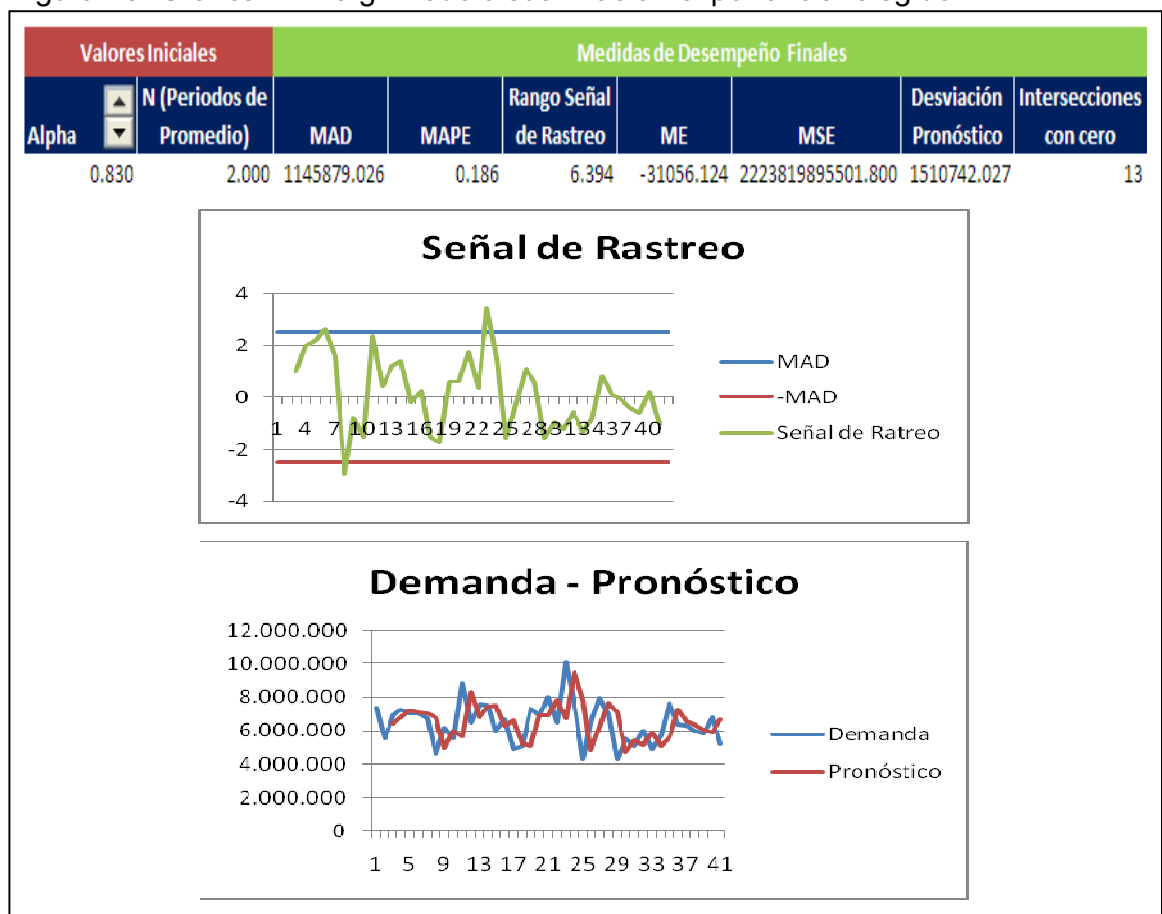
Alpha	N (Periodos de Promedio)	MAD	MAPE	Rango Señal de Rastreo	ME	MSE	Desviación Pronóstico	Intersecciones con cero
0.710	1.000	1113940.496	0.182	5.806	-63223.317	2115899346121.520	1473143.977	0
		0%	0%	40%	0%	0%	0%	100%
0.830	2.000	1145879.022	0.186	6.394	-31056.124	2223819885032.850	1510742.023	13
		3%	2%	55%	51%	5%	3%	0%
0.820	3.000	1162514.569	0.189	6.105	-36566.650	2268399272224.270	1526337.892	13
		4%	4%	48%	42%	7%	4%	0%
0.770	4.000	1153073.230	0.188	6.010	-43686.860	2245609414532.310	1519206.192	9
		4%	3%	45%	31%	6%	3%	31%
0.780	5.000	1186008.601	0.193	5.277	-46827.300	2319984403083.770	1544755.538	11
		6%	6%	28%	26%	10%	5%	15%
0.780	6.000	1210070.248	0.197	4.590	-49382.927	2381051986306.440	1565593.474	12
		9%	8%	11%	22%	13%	6%	8%
0.820	7.000	1268228.946	0.207	4.134	-49651.587	2523671541419.980	1612496.957	12
		14%	13%	0%	21%	19%	9%	8%
0.820	8.000	1220638.808	0.196	4.893	-40843.318	2410566955993.630	1576672.817	12
		10%	7%	18%	35%	14%	7%	8%
0.780	9.000	1231906.485	0.198	4.356	-40687.884	2420250684929.950	1580608.518	12
		11%	9%	5%	36%	14%	7%	8%
0.730	10.000	1195072.440	0.193	4.603	-37961.135	2295726989560.010	1540211.421	11
		7%	6%	11%	40%	8%	5%	15%
0.820	11.000	1159928.249	0.190	5.756	-48217.284	2217764221420.200	1514674.503	8
		4%	4%	39%	24%	5%	3%	38%
0.820	12.000	1190441.644	0.196	5.308	-49358.620	2285993781214.290	1538712.584	9
		7%	7%	28%	22%	8%	4%	31%
0.790	13.000	1205241.540	0.199	5.000	-54691.676	2304636401134.140	1545960.318	7
		8%	9%	21%	13%	9%	5%	46%
0.820	14.000	1215436.169	0.201	5.310	-59005.370	2361373931813.640	1565948.916	0
		9%	10%	28%	7%	12%	6%	100%
0.760	15.000	1191015.746	0.198	5.732	-59856.722	2354455641253.700	1564811.128	6
		7%	9%	39%	5%	11%	6%	54%
0.780	16.000	1248144.350	0.207	4.394	-61838.315	2477177950712.690	1606360.389	6
		12%	14%	6%	2%	17%	9%	54%
		<b>MEJORES MEDIDAS DE DESEMPEÑO</b>						
		1113940.496	0.182	4.134	-63223.317	2115899346121.520	1473143.977	13.000
		% DE DESVIACIÓN RESPECTO LAS MEJORES MEDIDAS DE DESEMPEÑO						

Fuente. El Autor

Se puede observar que cuando se aumentan los periodos a promediar, las medidas de desempeño tienden a desmejorar, así como el MAPE, el MAD, el MSE levemente comienzan a aumentar. Al utilizar una inicialización por defecto (numero de datos a promediar igual a 1) se obtienen las mejores medidas de desempeño, sin embargo sus intersecciones con cero son nulas, lo que hace que el modelo no pueda compensarse en el tiempo.

Finalmente después de realizar un análisis de las simulaciones realizadas fue seleccionada la simulación con inicialización de 2 periodos a promediar, con un alpha de 0.830 donde se obtienen buenas medidas de desempeño y con 13 intersecciones con el cero, que denota una compensación entre valores positivos y negativos. En la Figura 10 se muestran las medidas de desempeño finales para el modelo suavización exponencial elegido, donde se puede apreciar que el pronóstico persigue la demanda con una señal de rastreo que muestra un comportamiento adecuado con datos centrados, donde pasa varias veces por el cero, mostrando valores positivos y negativos que se amortiguan entre sí, que es lo que se espera.

Figura 10. Gráfica PF 25 gr modelo suavización exponencial elegido



Fuente. El Autor

❖ **Modelo suavización exponencial doble.** Para el análisis de este modelo se realizan simulaciones modificando la cantidad de periodos a promediar y variando los valores de alpha, para verificar las diferentes medidas de desempeño como indicadores clave para la selección de la inicialización y parámetro del modelo; es decir el valor mínimo de los indicadores de exactitud determina cual es el valor de alpha adecuado para realizar los pronósticos.

En el Cuadro 9 se muestran tabulados los resultados de las medidas de desempeño de cada simulación y la comparación porcentual contra las mejores medidas de desempeño obtenidas, lo que genera herramientas de decisión en un modelo de pronósticos sensible a los ajustes por reacción dependientes del valor de alpha.

Cuadro 9. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo suavización exponencial doble

Alpha	N (Periodos de Promedio)	MAD	MAPE	Rango Señal de Rastreo	ME	MSE	Desviación Pronóstico	Intersecciones con cero
0.730	1.000	1631982.097	0.260	5.909	-17400.925	4084684615714.830	2048189.810	17
		0%	0%	96%	85%	0%	0%	23%
0.800	2.000	1792570.097	0.285	5.546	-56045.869	4782178043026.370	2216983.609	14
		10%	9%	84%	52%	17%	8%	36%
0.780	3.000	1794490.642	0.286	4.616	-46770.519	4725110221317.390	2204566.481	18
		10%	10%	53%	60%	16%	8%	18%
0.820	4.000	1916155.600	0.305	3.436	-44147.077	5248658123886.980	2324441.959	18
		17%	17%	14%	62%	28%	13%	18%
0.780	5.000	1881480.072	0.300	3.348	-34119.755	4997535953901.670	2269135.615	22
		15%	15%	11%	71%	22%	11%	0%
0.810	6.000	1936665.405	0.305	3.298	29545.274	5327811237560.440	2343993.460	0
		19%	17%	10%	125%	30%	14%	100%
0.780	7.000	1835452.385	0.288	3.494	-18498.507	4960700121104.300	2262901.391	16
		12%	11%	16%	84%	21%	10%	27%
0.770	8.000	1867528.794	0.293	3.350	-6498.188	5015955631870.740	2276654.158	9
		14%	12%	11%	94%	23%	11%	59%
0.760	9.000	1782592.900	0.285	3.439	-116344.345	4575549632661.730	2175621.108	2
		9%	10%	14%	0%	12%	6%	91%
0.860	10.000	1868943.869	0.298	3.495	-49057.605	5075058475992.630	2292664.512	17
		15%	14%	16%	58%	24%	12%	23%
0.770	11.000	1757149.890	0.283	3.608	-77139.101	4466220077910.810	2152123.518	10
		8%	9%	20%	34%	9%	5%	55%
0.830	12.000	1899852.269	0.306	3.176	-81456.568	5147965135667.320	2312134.035	10
		16%	17%	6%	30%	26%	13%	55%
0.780	13.000	1806602.503	0.292	3.465	-21046.100	4743806245336.830	2221161.519	11
		11%	12%	15%	82%	16%	8%	50%
0.780	14.000	1835937.803	0.297	3.226	-46329.064	4880856158093.830	2254822.646	14
		12%	14%	7%	60%	19%	10%	36%
0.740	15.000	1788564.241	0.287	3.396	24755.634	4646090815818.970	2201838.951	4
		10%	10%	13%	121%	14%	8%	82%
0.760	16.000	1853601.731	0.295	3.008	17873.748	5020580812362.530	2291023.577	4
		14%	13%	0%	115%	23%	12%	82%
		<b>MEJORES MEDIDAS DE DESEMPEÑO</b>						
		1631982.097	0.260	3.008	-116344.345	4084684615714.830	2048189.810	22.000
		% DE DESVIACIÓN RESPECTO LAS MEJORES MEDIDAS DE DESEMPEÑO						

Fuente. El Autor

Se puede observar que cuando se aumentan los periodos a promediar, las medidas de desempeño tienden a empeorar, comenzando a aumentar. Al promediar 1 periodo se obtienen mejores medidas de desempeño, sin embargo su rango de señal de rastreo obtiene el valor más alto, al igual que el ME. Después de realizar varias simulaciones, se seleccionó la realizada con inicialización de 5 periodos a promediar y con un valor de alpha de 0.780 donde se obtienen buenas medidas de desempeño, con errores levemente desviados de las mejores medidas de desempeño y con 22 intersecciones con el cero. En la Figura 11 se muestran los resultados obtenidos con la inicialización y el parámetro seleccionado para el modelo.

Figura 11. Gráfica PF 25 gr modelo suavización exponencial doble elegida



Fuente. El Autor

Como se puede apreciar en el anterior gráfico, el pronóstico persigue la demanda con una señal de rastreo que muestra un comportamiento adecuado con datos centrados, donde pasa varias veces por el cero, mostrando valores positivos y negativos que se amortiguan entre sí, que es lo que se espera. Nuevamente el valor de MAD es demasiado elevado en comparación con la demanda promedio de los datos, convirtiéndolo en un modelo poco atractivo de seleccionar.

❖ **Modelo suavización exponencial con ajuste a la tendencia.** Para el análisis de este modelo se realizan simulaciones modificando la cantidad de periodos a promediar y variando los valores de alpha y beta, verificando sus mejores medidas de desempeño como indicadores clave para la optimización del modelo; es decir el valor mínimo de los errores indica cual es el valor de alpha y beta óptimos necesarios para realizar los pronósticos. Los resultados de cada simulación son tabulados en el Cuadro 10 para su comparación.

Cuadro 10. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo suavización exponencial con ajuste a la tendencia

Alpha	Beta	N (Periodos de Promedio)	MAD	MAPE	Pendiente	Intercepto	Rango Señal de Rastreo	ME	MSE	Desviación Pronóstico	Intersecciones con cero
0.890	0.920	2	1970526.305	0.310	-1871638.000	9262460.000	3.558	24958.695	5904604167345.240	2461704.387	4
0.830	0.820	3	1728591.444	0.276	-247279.000	7096648.000	4.655	-19821.512	4497383894203.580	2149170.726	19
0.780	0.780	4	1630068.537	0.263	102271.700	6514063.500	6.506	-31605.474	4126959148435.090	2059513.754	18
0.790	0.820	5	1713698.613	0.276	109225.100	6500156.700	5.102	-33478.661	4431645808922.350	2135009.195	16
0.770	0.790	6	1719273.652	0.278	90908.629	6542895.133	4.258	-32451.668	4354958263093.260	2117320.304	0
0.780	0.790	7	1777527.235	0.288	46230.964	6662035.571	3.801	-31760.501	4577438046920.480	2171669.471	18
0.830	0.850	8	1807635.213	0.286	-155223.393	7266398.643	4.092	-27729.341	4893186799341.360	2246352.351	19
0.830	0.770	9	1779033.932	0.282	-132297.800	7189980.000	3.866	-27571.734	4716360189561.360	2206467.956	18
0.770	0.780	10	1765458.538	0.282	-149131.673	7251704.200	3.810	-23707.837	4529434935471.150	2163426.934	0
0.790	0.860	11	1713966.177	0.277	-3179.573	6667895.800	4.306	-35080.864	4350857871165.730	2121529.508	14
0.810	0.810	12	1748524.489	0.283	-8167.608	6689510.621	4.023	-36511.639	4408576205086.490	2136826.000	0
0.830	0.840	13	1804666.734	0.292	25274.984	6533445.192	3.804	-41606.577	4732326911677.540	2215309.974	13
0.790	0.810	14	1774399.400	0.290	43692.785	6441356.187	3.831	-40752.481	4498208548371.520	2161299.741	12
0.780	0.770	15	1745278.630	0.286	17072.311	6583332.048	3.853	-39478.207	4442453126602.460	2149453.710	12
0.780	0.790	16	1830080.416	0.300	13656.501	6602688.300	3.406	-41079.744	4725692581838.810	2218692.507	12
0.770	0.790	17	1817844.446	0.296	-23169.025	6823641.456	3.430	-39511.386	4665081253665.750	2206334.261	0

Fuente. El Autor

Se puede observar que cuando se aumentan los periodos a promediar, las medidas de desempeño tienden a mejorar, así como el MAD, el MAPE y el MSE levemente comienzan a disminuir. Al promediar 7 periodos se obtienen las mejores medidas de desempeño, manteniendo estable su rango de señal de rastreo, al igual que el ME, el MSE, el MAPE y el MAD, con 18 intersecciones con el cero. Para este caso la simulación elegida se realiza con un alpha de 0.780 y un beta de 0.790. En la Figura 12 se muestran las medidas de desempeño finales para el modelo Suavización Exponencial con Ajuste a la Tendencia.

Figura 12. Gráfica PF 25 gr modelo suavización exponencial con ajuste a la tendencia elegido



Fuente. El Autor

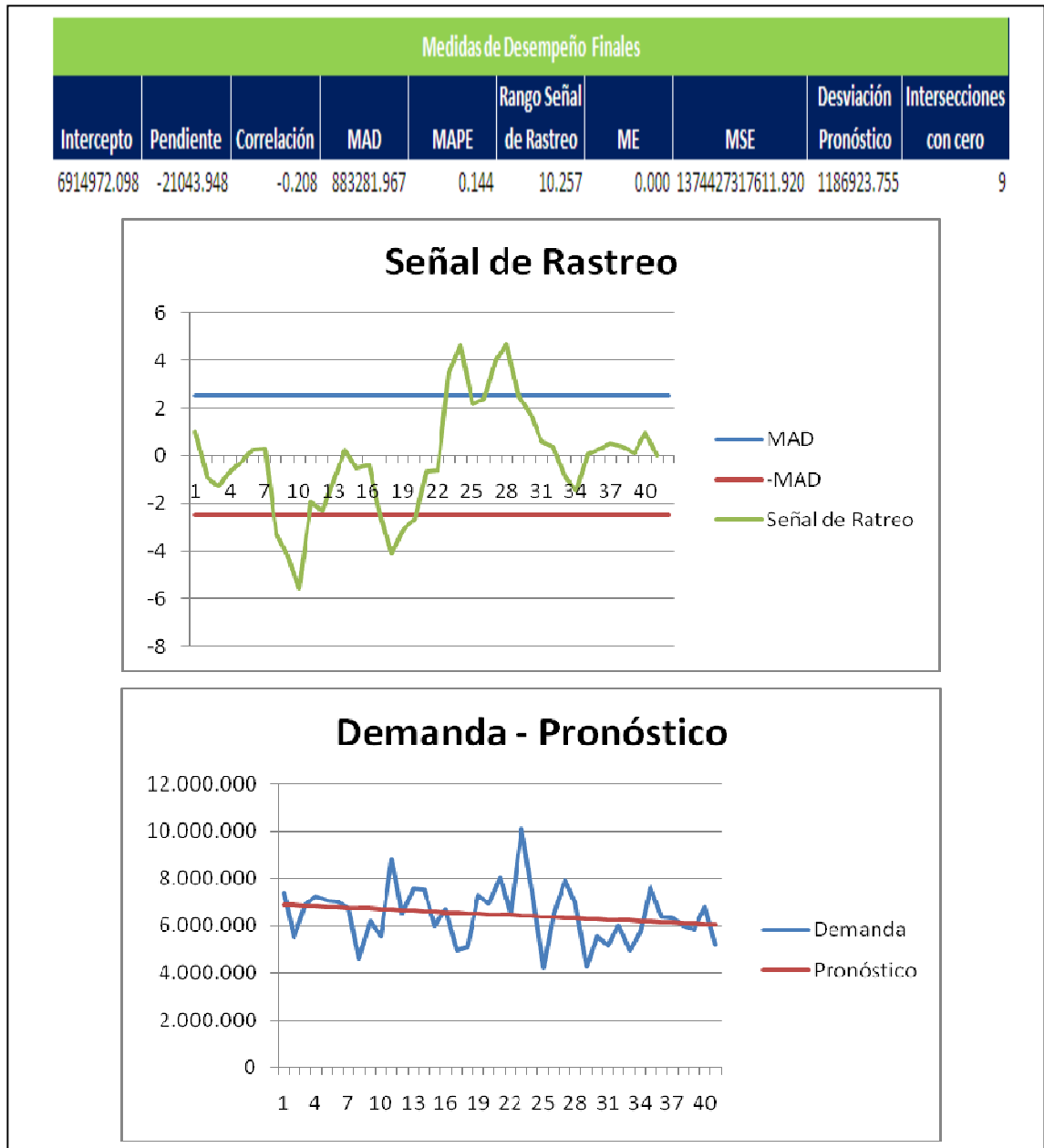
Como se puede apreciar en la anterior figura, el pronóstico trata de perseguir la demanda y se obtiene un gráfico de control de la señal de rastreo con un comportamiento adecuado, debido a que los datos se encuentran centrados y distribuidos homogéneamente alrededor de cero, pasando en repetidas ocasiones por cero, mostrando valores positivos y negativos que se amortiguan entre sí, comportamiento ideal en un modelo de pronósticos. Aunque el valor del MAD es elevado si se le compara contra el promedio de la demanda, es interesante observar que el rango de la señal de rastreo no es muy grande, con muchos valores que se encuentran por debajo de  $\pm 1$  MAD, convirtiéndolo en un modelo a considerar en mayor detalle en la etapa de selección.

❖ **Modelo regresión lineal.** El modelo de regresión lineal, no requiere de la definición de parámetros, sino del cálculo de los coeficientes  $a$  y  $b$  de la ecuación por medio del método de mínimos cuadrados, los cuales son propios de los datos históricos utilizados en la simulación.

En la Figura 13, se puede apreciar los valores del intercepto y de la pendiente encontrados y los diferentes cálculos de las medidas correspondientes a la evaluación del modelo. Como se puede apreciar en la gráfica, los resultados obtenidos por el modelo de Regresión Lineal muestran grandes desviaciones del pronóstico con respecto a la demanda en los diferentes periodos y su señal de rastreo presenta un comportamiento sesgado negativo en los primeros periodos y positivo en los periodos finales, siendo un comportamiento poco deseado, ya que aunque pase varias veces por el cero, sus valores positivos y negativos no se amortiguan regularmente en el tiempo, dado que el comportamiento actual del modelo tiene mayores posibilidades de generar agotados ó aumentos de inventario en periodos determinados (véase la Figura 13).

Por otra parte, su coeficiente de correlación de -0.208 indica que este modelo claramente no se ajusta al pronóstico de la demanda esperada, sin embargo su simulación es importante para el análisis y comparación de modelos.

Figura 13. Gráfica PF 25 gr modelo regresión lineal



Fuente. El Autor

❖ **Modelo descomposición multiplicativa.** Para el análisis de este modelo se realizan diferentes simulaciones modificando la periodicidad de la estacionalidad, para obtener resultados tabulados de cada simulación, los cuales son mostrados en el Cuadro 11 para su comparación.

Cuadro 11. Medidas desempeño PF 25 gr modelo descomposición multiplicativa

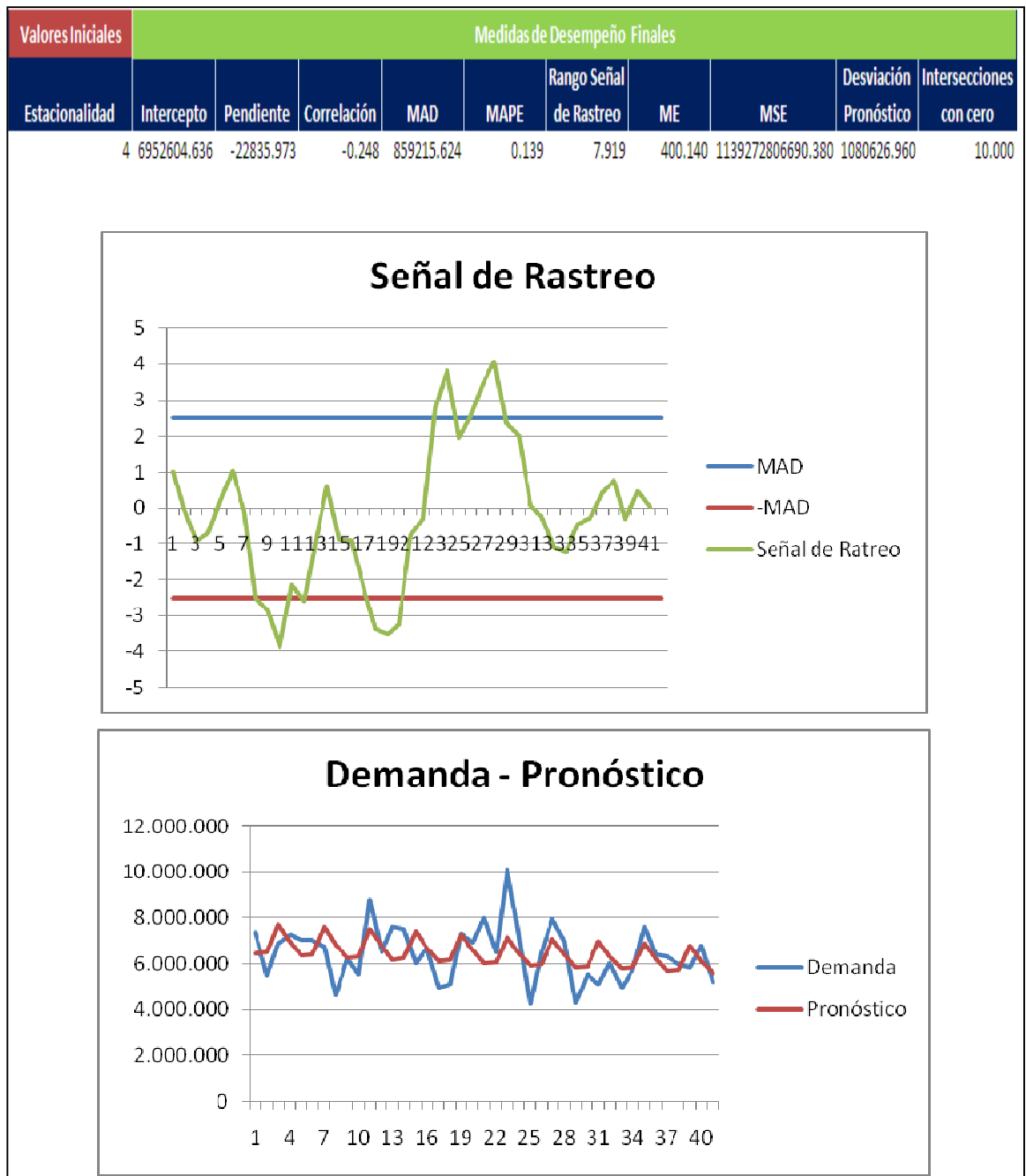
Estacionalidad	Intercepto	Pendiente	Correlación	MAD	MAPE	Rango Señal de Rastreo	ME	MSE	Desviación Pronóstico	Intersecciones con cero
2	6905258.266	-20581.384	-0.207	891447.347	0.146	10.337	0.000	1353802455715.170	1177984.515	8.000
3	6917122.024	-21146.325	-0.209	885753.277	0.145	10.175	34.038	1373408992810.030	1186483.973	8.000
4	6952604.636	-22835.973	-0.248	859215.624	0.139	7.919	400.140	1139272806690.380	1080626.960	10.000
6	6935749.512	-22033.348	-0.226	893878.100	0.147	10.510	744.880	1313843617949.130	1160469.607	8.000
12	6990723.733	-24651.168	-0.318	691247.616	0.113	8.511	1581.692	719574821397.231	858815.575	6.000

Fuente. El Autor

Como se muestran en la Tabla, los mejores resultados del modelo se dan cuando se utiliza una estacionalidad de 4 meses. El comportamiento de modelo tiende a reducir la exactitud cuando se pasa a 6 o 12 meses de estacionalidad, en donde comienza a empeorar el ME, a disminuir las intersecciones con cero, y la señal de rastreo empieza a mostrar un crecimiento constante positivo, generando así poca compensación entre los periodos.

En la Figura 14, se muestran las medidas de desempeño finales para el modelo Descomposición Multiplicativa con una estacionalidad de 4 meses en los cuales se puede apreciar gráficamente que el pronóstico no persigue tan de cerca la demanda con una baja correlación entre de los datos desestacionalizados de la demanda y en donde la señal de rastreo muestra un comportamiento no tan adecuado de acuerdo a lo esperado, aunque su datos son centrados y pasan varias veces por el cero, no obstante sus valores positivos y negativos no se amortiguan entre sí, que es lo que se espera, generando posibles agotados ó aumentos de inventario en periodos determinados (véase la Figura 14).

Figura 14. Gráfica PF 25 gr modelo descomposición multiplicativa elegido



Fuente. El Autor

❖ **Modelo Winters.** Para el análisis de este modelo se realizan diferentes simulaciones modificando los rangos de estacionalidad y ajustando el valor alpha,

beta y gamma para obtener las mejores medidas de desempeño, los resultados de cada simulación son tabulados en el Cuadro 12 para su comparación.

Cuadro 12. Medidas de desempeño PF 25 gr modelo Winters

Estacionalidad	Alpha	Beta	Gamma	MAD	MAPE	Rango Señal de Rastreo	ME	MSE	Desviación Pronóstico	Intersecciones con cero
2	0.810	0.790	0.820	1853223.108	0.296	4.512	-79067.500	5086032942341.870	2285496.290	17
3	0.820	0.780	0.830	2053962.377	0.331	5.622	-126106.724	7202381684977.160	2720743.987	11
4	0.820	0.770	0.760	2077396.160	0.341	4.019	-26992.046	5890747385273.950	2461514.667	19
6	0.760	0.770	0.780	2003485.851	0.328	5.350	-112720.859	6158433145651.310	2518938.731	10
12	0.770	0.820	0.850	1849145.286	0.306	4.422	-132058.757	5032436903186.680	2284474.437	7

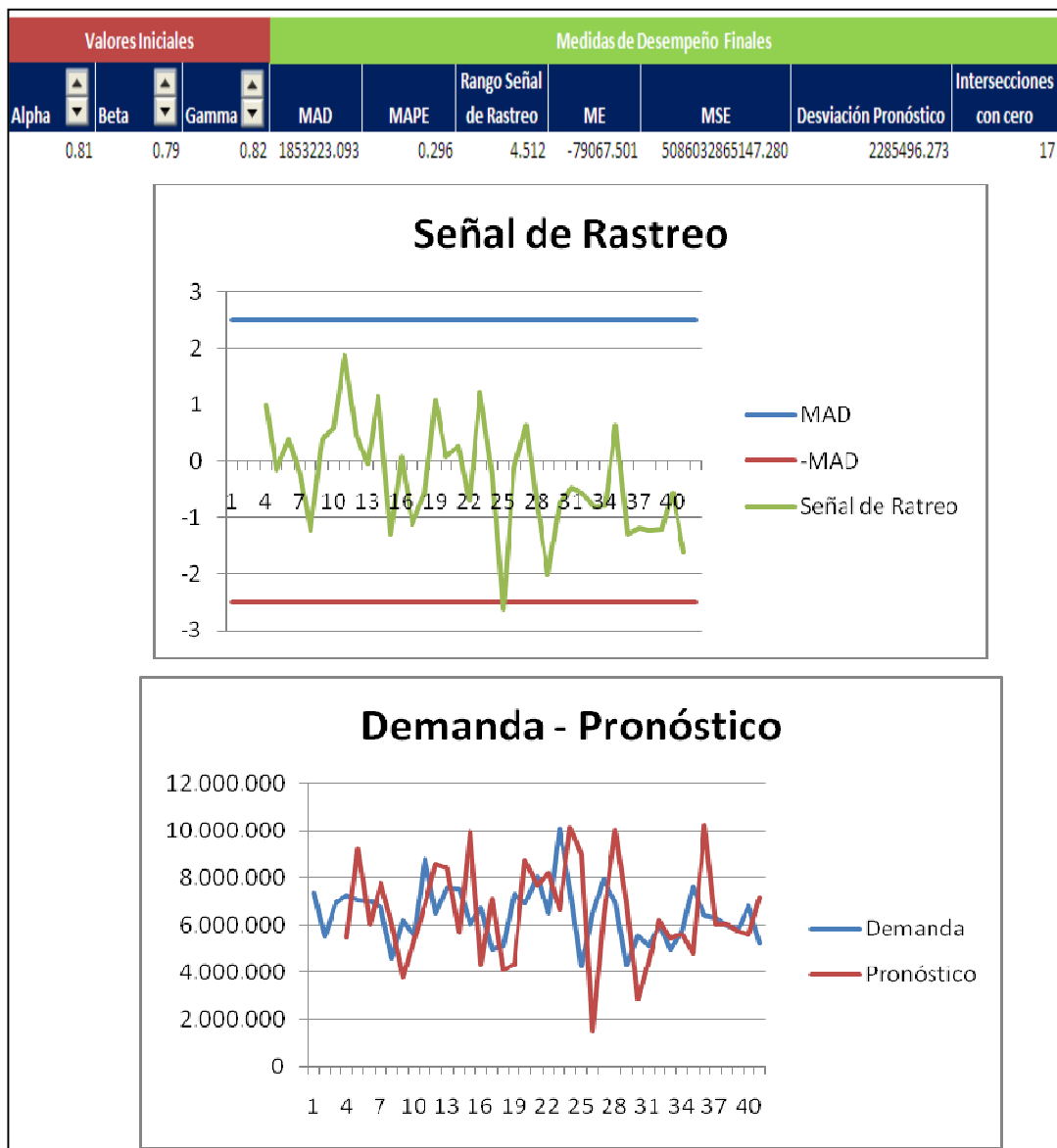
Fuente. El Autor

Los resultados muestran que al aumentar los periodos de la estacionalidad las medidas de desempeño tienden a empeorar, tanto en el MAD como en el MAPE; mientras que para el ME, el MSE y la Desviación del Pronóstico aumentan.

De el Cuadro 12 se puede observar que los mejores resultados de las medidas de desempeño se obtienen al considerar una estacionalidad de 2 meses, con un rango de señal de rastreo con valores admisibles, con 17 intersecciones con el cero, logándose obtener un valor cercano a cero del ME, aunque con un valor relativamente alto del MAD en comparación con la demanda media.

En la Figura 15, se muestran las medidas de desempeño finales para el modelo Winters con una estacionalidad de 2 periodos utilizando los valores de alpha de 0.810, beta de 0.790 y un gamma de 0.820, en los cuales se puede apreciar gráficamente que el pronóstico trata de perseguir la demanda, con una señal de rastreo que muestra datos centrados con varias intersecciones con el cero, generando así compensación entre los periodos (véase la Figura 15).

Figura 15. Gráfica PF 25 gr modelo Winters elegido



Fuente. El Autor

En el Anexo B, por cada referencia y resina PET se encuentra un libro donde se analizan de forma individual los resultados obtenidos después de cada simulación, en donde se pueden apreciar los resultados de cada una de ellas, para las 14 referencias de preforma objeto de esta investigación.

### 3.5 SELECCIÓN DE MODELOS Y ELABORACIÓN DE PRONÓSTICOS

Luego de realizar la comparaciones individual de cada modelo en sus diferentes simulaciones con sus medidas de desempeño para cada una de las 14 referencias de preforma, se realiza el proceso de selección del modelo que posiblemente se adapte mejor a cada tipo de referencia. Para efectos de ilustración y dando continuidad al ejemplo que se ha venido desarrollando, se muestra el proceso de selección de modelo de pronóstico para la referencia PF 25 gr. Para esto se muestra en el Cuadro 13 un resumen de los resultados obtenidos de los modelos y parámetros seleccionados en el numeral 3.4.

Cuadro 13. Comparación de modelos PF 25 gr

Modelo	MAD	Intersecciones con cero	Rango Señal de Rastreo	MAPE	MSE	Desviación del pronóstico	Intersecciones con cero (%)
Promedio Móvil Simple	1298724,700	12	5,2046701	20,97%	2581001114131,350	1627015,867	29,27%
Suavización Exponencial	1145879,026	13	6,394	18,60%	2223819895501,800	1510742,027	31,71%
Suavización Exp. con Ajuste a la Tendencia	1777527,2	18	3,80070141	28,77%	4577437877860,590	2171669,43	43,90%
Regresión Lineal	883281,967	9	10,2570286	14,42%	1374427317611,920	1186923,76	21,95%
Suavización Exponencial Doble	1881480,03	22	3,34771792	30,02%	4997535750337,050	2269135,57	53,66%
Promedio Móvil Doble	1276943,85	9	5,93310652	20,42%	2768960429186,270	1690645,36	21,95%
Descomposición	859215,624	10	7,91883899	13,91%	1139272806690,380	1080626,96	24,39%
Winters	1853223,09	17	4,51191623	29,64%	5086032865147,280	2285496,27	41,46%
Media	942077,839	5	9,3994733	15,35%	1436426000691,330	1213398,8	12,20%
Datos Normalizados							
Modelo	MAD	Intersecciones con cero	Rango Señal de Rastreo	MAPE	MSE	Desviación del pronóstico	
Promedio Móvil Simple	1,430	1,588	1,269	1,438	1,365	1,453	
Suavización Exponencial	1,280	1,529	1,441	1,291	1,275	1,357	
Suavización Exp. con Ajuste a la Tende	1,898	1,235	1,066	1,923	1,871	1,906	
Regresión Lineal	1,024	1,765	2,000	1,031	1,060	1,088	
Suavización Exponencial Doble	2,000	1,000	1,000	2,000	1,978	1,986	
Promedio Móvil Doble	1,409	1,765	1,374	1,404	1,413	1,506	
Descomposición	1,000	1,706	1,662	1,000	1,000	1,000	
Winters	1,972	1,294	1,168	1,977	2,000	2,000	
Media	1,081	2,000	1,876	1,089	1,075	1,110	

Fuente. El Autor

Las medidas de desempeño obtenidas para modelo con los respectivos parámetros y valores de inicialización (cuando aplique), son mostradas en esta Tabla, en la cual se puede analizar de forma integral los diferentes comportamientos de cada variable y ponderar la elección que mejor se ajuste al desempeño esperado. Este Cuadro está compuesta (en la parte superior) de los datos reales arrojados por la herramienta empleada, y en la parte inferior con los datos normalizados de estas medidas de desempeño, esto para poderlas tener todas en una misma escala y así poderlas comparar. Como se puede apreciar en la tabla, las mejores mediadas de desempeño son mostradas en color rojo, pudiéndose observar que son varios los modelos los que tienen los mejores valores, lo cual se convierte en un problema complicado a la hora de decir que modelo usar, así como se ha dicho a través del documento, la idea de los modelos de pronósticos es que tengan un comportamiento equilibrado entre todos los indicadores de exactitud calculados.

Inicialmente dadas las medidas de desempeño individuales obtenidas en algunos indicadores, son descartados con anticipación los modelos Media, Regresión Lineal y Descomposición Multiplicativa. El modelo Media se descarta debido principalmente al sesgo positivo que presenta su señal de rastreo, que aunque se logra obtener un valor de ME de cero en el tiempo, es un modelo que consistentemente errores positivos que dan lugar a agotados constantes, comportamiento no deseable por la pérdida de competitiva que esto implica. Por su parte los modelos de Regresión y de Descomposición, son descartados ya que claramente se puede apreciar que los datos de demanda no se encuentran altamente correlacionados, obteniéndose en ambos modelos valores muy inferiores de coeficientes de correlación al recomendado en la literatura de 0,85, lo que permite concluir que los modelos no deben ser utilizados para esta serie de datos, así tengan valores buenos en las demás medidas de desempeño.

No existe en la literatura un método de selección de modelos de pronósticos probado que indique la forma de tomar esta decisión, dado que lo que busca un modelo de pronósticos es tratar de cumplir con varios requisitos como se han mencionado anteriormente, lo cual en la mayoría de las veces es imposible de cumplir, ya que las medidas de desempeño presentan comportamientos encontrados o *trade-offs*, por lo que lo importante es llegar a un equilibrio entre las diferentes medidas de exactitud utilizadas.

De acuerdo a lo anterior, se utiliza la información de los datos normalizados del Cuadro 13 para seleccionar la *Suavización Exponencial* como el modelo que se utilizará para la referencia PF 25 gr ya que este muestra buen comportamiento en la mayoría de sus medidas de desempeño en comparación con los demás, obtenido un valor del rango de la señal de rastreo un poco mayor que en los otros modelos, sin embargo sus datos son centrados con respecto al cero y los valores de MAD y ME admisibles, convirtiéndolo en un modelo balanceado en todas sus medidas.

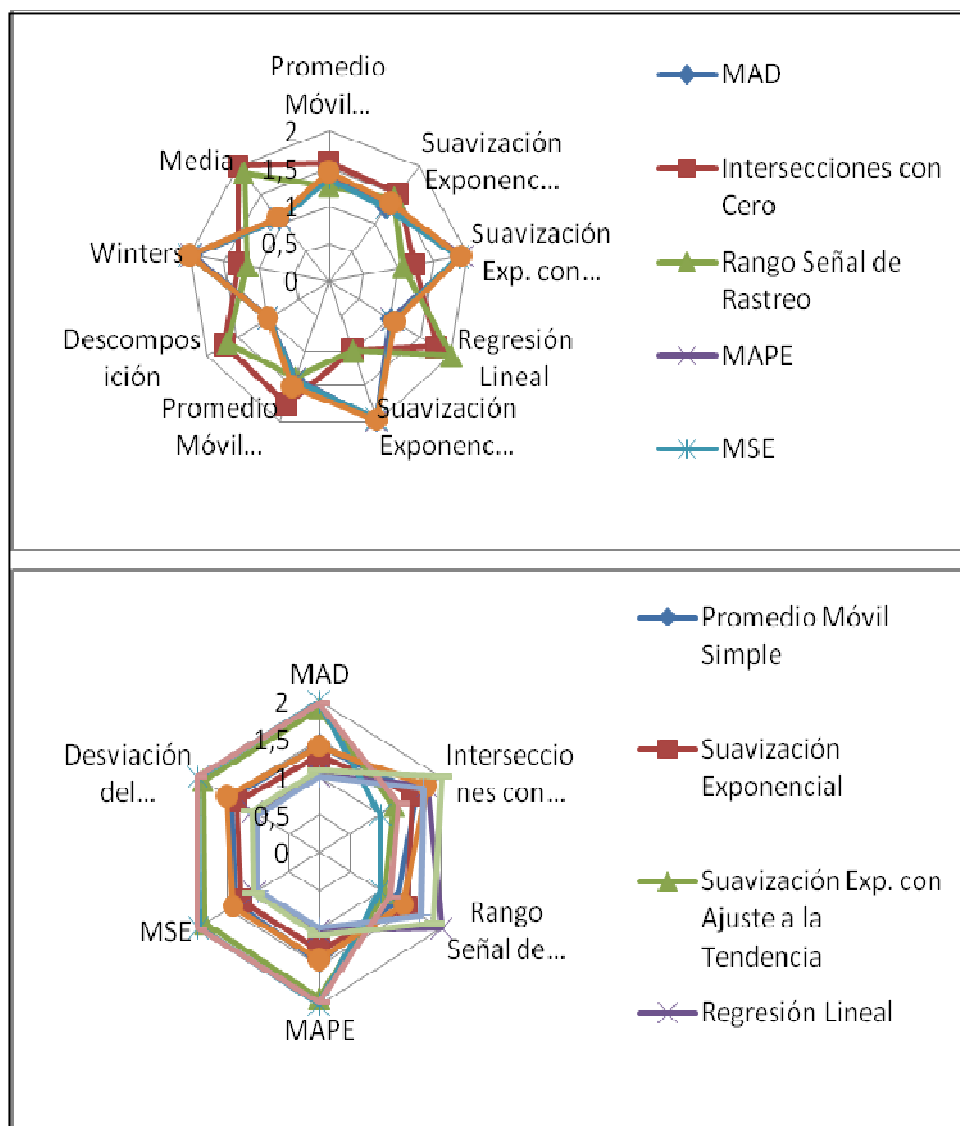
La Figura 16 muestra la comparación de los diferentes modelos, utilizando los valores de las medidas de desempeño normalizadas del Cuadro 13.

Como se puede apreciar en la Figura de radar existe mayor equilibrio para el modelo de suavización exponencial, entre los valores objeto de la decisión tomada, donde se corrobora que este modelo elegido muestra el mejor balance en sus medidas de desempeño (véase La Figura 16).

Teniendo en cuenta el tipo de producto fabricado y la experiencia en la industria, las preformas antes del proceso de soplado tienen una vida útil de 6 meses lo que indica que cualquier valor del pronóstico por encima de la venta real tiene un alto impacto en los costos de la compañía, ya que adicionalmente a los costos del manejo y mantenimiento del inventario hay un riesgo de que las preformas queden

en la obsolescencia. Con estas premisas lo que se busca son valores con medidas de desempeño lo mejor posibles, evitando así excesos de inventarios como también minimizando las ventas perdidas mediante la obtención de pronósticos más acertados.

Figura 16. Comparación medidas de desempeño modelos PF 25 gr



Fuente. El Autor

Del mismo modo hay que tener claridad que no existen modelos perfectos y permanentes, por lo cual es necesario monitorear constantemente el comportamiento del mercado, para hacer los ajustes necesarios en los pronósticos que permitan atender la demanda eficientemente al menor costo, haciendo uso adecuado de las herramientas estadísticas adaptando métodos heurísticos y meta heurísticos que permitan mejorar las decisiones de manera objetiva con datos certeros.

En el Anexo C., se encuentra el análisis de selección de modelo de pronóstico para cada una de las 14 referencias y Resina PET que hacen parte de la investigación.

**3.5.1 Cuadro resumen selección de modelos.** Con base al método desarrollado en los numerales 3.4 y 3.5, para obtener las mejores medidas de desempeño por modelo, así como la comparación y análisis de cada resultado para la referencia PF25 gr, este método es replicado para cada una de las referencias objeto de este estudio. En el Cuadro 14 se muestran los modelos y parámetros seleccionados para cada una de las 14 referencias de preforma que maneja la empresa, así como para la principal materia prima que utiliza la compañía, para la fabricación de sus productos. Estos modelos, así como los pronósticos y los errores en la proyecciones que estos arrojen, será una parte de la información de entrada para parametrizar los modelos de gestión de inventarios, tal como se mostrará posteriormente (véase el Cuadro 14).

Cuadro 14. Resumen modelos y parámetros seleccionados para las referencias

REFERENCIA	MODELO DE PRONOSTICO SELECCIONADO	PARAMETROS DEL MOLELO
PREFORMA 18 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 2 Periodos / Alpha 0.84
PREFORMA 22 GR	Modelo Descomposición Multiplicativa	Estacionalidad 3 Periodos
PREFORMA 23 GR	Modelo Promedio Móvil Simple	Estacionalidad 1 Periodos
PREFORMA 25 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 2 Periodos / Alpha 0.83
PREFORMA 27 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 2 Periodos / Alpha 0.77
PREFORMA 28 GR	Modelo Suavización Exponencial Doble	Estacionalidad 4 Periodos / Alpha 0.59
PREFORMA 30 GR	Modelo Descomposición Multiplicativa	Estacionalidad 3 Periodos
PREFORMA 30 GR Kerr	Modelo Suavización Exponencial Doble	Estacionalidad 2 Periodos / Alpha 0.76
PREFORMA 30.5 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 4 Periodos / Alpha 0.58
PREFORMA 44 GR	Modelo Descomposición Multiplicativa	Estacionalidad 4 Periodos
PREFORMA 47.5 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 4 Periodos / Alpha 0.82
PREFORMA 52 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 3 Periodos / Alpha 0.86
PREFORMA 54 GR	Modelo Promedio Móvil Simple	Estacionalidad 1 Periodos
PREFORMA 60 GR	Modelo Suavización Exponencial Doble	Estacionalidad 4 Periodos / Alpha 0.65
RESINA PET	Modelo Descomposición Multiplicativa	Estacionalidad 6 Periodos

Fuente. El Autor

**3.5.2 Elaboración de pronósticos.** Con base en los resultados obtenidos anteriormente, se realizan las proyecciones para los próximos 3 a 6 meses de acuerdo a cada referencia, a cada modelo seleccionado y a los parámetros definidos para cada uno de ellos. Para efectos de comparación, al tener datos reales de cada mes en cuestión, esta información se ingresa al modelo de pronóstico para simular los periodos siguientes. La comparación entre las proyecciones obtenidas y la demanda real es completamente relevante para realizar los ajustes pertinentes, así como establecer y ajustar los niveles deseables de stock de seguridad.

Es importante aclarar que dependiendo del comportamiento de mercado es posible que la demanda de las diferentes referencias tenga que ser ajustada a nuevos modelos con parámetros diferentes a los establecidos inicialmente, debido a esto se debe hacer seguimiento constante del comportamiento de la demanda, así como redefinir los datos de entrada puesto que algunos de los datos no incluidos debido a promociones, estacionalidad u otros factores pueden transformarse en productos de línea, por ejemplo el caso de un producto exitoso ó en el evento de una negociación de suministro por un largo periodo de tiempo. A manera de ejemplo, y dando continuidad a la referencia analizada, se anexa la proyección de la referencia PF 25 gr, iniciales para los próximos 6 meses, información que se muestra en el Cuadro siguiente (véase el Cuadro 15).

Las simulaciones obtenidas para las restantes referencias se encuentran documentadas en un archivo individual almacenados en el Anexo D., y elaboradas en el simulador nombrados de la siguiente manera *FOR TSM\_PF XX Gr.*, donde XX se refiere al peso numérico de cada referencia nombrada en esta investigación, para el caso de PF 25 gr., el archivo esta nombrado así: *FOR TSM\_PF 25 Gr.*, para el caso de la resina XX equivale a RESINA PET.

Cuadro 15. Pronósticos de demanda PF 25 gr.

Datos Iniciales SE		Pronóstico	Análisis del Error							
Periodo	Demanda	Ft (Pronóstico)	et (Error del Pronóstico)	RSFE (Error Acumulado)	letl (Error Absoluto)	letl acumulado	MAD	SR (Señal Rastreo)	et^2 (Error Cuadrático)	Fracción Abs. del Error
1	7390822									
2	5519184									
3	6896264	6455003	4.41E+05	4.41E+05	4.41E+05	4.41E+05	4.41E+05	1.00	1.95E+11	0.064
4	7272701	6821250	4.51E+05	8.93E+05	4.51E+05	8.93E+05	4.46E+05	2.00	2.04E+11	0.062
5	7060189	7195954	-1.36E+05	7.57E+05	1.36E+05	1.03E+06	3.43E+05	2.21	1.84E+10	0.019
6	7027292	7083269	-5.60E+04	7.01E+05	5.60E+04	1.08E+06	2.71E+05	2.59	3.13E+09	0.008
7	6762264	7036808	-2.75E+05	4.26E+05	2.75E+05	1.36E+06	2.72E+05	1.57	7.54E+10	0.041
8	4614431	6808936	-2.19E+06	-1.77E+06	2.19E+06	3.55E+06	5.92E+05	-2.99	4.82E+12	0.476
9	6213272	4987497	1.23E+06	-5.42E+05	1.23E+06	4.78E+06	6.83E+05	-0.79	1.50E+12	0.197
10	5558381	6004890	-4.47E+05	-9.89E+05	4.47E+05	5.23E+06	6.53E+05	-1.51	1.99E+11	0.080
11	8822202	5634288	3.19E+06	2.20E+06	3.19E+06	8.41E+06	9.35E+05	2.35	1.02E+13	0.361
12	6500052	8280257	-1.78E+06	4.19E+05	1.78E+06	1.02E+07	1.02E+06	0.41	3.17E+12	0.274
13	7597757	6802687	7.95E+05	1.21E+06	7.95E+05	1.10E+07	9.99E+05	1.22	6.32E+11	0.105
14	7531918	7462595	6.93E+04	1.28E+06	6.93E+04	1.11E+07	9.22E+05	1.39	4.81E+09	0.009
15	6031929	7520133	-1.49E+06	-2.05E+05	1.49E+06	1.25E+07	9.65E+05	-0.21	2.21E+12	0.247
16	6701639	6284924	4.17E+05	2.12E+05	4.17E+05	1.30E+07	9.26E+05	0.23	1.74E+11	0.062
17	4956747	6630797	-1.67E+06	-1.46E+06	1.67E+06	1.46E+07	9.76E+05	-1.50	2.80E+12	0.338
18	5111053	5241336	-1.30E+05	-1.59E+06	1.30E+05	1.48E+07	9.23E+05	-1.73	1.70E+10	0.025
19	7314488	5133201	2.18E+06	5.89E+05	2.18E+06	1.69E+07	9.97E+05	0.59	4.76E+12	0.298
20	6918677	6943669	-2.50E+04	5.64E+05	2.50E+04	1.70E+07	9.43E+05	0.60	6.25E+08	0.004
21	8015535	6922926	1.09E+06	1.66E+06	1.09E+06	1.81E+07	9.51E+05	1.74	1.19E+12	0.136
22	6502313	7829791	-1.33E+06	3.29E+05	1.33E+06	1.94E+07	9.70E+05	0.34	1.76E+12	0.204
23	10093348	6727984	3.37E+06	3.69E+06	3.37E+06	2.28E+07	1.08E+06	3.41	1.13E+13	0.333
24	7476061	9521236	-2.05E+06	1.65E+06	2.05E+06	2.48E+07	1.13E+06	1.46	4.18E+12	0.274
25	4241008	7823741	-3.58E+06	-1.93E+06	3.58E+06	2.84E+07	1.23E+06	-1.57	1.28E+13	0.845
26	6508798	4850073	1.66E+06	-2.75E+05	1.66E+06	3.00E+07	1.25E+06	-0.22	2.75E+12	0.255
27	7930792	6226815	1.70E+06	1.43E+06	1.70E+06	3.17E+07	1.27E+06	1.13	2.90E+12	0.215
28	6969461	7641116	-6.72E+05	7.57E+05	6.72E+05	3.24E+07	1.25E+06	0.61	4.51E+11	0.096
29	4288988	7083642	-2.79E+06	-2.04E+06	2.79E+06	3.52E+07	1.30E+06	-1.56	7.81E+12	0.652
30	5542472	4764079	7.78E+05	-1.26E+06	7.78E+05	3.60E+07	1.29E+06	-0.98	6.06E+11	0.140
31	5136129	5410145	-2.74E+05	-1.53E+06	2.74E+05	3.63E+07	1.25E+06	-1.23	7.51E+10	0.053
32	6020422	5182712	8.38E+05	-6.95E+05	8.38E+05	3.71E+07	1.24E+06	-0.56	7.02E+11	0.139
33	4955038	5878011	-9.23E+05	-1.62E+06	9.23E+05	3.80E+07	1.23E+06	-1.32	8.52E+11	0.186
34	5720956	5111943	6.09E+05	-1.01E+06	6.09E+05	3.86E+07	1.21E+06	-0.84	3.71E+11	0.106
35	7613105	5617424	2.00E+06	9.87E+05	2.00E+06	4.06E+07	1.23E+06	0.80	3.98E+12	0.262
36	6390152	7273839	-8.84E+05	1.03E+05	8.84E+05	4.15E+07	1.22E+06	0.08	7.81E+11	0.138
37	6319211	6540379	-2.21E+05	-1.18E+05	2.21E+05	4.17E+07	1.19E+06	-0.10	4.89E+10	0.035
38	6004881	6356810	-3.52E+05	-4.70E+05	3.52E+05	4.21E+07	1.17E+06	-0.40	1.24E+11	0.059
39	5848461	6064709	-2.16E+05	-6.86E+05	2.16E+05	4.23E+07	1.14E+06	-0.60	4.68E+10	0.037
40	6814000	5885223	9.29E+05	2.42E+05	9.29E+05	4.32E+07	1.14E+06	0.21	8.63E+11	0.136
41	5202624	6656108	-1.45E+06	-1.21E+06	1.45E+06	4.47E+07	1.15E+06	-1.06	2.11E+12	0.279
		5449716								
		5449716								
		5449716								
		5449716								
		5449716								
		5449716								

Fuente. El Autor

### **3.6 VERIFICACIÓN DE RESULTADOS**

Para efectos de verificación de resultados, a modo de prueba piloto, sin afectar los pronósticos actuales y ventas reales de Amcor Rigid Plastics de Colombia, paralelamente se simulan los pronósticos, de acuerdo al modelo y parámetros seleccionados para cada una de las 14 referencias y Resina PET, lo anterior con el propósito de medir efectividad y tener las herramientas de decisión que permitan evaluar los ajustes requeridos para cada referencia.

En el Cuadro 16 se puede apreciar la tabulación mes a mes de los pronósticos vs. la demanda real. La demanda real utilizada fue igualmente ajustada bajo el mismo criterio utilizado en los numerales 3.2 y 3.3, ya que si esto no se hace realiza la información no sería comparable. Al realizar estos ajustes, se obtienen el porcentaje de variación para cada una la totalidad de las referencias por periodo de tiempo, lo que permite observar que si existen compensaciones en el comportamiento a lo largo del tiempo, con tendencia a perseguir la demanda. El anterior proceso permite verificar si el modelo y parámetros elegidos realmente están obteniendo los resultados deseados. De acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación, se decide si el parámetro y modelo se mantiene ó por el contrario se decide si requieren un ajuste ó cambio.

El método utilizado para el cambio de modelos o parámetros es el mismo contenido en los numerales 3.4 y 3.5, donde se verifican nuevamente las medidas de desempeño obtenidas y se elige un nuevo modelo con los parámetros en los cuales ha tenido los mejores resultados de desempeño (véase el Cuadro 16).

Cuadro 16. Pronósticos vs. demanda real

REFERENCIA	Demanda	May-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12
PREFORMA 18 GR	Pronostico	4,383,638	3,498,542	3,675,664	
	Real	3,329,952	3,709,402	4,333,491	
PREFORMA 22 GR	Pronostico	13,226,953	13,724,391	13,577,092	
	Real	13,172,235	11,503,150	13,286,782	
PREFORMA 23 GR	Pronostico	3,087,810	2,867,810	2,419,846	
	Real	2,867,810	2,419,846	2,169,365	
PREFORMA 25 GR	Pronostico	5,449,716	5,527,255	5,981,263	
	Real	5,543,136	6,074,253	6,997,076	
PREFORMA 27 GR	Pronostico	1,911,864	2,412,999	2,593,001	
	Real	2,562,688	2,646,768	1,962,720	
PREFORMA 28 GR	Pronostico	755,454	1,420,862	1,363,677	
	Real	1,420,000	1,277,000	1,058,000	
PREFORMA 30 GR	Pronostico	2,329,402	2,511,440	2,504,647	
	Real	2,924,736	2,399,648	2,962,000	
PREFORMA 30 GR Kerr	Pronostico	5,959,079	5,685,059	7,354,216	
	Real	5,848,200	6,894,720	8,344,800	
PREFORMA 30.5 GR	Pronostico	4,285,464	3,911,280	3,536,220	
	Real	3,640,320	3,264,624	4,508,048	
PREFORMA 44 GR	Pronostico	4,318,472	4,042,332	3,931,180	
	Real	3,515,493	3,878,870	4,314,689	
PREFORMA 47.5 GR	Pronostico	798,754	837,338	882,042	
	Real	845,000	892,000	965,239	
PREFORMA 52 GR	Pronostico	2,054,866	2,173,733	1,717,042	
	Real	2,193,083	1,642,697	2,281,687	
PREFORMA 54 GR	Pronostico	2,186,700	2,511,680	2,161,080	
	Real	2,511,680	2,161,080	2,174,240	
PREFORMA 60 GR	Pronostico	1,497,464	759,192	861,677	
	Real	967,149	1,047,966	1,109,837	
TOTALES	Pronostico	52,245,636	51,883,912	52,558,647	
	Real	51,341,482	49,812,024	56,467,974	
	% Variación	1.73%	3.99%	-7.44%	
RESINA PET	Pronostico	1,533,417	1,561,670	1,564,699	
	Real	1,539,956	1,491,009	1,692,793	

Fuente. El Autor

En el Cuadro 17, de forma porcentual se puede apreciar las variaciones de la sumatoria de los meses simulados. Con base a estos resultados obtenidos y al análisis que se describe en el siguiente párrafo, se decide se mantienen los modelos y parámetros ó si por el contrario los resultados requieren que los modelos y parámetros sean ajustados en caso de ser necesario, esto para cada una de las referencias estudiadas.

Cuadro 17. Desviaciones por referencia

REFERENCIA	Demanda	TOTALES	VARIACIÓN	DECISIÓN
PREFORMA 18 GR	Pronostico	11,557,845	1.60%	OK
	Real	11,372,845		
PREFORMA 22 GR	Pronostico	40,528,436	6.33%	OK
	Real	37,962,167		
PREFORMA 23 GR	Pronostico	8,375,466	10.97%	OK
	Real	7,457,021		
PREFORMA 25 GR	Pronostico	16,958,234	-9.77%	OK
	Real	18,614,465		
PREFORMA 27 GR	Pronostico	6,917,864	-3.68%	OK
	Real	7,172,176		
PREFORMA 28 GR	Pronostico	3,539,994	-6.07%	OK
	Real	3,755,000		
PREFORMA 30 GR	Pronostico	7,345,489	-12.81%	Ajuste
	Real	8,286,384		
PREFORMA 30 GR Kerr	Pronostico	18,998,353	-11.00%	Ajuste
	Real	21,087,720		
PREFORMA 30.5 GR	Pronostico	11,732,964	2.73%	OK
	Real	11,412,992		
PREFORMA 44 GR	Pronostico	12,291,984	4.74%	OK
	Real	11,709,052		
PREFORMA 47.5 GR	Pronostico	2,518,134	-7.31%	OK
	Real	2,702,239		

Cuadro 17 (Continuación)

REFERENCIA	Demanda	TOTALES	VARIACIÓN	DECISIÓN
PREFORMA 52 GR	Pronostico	5,945,641	-2.89%	OK
	Real	6,117,467		
PREFORMA 54 GR	Pronostico	6,859,460	0.18%	OK
	Real	6,847,000		
PREFORMA 60 GR	Pronostico	3,118,333	-0.21%	OK
	Real	3,124,952		
TOTALES	Pronostico	156,688,195	-0.60%	
	Real	157,621,480		
RESINA PET	Pronostico	4,659,785	-1.37%	OK

Fuente. El Autor

De acuerdo a los resultados obtenidos al realizar la anterior prueba, a continuación se analizan las variaciones presentadas por cada referencia, de manera que se tomen las acciones a seguir.

**3.6.1 Referencia PF 18 gr, con desviación de 1,60%.** Genera un leve aumento de volúmenes de producción frente a la demanda, aproximadamente 0.18 millones de unidades, no obstante los resultados muestran una compensación mes a mes aceptable, por lo anterior se mantiene el modelo, sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

**3.6.2 Referencia PF 22 gr, con desviaciones de 6.33%.** Esta referencia ha mostrado un crecimiento en el mercado bastante importante que sea ha mantenido y a pesar que el pronóstico de los últimos meses están aproximadamente 2.56 millones de unidades por encima de la venta, los resultados muestran que el modelo se comporta adecuadamente y su compensación reacciona bien mes a mes, por lo anterior se mantiene el modelo,

sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

**3.6.3 Referencia PF 23 gr, con desviaciones de 10.97%.** Esta referencia a mostrado estabilidad de demanda sin mayores variaciones, donde los resultados del pronóstico de los últimos meses están en 0.91 millones de unidades por encima de la venta, los valores obtenidos están reaccionando poco a poco a la compensación mes a mes, por lo que se decide mantener el modelo en observación.

**3.6.4 Referencia PF 25 gr, con desviaciones de -9.77%.** Esta referencia no ha mostrado mayores variaciones de la demanda, sin embargo los resultados del pronóstico de los últimos meses están 1.65 millones de unidades por debajo de la venta, lo que puede generar desabastecimientos de producto, los valores obtenidos están reaccionando poco a poco a la compensación mes a mes, por lo que se decide mantener el modelo en observación.

**3.6.5 Referencia PF 27 gr, con desviaciones de -3.68%.** Genera una leve disminución de volúmenes de producción frente a la demanda, aproximadamente 0.25 millones de unidades, no obstante los resultados muestran una compensación mes a mes aceptable, que se puede ayudar a mejorar con niveles de stock mínimo adecuados, por lo anterior se mantiene el modelo, sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

**3.6.6 Referencia PF 28 gr, con desviaciones de -6.07%.** Esta referencia a mostrado estabilidad de mercado, con unas leves reducciones de venta en los meses de marzo y abril de 2012, que han dado como resultado reacciones del modelo que poco a poco ha ido compensando, se estima que en los meses posteriores el pronóstico nivele su proyección frente a la estabilización

nuevamente de esta referencia, los resultados muestran que el pronóstico de los últimos meses estuvo aproximadamente 0.21 millones de unidades por debajo de la venta, no obstante su compensación y reacción mes a mes es aceptable, por lo anterior se mantiene el modelo, sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

**3.6.7 Referencia PF 30 gr, con desviaciones de -12.81%.** Esta referencia a mostrado estabilidad de demanda sin mayores variaciones, solamente una leve reducción de demanda en marzo de 2012, los resultados del pronóstico de los últimos meses están 0.94 millones de unidades por debajo de la venta, los valores obtenidos no muestran suficiente compensación mes a mes, por lo que se decide realizar ajustes en los parámetros ó modelo elegido.

**3.6.8 Referencia PF 30 gr Kerr, con desviaciones de -11.00%.** Esta referencia a mostrado algunos crecimientos estacionales, los resultados del pronóstico de los últimos meses están 2.08 millones de unidades por debajo de la venta, los valores obtenidos no muestran suficiente compensación mes a mes, por lo que se decide realizar ajustes en los parámetros ó modelo elegido.

**3.6.9 Referencia PF 30.5 gr, con desviaciones de 2,73%.** Esta referencia a mostrado estabilidad en el mercado, con unas leves reducciones de demanda en los meses de mayo y junio de 2012, los pronóstico de los últimos meses están aproximadamente 0.31 millones de unidades por encima de la venta, donde los resultados muestran que el modelo se comporta adecuadamente y su compensación reacciona bien mes a mes, por lo anterior se mantiene el modelo, sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

**3.6.10 Referencia PF 44 gr, con desviaciones de 4,74%.** Esta referencia a mostrado estabilidad en el mercado, con unas leves reducciones de demanda en los meses de abril, mayo y junio de 2012, los pronóstico de los últimos meses están aproximadamente 0.58 millones de unidades por encima de la venta, donde los resultados muestran que el modelo se comporta adecuadamente y su compensación reacciona bien mes a mes, por lo anterior se mantiene el modelo, sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

**3.6.11 Referencia PF 47.5 gr, con desviaciones de -7.31%.** Esta referencia a mostrado estabilidad de mercado, con unas leves aumentos de venta en los meses de mayo, junio y julio de 2012, que han dado como resultado reacciones del modelo que poco a poco ha ido compensando, se estima que en los meses posteriores el pronóstico nivele su proyección frente a la estabilización nuevamente de esta referencia, los resultados muestran que el pronóstico de los últimos meses estuvo aproximadamente 0.18 millones de unidades por debajo de la venta, no obstante su compensación y reacción mes a mes es aceptable, por lo anterior se mantiene el modelo, sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

**3.6.12 Referencia PF 52 gr, con desviaciones de -2.89%.** Genera una leve disminución de volúmenes de producción frente a la demanda, aproximadamente 0.17 millones de unidades, no obstante los resultados muestran una compensación mes a mes aceptable, que se puede ayudar a mejorar con niveles de stock mínimos adecuados, por lo anterior se mantiene el modelo, sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

**3.6.13 Referencia PF 54 gr, con desviaciones de 0,18%.** Genera un leve aumento de volúmenes de producción frente a la demanda, aproximadamente 0.01 millones de unidades, no obstante los resultados muestran una compensación mes a mes aceptable, por lo anterior se mantiene el modelo, sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

**3.6.14 Referencia PF 60 gr, con desviaciones de -0.21%.** Genera una muy leve disminución de volúmenes de producción frente a la demanda, aproximadamente 0.006 millones de unidades, no obstante los resultados muestran una compensación mes a mes aceptable, que se puede ayudar a mejorar con niveles de stock mínimos adecuados, por lo anterior se mantiene el modelo, sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

**3.6.15 Referencia Resina PET, con desviaciones de -1.37%.** Genera una muy leve desabastecimiento de Resina PET necesaria para cumplir los volúmenes de producción requeridos para atender la demanda, aproximadamente 63 Toneladas, no obstante los resultados muestran una compensación mes a mes aceptable, que se puede ayudar a mejorar con niveles de stock mínimos adecuados, por lo anterior se mantiene el modelo, sin embargo requiere seguimiento para hacer los ajustes pertinentes en cada periodo y lograr reaccionar ante los cambios de la demanda.

### **3.7 AJUSTE DE MODELOS DE PRONÓSTICOS**

De acuerdo a los resultados y al análisis del numeral anterior, se revisan nuevamente las simulaciones obtenidas con sus respectivas medidas de desempeño para las referencias PF 30 gr y PF 30 gr Kerr, realizadas en el

numeral 3.5. Con el propósito de continuar en la metodología del trabajo, se tomará la referencia PF 30 gr, para ejemplificar esta etapa del proceso propuesto.

En el Cuadro 18, resaltando en verde, se muestra el anterior modelo de pronóstico seleccionado y resaltado en azul la nueva selección de pronóstico, en donde se decide cambiar del modelo de Descomposición, al modelo de Suavización Exponencial con Ajuste a la Tendencia ya que igualmente muestra un buen comportamiento en la mayoría de sus medidas de desempeño comparado con los demás, bajo el mismo análisis anteriormente mostrado.

Cuadro 18. Ajuste comparación de modelos PF 30 gr.

Modelo	MAD	Intersecciones con cero	Rango Señal de Rastreo	MAPE	MSE	Desviación del pronóstico	Intersecciones con cero (%)
Promedio Móvil Simple	276721.111	3	4.7880044	0.11743344	112266889069.769	355387.465	0.214285714
Suavización Exponencial	283810.722	4	4.388	0.118	139384680486.430	393537.631	0.285714286
Suavización Exp. con Ajuste a la Tendencia	346146.391	6	3.26906303	0.14254275	205189734880.649	477481.512	0.428571429
Regresión Lineal	291297.203	6	3.65526109	0.14378975	161207373405.780	416662.862	0.428571429
Suavización Exponencial Doble	390421.82	3	2.99526679	0.160824	238891349370.261	522511.899	0.214285714
Promedio Móvil Doble	357710.667	2	3.37314583	0.15025962	212032223239.553	488401.731	0.142857143
Descomposición	276213.94	6	3.94120787	0.13333023	118137001342.413	356685.384	0.428571429
Winters	1324728.04	2	4.03387089	0.53623766	3170027800161.280	1888460.03	0.142857143
Media	303777.214	4	3.40642531	0.14847201	162001078941.781	417687.324	0.285714286

Fuente. El Autor

Con base a los ajustes realizados a los modelos de pronóstico, en el Cuadro 19, se muestra la selección definitiva de modelos, para cada una de las 14 referencias de preforma y de la principal materia prima que maneja la compañía (véase el Cuadro 19).

Cuadro 19. Ajuste en la selección de modelos

REFERENCIA	MODELO DE PRONOSTICO SELECCIONADO	PARÁMETROS DEL MODELO
PREFORMA 18 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 2 Periodos / Alpha 0.84
PREFORMA 22 GR	Modelo Descomposición Multiplicativa	Estacionalidad 3 Periodos
PREFORMA 23 GR	Modelo Promedio Móvil Simple	Estacionalidad 1 Periodos
PREFORMA 25 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 2 Periodos / Alpha 0.83
PREFORMA 27 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 2 Periodos / Alpha 0.77
PREFORMA 28 GR	Modelo Suavización Exponencial Doble	Estacionalidad 4 Periodos / Alpha 0.59
PREFORMA 30 GR	Modelo Suavización Exponencial Ajuste a la Tend.	Estacionalidad 4 Periodos / Alpha 0.74 / Beta 0.71
PREFORMA 30 GR Kerr	Modelo Suavización Exponencial Ajuste a la Tend.	Estacionalidad 2 Periodos / Alpha 0.87 / Beta 0.89
PREFORMA 30.5 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 4 Periodos / Alpha 0.58
PREFORMA 44 GR	Modelo Descomposición Multiplicativa	Estacionalidad 4 Periodos
PREFORMA 47.5 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 4 Periodos / Alpha 0.82
PREFORMA 52 GR	Modelo Suavización Exponencial	Estacionalidad 3 Periodos / Alpha 0.86
PREFORMA 54 GR	Modelo Promedio Móvil Simple	Estacionalidad 1 Periodos
PREFORMA 60 GR	Modelo Suavización Exponencial Doble	Estacionalidad 4 Periodos / Alpha 0.65
RESINA PET	Modelo Descomposición Multiplicativa	Estacionalidad 6 Periodos

Fuente. El Autor

Se ha logrado establecer a lo largo de la investigación y con base en la experiencia e intuición que se tiene del negocio, que la demanda para este tipo de productos tiene tendencias dinámicas que requieren que la selección de estos modelos permanezcan en constante seguimiento, esto dado que puede ser necesario que se realicen ajustes en los parámetros o modelos de pronóstico en el momento en que el mercado cambie.

En el Cuadro 20 se muestra nuevamente la comparación mes a mes de los pronósticos vs la demanda real, de las dos referencias cambias de la Tabla 16, con los valores obtenidos en la simulación y los modelos ajustados, midiendo las variaciones para cada una de ellas, y verificando si el comportamiento se compensa a lo largo del tiempo.

Cuadro 20. Ajuste pronósticos vs. demanda real

REFERENCIA	Demanda	May-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12
PREFORMA 30 GR	Pronostico	2,858,546	3,264,689	2,527,228	
	Real	2,924,736	2,399,648	2,962,000	
PREFORMA 30 GR Kerr	Pronostico	6,031,499	5,623,545	7,465,254	
	Real	5,848,200	6,894,720	8,344,800	
TOTALES	Pronostico	52,847,200	52,575,647	52,692,267	
	Real	51,341,482	49,812,024	56,467,974	
	% Variación	2.85%	5.26%	-7.17%	

Fuente. El Autor

El anterior proceso se realiza nuevamente con el propósito de verificar si el modelo y parámetros elegidos para aquellas referencias que requieren del ajuste realmente obtienen los resultados deseados. De acuerdo a estos resultados se decide nuevamente si el parámetro y modelo se mantiene ó por el contrario se decide si requieren un nuevo ajuste ó cambio.

Luego de los cambios realizados por referencia, se puede observar como quedan ajustadas las variaciones por referencia, cuyas desviaciones son admitidas basadas en el criterio sustentado de movimientos actuales de mercado. De requerirse nuevos ajustes, se realizaran conforme el análisis del comportamiento de la demanda de los meses de Agosto, Septiembre y Octubre de 2012. Los nuevos valores de pronóstico se muestran a continuación en el Cuadro 21 de variación de pronóstico ajustado vs. demanda real.

Cuadro 21. Desviaciones ajustadas por referencia

REFERENCIA	Demanda	TOTALES	VARIACION	DECISIÓN
PREFORMA 18 GR	Pronostico	11,557,845	1.60%	OK
	Real	11,372,845		
PREFORMA 22 GR	Pronostico	40,528,436	6.33%	OK
	Real	37,962,167		
PREFORMA 23 GR	Pronostico	8,375,466	10.97%	OK
	Real	7,457,021		
PREFORMA 25 GR	Pronostico	16,958,234	-9.77%	OK
	Real	18,614,465		
PREFORMA 27 GR	Pronostico	6,917,864	-3.68%	OK
	Real	7,172,176		
PREFORMA 28 GR	Pronostico	3,539,994	-6.07%	OK
	Real	3,755,000		
PREFORMA 30 GR	Pronostico	8,650,463	4.21%	OK
	Real	8,286,384		
PREFORMA 30 GR Kerr	Pronostico	19,120,297	-10.29%	OK
	Real	21,087,720		
PREFORMA 30.5 GR	Pronostico	11,732,964	2.73%	OK
	Real	11,412,992		
PREFORMA 44 GR	Pronostico	12,291,984	4.74%	OK
	Real	11,709,052		

Cuadro 21. (Continuación)

REFERENCIA	Demanda	TOTALES	VARIACION	DECISIÓN
PREFORMA 47.5 GR	Pronostico	2,518,134	-7.31%	OK
	Real	2,702,239		
PREFORMA 52 GR	Pronostico	5,945,641	-2.89%	OK
	Real	6,117,467		
PREFORMA 54 GR	Pronostico	6,859,460	0.18%	OK
	Real	6,847,000		
PREFORMA 60 GR	Pronostico	3,118,333	-0.21%	OK
	Real	3,124,952		
TOTALES	Pronostico	158,115,114	0.31%	
	Real	157,621,480		
RESINA PET	Pronostico	4,659,785	-1.37%	OK
	Real	4,723,758		

Fuente. El Autor

Estos serán entonces los modelos y parámetros que serán utilizados en las siguientes etapas para calcular la información de entrada necesaria para determinar los modelos de gestión de inventarios en la empresa

### 3.8 CLASIFICACIÓN ABC

Basado en el anterior ejercicio teórico se procede a realizar una clasificación de productos para motivar una vinculación de este ejercicio a la práctica, con el fin de mostrar los efectos que los modelos de pronósticos tienen en factores importantes como son el nivel de servicio, la planeación y proyección de inventarios y los costos de los mismos, principalmente en referencias de alta participación.

En el Cuadro 22 se muestra la clasificación ABC de las referencias que mantiene en inventario la empresa Amcor Rigid Plastics de Colombia (véase el Cuadro 22).

Cuadro 22. Clasificación ABC según pareto de participación

Referencia	Demanda	%	%	
			Acumulado	Clasificación
PF 22 GR	120.588.706	21,35%	21,35%	A
PF 30 GR Kerr	75.151.080	13,31%	34,66%	A
PF 25 GR	71.567.451	12,67%	47,33%	A
PF 30.5 GR	52.890.368	9,37%	56,70%	A
PF 44 GR	50.998.846	9,03%	65,73%	A
PF 30 GR	28.154.039	4,99%	70,71%	B
PF 52 GR	25.926.193	4,59%	75,30%	B
PF 23 GR	25.471.262	4,51%	79,81%	B
PF 27 GR	25.239.204	4,47%	84,28%	B
PF 54 GR	25.125.432	4,45%	88,73%	B
PF 18 GR	21.791.218	3,86%	92,59%	B
PF 60 GR	16.833.655	2,98%	95,57%	B
PF 28 GR	15.400.277	2,73%	98,30%	C
PF 47.5 GR	9.627.085	1,70%	100,00%	C
<b>Totales</b>	<b>564.764.816</b>			

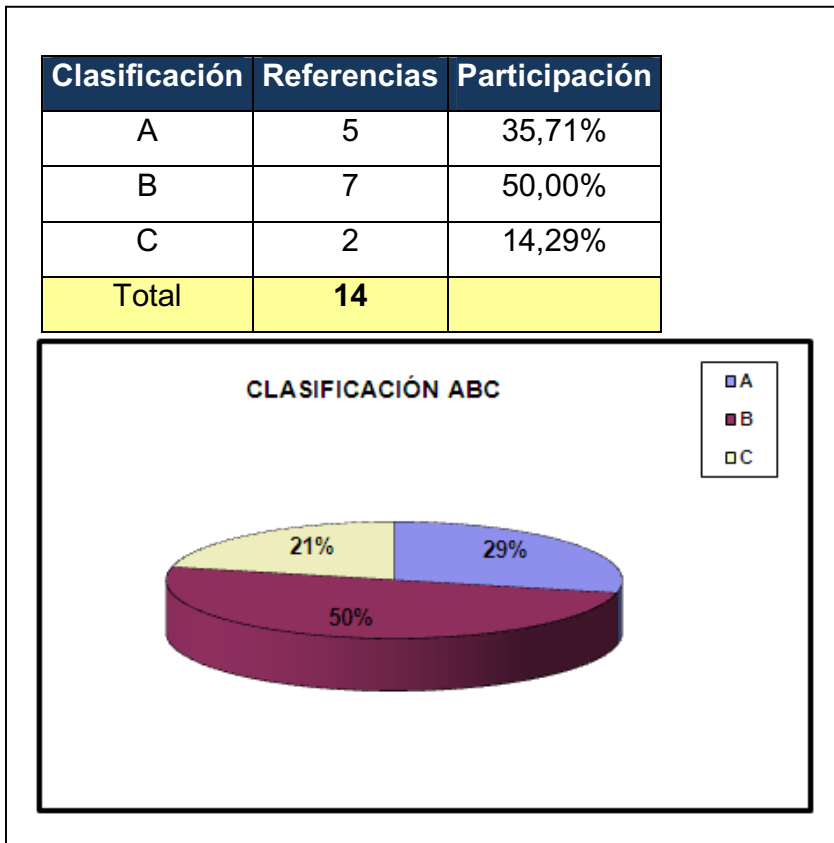
Fuente. El Autor

En el Anexo E., en la hoja *Clasificación ABC*, con base en la evolución de la demanda en el tiempo, se determina por medio de un análisis de Pareto cuál es la participación de cada una de las referencias con respecto a las ventas totales, haciendo una clasificación de la siguiente manera:

- Para la clasificación de los artículos Tipo A, se toman las referencias que aproximadamente suman el 70% de la participación y sobre los cuales se establece realizar una revisión diaria.

- Para la clasificación de los artículos Tipo B, se toman las referencias que suman el siguiente 26% de la participación y sobre los cuales se establece realizar 3 revisiones a la semana.
- Para la clasificación de los artículos Tipo C, se toman las referencias que suman el siguiente 4% de la participación y sobre los cuales se establece realizar 1 revisión a la semana.

Figura 17. Clasificación ABC



Fuente. El Autor

En la Gráfica 17 se observa la cantidad de referencias y su participación según la clasificación ABC para el último año secuencial de los datos de demanda tomados para esta investigación. Este gráfico muestra una buena distribución de cada uno

de los grupos con cantidades de referencias en proporción acorde a cada grupo. La totalidad de gráficos por año se pueden encontrar el Anexo E., en la hoja *Clasificación ABC*.

En el Cuadro 23, se puede visualizar una fracción de los periodos en estudio, mediante la elaboración de una matriz que permite observar la continuidad de cada referencia en el tiempo según la asignación que ya se hizo y basado en la participación de cada una de ellas en las ventas de la compañía.

De acuerdo a esta matriz, se puede apreciar que algunas referencias que históricamente han sido (y se han mantenido) clasificadas como tipo A, mientras algunas otras referencias han madurado y por consiguiente su participación en el mercado ha aumentado, convirtiéndose pasado a ser clasificadas como A. Así mismo se pueden apreciar referencias que a lo largo del tiempo han sido y han permanecido en la categoría B y C.

Cuadro 23. Matriz clasificación ABC

Referencia	Demanda Año 1		Demanda Año 2		Demanda Año 3	
	Clasificación	%	Clasificación	%	Clasificación	%
PF 18 GR	C	0,00%	C	0,00%	C	0,00%
PF 22 GR	C	0,00%	C	0,00%	C	0,00%
PF 23 GR	C	0,00%	C	0,00%	C	0,00%
PF 25 GR	A	50,33%	A	48,72%	A	47,62%
PF 27 GR	C	0,00%	C	0,00%	C	0,00%
PF 28 GR	C	0,00%	C	0,00%	C	0,00%
PF 30 GR	C	0,00%	C	0,00%	C	0,00%
PF 30 GR Kerr	B	35,90%	B	36,51%	B	36,96%
PF 30.5 GR	C	0,00%	C	0,00%	C	0,00%
PF 44 GR	C	0,00%	C	0,00%	C	0,00%
PF 47.5 GR	C	0,50%	C	0,98%	C	1,56%

Cuadro 23. (Continuación)

PF 52 GR	C	0,00%	C	0,00%	C	0,00%
PF 54 GR	C	11,56%	C	11,00%	B	10,50%
PF 60 GR	C	1,72%	C	2,79%	C	3,37%
	Históricamente han sido clasificación A					
	En los últimos años pasaron a ser clasificación A					

Fuente. El Autor

El anterior análisis permite concluir que la clasificación ABC mostrada en el Cuadro 23 de las referencias que hacen parte del estudio, es la más adecuada para la empresa por su consistencia histórica. Este análisis, así como la matriz completa se puede apreciar en el Anexo E., en la hoja *Clasificación ABC*.

### 3.9 LEVANTAMIENTO Y CÁLCULO DE COSTOS

Para efectos de determinar los costos asociados a la Gestión de inventarios, y poder medir numéricamente la viabilidad y el beneficio de esta investigación, se realiza en conjunto con el área Financiera el levantamiento de datos de costos asociados al proceso en mención.

Los costos serán parte de los datos de entrada que permitirán generar herramientas con respecto a la toma de decisiones de una manera cuantificable. Todos los valores obtenidos para determinar los costos de esta investigación, están dados en moneda local COP (Colombian Pesos)

**3.9.1 Cargo por mantenimiento de inventario (r).** El Cuadro 24 muestra cada uno de los costos asociados a la operación y logística que tienen relación con el mantenimiento del inventario (véase el Cuadro 24).

Cuadro 24. Costo mantenimiento de inventario

<b>Costo de Mantenimiento de Inventario</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valores Anuales COP</b>	<b>(r) \$/\$/y</b>
Alquiler Bodegas	\$ 1,215,000,000.00	0.05
Depreciación 10 Años	\$ 2,100,000,000.00	0.09
Impuestos	\$ 585,677,430.00	0.03
Seguros	\$ 385,890,455.00	0.02
Alquiler Montacargas	\$ 257,472,000.00	0.01
Electricidad / Agua	\$ 60,596,472.00	0.00
MOD	\$ 229,672,800.00	0.01
MOI	\$ 385,434,000.00	0.02
Costo Obsolescencia	\$ 390,000,000.00	0.02
<b>Subtotal</b>	<b>\$ 5,609,743,157.00</b>	<b>0.25</b>
Costo Oportunidad del Dinero 10%	\$ 22,500,000,000.00	0.20
<b>Totales</b>	<b>\$ 2,294,743,157.00</b>	<b>0.45</b>

Fuente. El Autor

Cada uno de los anteriores ítems se relaciona a continuación con su justificación de cálculo, conforme Amcor Rigid Plastics de Colombia categoriza e incluye en su estudio de costos. Lo anterior con el fin de tener los mismos criterios de costeo, para de esta forma realizar una comparación económica del ejercicio con respecto a la realidad de manera equitativa.

Cuadro 25. Alquiler de bodegas

<b>Alquiler Bodegas</b>	<b>mt2</b>	<b>Valor Metro Cuadrado</b>	<b>Costo Mensual</b>	<b>Costo Anual</b>
Bodega 16, 17 y 19	7500	\$ 13,500	\$ 101,250,000	<b>\$ 1,215,000,000</b>

Fuente. El Autor

Cuadro 26. Acondicionamiento bodegas (Depreciación)

Inversiones realizadas en Bodegas	Costo Total	Observaciones
Sistema de Detección de Incendios	\$ 160,000,000	Sistema de Monitoreo / Estaciones de Alarma / Sistema de Perifoneo / Lámparas de Emergencia
Red Hídrica Red Contra incendios	\$ 330,000,000	Red Hídrica Certificada / Gabinetes / Trajes de Acercamiento al fuego
Tanque y Bomba Red Contra incendios	\$ 650,000,000	Tanque Reservorio de Agua certificada 850 m3 / Bomba Vertical 2000 gpm / 140 PSI
Refuerzo Estructura Pisos	\$ 660,000,000	Adecuaciones pisos carga Vertical 6 TN
Líneas de Vida Techos	\$ 90,000,000	Líneas de Vida Certificadas, para reparaciones en techo
Adecuaciones Eléctricas	\$ 150,000,000	Iluminación / Tableros de Servicios Certificados
Marcación de Bines (SAP)	\$ 60,000,000	Distribución almacenamiento / Marcación códigos de barras / dispositivos Hand Held
<b>Total</b>	<b>\$ 2,100,000,000</b>	

Fuente. El Autor

Cuadro 27. Gastos de montacargas

Alquiler de Montacargas	Cantidad	Valor Hora	Horas Día	Días	Costo Mes	Costo Anual
Montacargas 2.5 TN	6	\$ 14,900	8	30	\$ 21,456,000	\$ 257,472,000

Fuente. El Autor

Cuadro 28. Servicios públicos

Servicio	Consumo Promedio mes	Unidad	Costo Unitario	Costo Mes	Costo Anual
Electricidad	12450	Kilowatios	\$ 368	4,581,600	\$ 54,979,200
Agua	118	m3	\$ 3,967	\$ 468,106	\$ 5,617,272
<b>Total</b>					<b>\$ 60,596,472</b>

Fuente. El Autor

La siguiente información, es actualizada 2012 suministrada por el área de RRHH, la cual incluye las prestaciones sociales que están estimadas en un 40%.

Cuadro 29. Mano de obra directa

MOD	Cantidad	Salario Promedio mes	Costo Mensual	Costo Anual
Montacarguistas	7	\$ 2,293,200	16,052,400	\$ 192,628,800
Auxiliares	3	\$ 1,029,000	\$ 3,087,000	\$ 37,044,000
<b>Total</b>				<b>\$ 229,672,800</b>

Fuente. El Autor

En el siguiente Cuadro se muestra información actualizada a 2012, suministrada por el área de RRHH, la cual incluye las prestaciones sociales que están estimadas en un 40% (véase el Cuadro 30).

Cuadro 30. Mano de obra indirecta

<b>MOI</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario Promedio mes</b>	<b>Costo Anual</b>
Jefe de Logística	1	\$ 8,614,200	\$ 103,370,400
Coordinador Almacén	1	\$ 5,497,800	\$ 65,973,600
Coordinador de Transporte	1	\$ 4,762,800	\$ 57,153,600
Coordinador de Inventario	1	\$ 4,512,900	\$ 54,154,800
Coordinador Materia Prima	1	\$ 4,512,900	\$ 54,154,800
Coordinador de Despachos	1	\$ 4,218,900	\$ 50,626,800
<b>Total</b>			<b>\$ 385,434,000</b>

Fuente. El Autor

El costo de obsolescencia, aunque es un promedio, se ve afectado directamente por la programación de planta que a su vez tiene que tener en cuenta la asignación de los modelos de pronóstico de demanda para poder ejecutar programas de producción sustentables desde el punto de vista económico.

Cuadro 31. Costo obsolescencia

<b>Costo Obsolescencia</b>	<b>Promedio mes</b>	<b>Costo Anual</b>
Costo Promedio PF	\$ 32,500,000	\$ 390,000,000

Fuente. El Autor

**3.9.2 Costo de ordenar (a) – cambio de referencia.** En el Cuadro 32, se tabula el costo por ordenar, cuyo dato calculado corresponde, al costo que se genera por cada cambio de referencia que se programe producir. El valor Utilidad PF dejadas de producir, es un estimado en horas dejadas de producir (Utilidad PF \* Unidades PF). Para el caso de Resina PET el costo por Ordenar equivale \$500.000 que equivale al tiempo del comprador invertido en cada transacción de compra.

Cuadro 32. Costo de ordenar

<b>Costo de Ordenar (A) - Cambio Costo de Ordenar de Referencia</b>					
<b>Descripción</b>		<b>Costo Hora</b>	<b>Horas</b>	<b>Total</b>	<b>Costo Total</b>
MOD					<b>\$ 36,432</b>
	Técnico Procesos	\$ 9,108	4	\$ 36,432	
MOI					<b>\$ 90,650</b>
	Mecánico	\$ 11,025	4	\$ 44,100	
	Matricero	\$ 11,638	4	\$ 46,550	
Utilidad Preformas dejadas de fabricar		\$ 1,875,000	4	\$ 7,500,000	<b>\$ 7,500,000</b>
Costo Montacargas 10 TN		\$ 50,000	5	\$ 250,000	<b>\$ 250,000</b>
Costo Electricidad - Secado Resina		\$ 949,500	4	\$ 3,798,000	<b>\$ 3,798,000</b>
Scrap generado por purga					<b>\$ 1,700,000</b>
<b>Totales</b>					<b>\$ 13,375,082</b>

Fuente. El Autor

**3.9.3 Costo variable por unidad (v).** En el Cuadro 33, se encuentra el costo por cada unidad objeto de este estudio. Los valores descritos son suministrados por el área Comercial y por el área de Compras y corresponden al costo por unidad de cada referencia producida y al costo de la materia prima principal para su

fabricación que es la Resina PET. Para efectos de costo los valores son constantes y no dependen de escalas por unidades a ordenar.

Los siguientes datos han sido modificados en un factor proporcional para proteger los valores de costo utilizados por Amcor Rigid Plastics de Colombia en todas sus transacciones con clientes.

Cuadro 33. Costo variable por unidad

<b>Costo Variable por Unidad (v)</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Observaciones</b>
PREFORMA 18 GR	\$ 62.38	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 22 GR	\$ 76.37	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 23 GR	\$ 79.52	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 25 GR	\$ 85.83	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 27 GR	\$ 100.19	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 28 GR	\$ 102.81	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 30 GR	\$ 104.41	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 30 GR Kerr	\$ 105.65	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 30.5 GR	\$ 107.61	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 44 GR	\$ 163.73	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 47.5 GR	\$ 166.41	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 52 GR	\$ 192.96	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 54 GR	\$ 197.59	Dato suministrado Área Comercial
PREFORMA 60 GR	\$ 221.57	Dato suministrado Área Comercial
Resina PET x Kilo	\$ 3,727.50	Dato suministrado Área Compras

Fuente. El Autor

Al final de todo proceso de levantamiento de costos presentados anteriormente podemos concluir que la mayoría de los costos hacen parte de una estructura de costos fijos los cuales ya están muy bien definidos.

### **3.10 ELABORACIÓN MODELOS DE INVENTARIOS**

Para la elaboración de modelos de inventario, se decide trabajar con el modelo punto de reorden – cantidad fija, conocido en la literatura con la denominación  $(s,Q)$  dado que el tipo de producto tiene una demanda probabilística con pocas variaciones, para lo cual las ordenes de producción se emiten por una cantidad económica de producción ( $EPQ$ ) cuando la posición del inventario alcanza el punto de reorden  $(s)$  (Silver,1998).

Para efectos de toma de decisiones el modelo de inventarios requiere monitoreo constante, dado que su punto de reorden es dinámico, y se deben hacer los ajustes que el mercado así lo indique, conforme los efectos externos que puedan modificar la venta, tales como aumentos o disminuciones de demanda puntuales previamente conocidas. En adición a los datos de los modelos de pronóstico y a los costos previamente obtenidos y calculados en los numerales anteriores, los siguientes valores han sido tenidos en cuenta como datos de entrada del modelo.

**3.10.1 Nivel de Servicio (P2) o tasa de cumplimiento.** Es considerado por políticas de Amcor Rigid Plastics de Colombia establecer un nivel de servicio de 98%, donde las unidades solicitadas por el cliente deben ser despachadas en tiempo y cantidad, lo cual históricamente se ha cumplido por la compañía y es el deseo de mantener. Para efectos de cálculos del stock de seguridad, se utiliza la regla de decisión de P2 para ventas pérdidas, ya que todas las unidades agotadas no pueden ser enviadas posteriormente, por lo que se consideran ventas pérdidas.

**3.10.2 Costo por unidad faltante (B2).** En conjunto con el área Comercial, se estima una penalidad de 65% del costo de la unidad dejada de vender, ya que difícilmente esta venta se recuperara, lo anterior debido a que se trata de materia prima para la elaboración de empaques utilizados en la fabricación de productos de consumo masivo, del sector bebidas principalmente.

**3.10.3 Factor de Corrección (D/m).** Se estima en conjunto con planeación de la producción, como factor de corrección el 3% para todas las referencias, fundamentado en que los Lead Time (*LT*) de los productos a fabricar son conocidos y cumplibles, ya que la compañía maneja eficiencias de manufactura del 95% sostenibles en el tiempo y una capacidad instalada del 75% que le permite cumplir las órdenes de fabricación.

**3.10.4 Lead Time o tiempo de suministro (LT).** Corresponde al tiempo necesario en días para la fabricación de una referencia de acuerdo al ciclo standard de fabricación por cada una de ellas. Para el caso de la resina PET, el LT, equivale a 30 días que es el tiempo requerido de ingreso al país y el mismo no depende del lote de compra. En el Cuadro 34, se anexan los ciclos standard por cada una de las 14 referencias estudiadas.

Cuadro 34. Ciclos standard de fabricación PF

Referencia	Mold Cav	Tiempo de Ciclo (seg)	Unidades Hora	Unidades Día
PF 18 gr	48	13.1	13,191	316,580
PF 22 gr	96	14.00	24,686	592,457
PF 23 gr	48	16.8	10,286	246,857
PF 25 gr	48	14.9	11,597	278,336

Cuadro 34. (Continuación)

Referencia	Mold Cav	Tiempo de Ciclo (seg)	Unidades Hora	Unidades Día
PF 27 gr	96	15.80	21,873	524,962
PF 28 gr	48	18.6	9,290	222,968
PF 30 gr	96	18.50	18,681	448,346
PF 30 gr Kerr	60	16.0	13,500	324,000
PF 30.5 gr	48	16.8	10,286	246,857
PF 44 gr	48	17.1	10,105	242,526
PF 47.5 gr	48	19.5	8,862	212,677
PF 52 gr	48	18.80	9,191	220,596
PF 54 gr	48	20.3	8,512	204,296
PF 60 gr	48	21.1	8,190	196,550

Fuente. El Autor

### 3.11 ANÁLISIS DE MODELOS DE INVENTARIOS

A continuación se detalla el procedimiento utilizado para el cálculo de los parámetros del modelo de Inventarios (s,Q), Para ejemplificar el procedimiento utilizado en cada una de las 14 referencias de preforma y resina PET que hacen parte de esta investigación, se tomará, la referencia PF 25 gr, dando continuidad al ejemplo tratado en los numerales anteriores.

**3.11.1 Datos de Entrada del modelo (Referencia PF 25 gr).** Para efectos de hacer seguimiento, medición y control al modelo de inventarios (s,Q), los datos son calculados para los meses de mayo, junio y julio de 2012, según los pronósticos y datos obtenidos en los numerales 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 y 3.9.

Cuadro 35. Datos de entrada

<b>A</b>	\$ 13,375,082					
<b>r</b>	0.45					
<b>Días/mes</b>	30					
<b>Ítem</b>	<b>Mes</b>	<b>Demanda año</b>	<b>v</b>	<b>P2</b>	<b>B2</b>	<b>D/m</b>
PF 25 GR	Mayo	71,567,451	\$ 85.83	0.98	0.65	0.03
	Junio	71,568,115	\$ 85.83	0.98	0.65	0.03
	Julio	72,506,239	\$ 85.83	0.98	0.65	0.03

Fuente. El Autor

❖ **Cálculos del modelo.** En esta sección con los datos de entrada previamente suministrados, se inicia el cálculo de los siguientes valores que servirán para hallar los costos del modelo de inventarios.

- **EPQ** . Que corresponde a los lotes económicos de pedido, dato que se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$EPQ = \sqrt{\frac{2AD}{vr(1 - D/m)}}$$

- **D día** . Que corresponde al pronóstico de inventario, dividido por los 30 días del mes y que está representada por la siguiente expresión matemática

$$D_{día} = \frac{Xl}{Días\ del\ mes}$$

- **Xl** . Que corresponde al pronóstico hallado bajos el modelo de pronóstico previamente calculados para cada referencia de la investigación.

- $LT$  . Lead Time que corresponde al tiempo de fabricación de la EPQ, dividido por unidades fabricadas por día de acuerdo a los datos suministrados en la tabla 27, y que se representa bajo la siguiente expresión matemática:

$$LT = \frac{EPQ}{\text{Unidades Fabricadas por Día}}$$

- $XL$  . Que corresponde al producto del valor hallado en D día por LT, y que se representa bajo la siguiente expresión matemática:

$$XL = (D \text{ día})(LT)$$

- $\sigma l$  . Que corresponde a la desviación estándar de la sumatoria del error cuadrático del pronóstico, y que se representa bajo la siguiente expresión matemática:

$$\sigma l = \sqrt{\frac{\sum et^2}{n-1}}$$

- $\sigma L$  . Que se representa bajo la siguiente expresión matemática:

$$\sigma L = \sigma l \sqrt{\frac{LT}{\text{Días del mes}}}$$

Con base en lo anterior en el siguiente Cuadro se muestran los resultados calculados para los pronósticos obtenidos para mayo, junio y julio de 2012 (véase el Cuadro 36).

Cuadro 36. Pronósticos para mayo, junio y julio de 2012

Mes	EPQ	XI	D día	LT	XL	□/	□L
Mayo	,153,925	5449717	181657.23	25.7	4,669,048	979,978	907,076
Junio	,153,958	5527255	184241.82	25.7	4,735,500	951,877	881,067
Julio	,200,693	5981263	199375.44	25.9	5,157,951	962,520	893,824

Fuente. El Autor

### ❖ Reglas de Decisión

En esta sección se calculan las reglas de decisión para hallar el factor de seguridad  $k$  y a su vez para establecer los stocks de seguridad y los puntos de reorden, los cuales se representan bajo las siguientes expresiones matemáticas:

$$G_u(k) = \frac{Q}{\sigma L(1 - P_2)}$$

Donde:

$G_u(k)$  Es una función especial de la distribución normal que sirve para calcular con base en el nivel de servicio, la cantidad de agotados esperados por ciclo de abastecimiento. La regla de decisión para hallar el valor del factor de seguridad  $k$  consiste en encontrar el valor de  $k$  que satisfaga la anterior expresión. Para ello se utiliza una tabla de algunas funciones de la distribución normal, o se construye en la siguiente función aproximada para su cálculo, tal como lo propone Silver (1998)<sup>8</sup>.

$$G_u(k)_{Aprox} = \frac{\exp^{-k^2}}{\sqrt{2\pi}} - k \times p_{uz}(k)$$

---

<sup>8</sup> SILVER, Op. Cit., p. 724 - 734

- Stock de Seguridad ( $ss$ ). Que corresponde al producto del factor de seguridad  $k$  por  $\sigma L$ , y que se representa bajo la siguiente expresión matemática:

$$ss = (k)(\sigma L)$$

- Punto de Reorden ( $s$ ). Que corresponde al producto de  $ss$  por  $XL$ , y que se representa bajo la siguiente expresión matemática:

$$s = (ss)(XL)$$

Con base en las anteriores ecuaciones y en la regla de decisión empleada se muestran los siguientes resultados de los parámetros calculados para la referencia PF 25 gr obtenidos para los meses de mayo, junio y julio de 2012.

Cuadro 37. Regla de decisión para hallar k

Regla de Decisión para hallar k							
Mes	Regla $Gu(k)$	$k$	$pu > (k)$	$Gu(k)$ Aprox	$ss$	$s$	EPQ
Mayo	0.1577359	0.6424267	0.2602980	0.1573344	582,730	5,251,778	7,153,925
Junio	0.1623930	0.6254171	0.2658486	0.1618090	551,034	5,286,535	7,153,958
Julio	0.1611211	0.6316712	0.2638008	0.1601528	564,603	5,722,554	7,200,693

Fuente. El Autor

Para referencia en cuestión los parámetros del modelo se pueden leer en las dos últimas columnas del cuadro anterior. Así el modelo, determina que en el mes de mayo el punto de reorden se debe establecer en 5.251.778 y cuando la posición del inventario llegue a este valor se debe colocar una orden de producción por

7.153.925. Es claro como los parámetros cambian en la medida que se actualiza la información, variando tanto el punto de reorden como la cantidad a ordenar, en función de los cambios de la demanda histórica, la demanda proyectada y de los errores que se obtienen del modelo de pronósticos. Estos dos valores son los que finalmente deben ser ingresados en el sistema de información de la compañía y actualizados mes a mes, dado que este artículo fue clasificado como tipo A.

Es importante resaltar que para las referencias PF 28 gr y PF 30 gr, los valores hallados con la regla para el factor de seguridad ( $k$ ) dan como resultado valores bajos y para las referencias PF 47,5 gr y PF 54 gr valores negativos, lo cual se debe a que la desviación del pronóstico de estas referencias con respecto al nivel de servicio ( $P2$ ) esperado es muy baja, indicando que para las dos primeras referencias el modelo propone mantener pocas unidades en stock de seguridad y para las segundas que no es necesario mantener unidades en stock de seguridad, ya que las probabilidades de ocurrencia de tener agotados es muy baja dado la precisión del modelo de pronóstico seleccionado. No obstante, basados en el conocimiento de estas 4 referencias se determina para las referencias PF 28 gr y PF 30,5 gr se aumenta el nivel de servicio  $P2=98,5\%$ ; para la referencia PF 47,5 gr se aumenta el nivel de servicio a  $P2=99,5\%$  y para la referencia PF 54 gr se incrementa el nivel de servicio a  $P2=99\%$ . La anterior decisión se toma para contar con un inventario de seguridad mínimo que permita atender pequeñas desviaciones del pronóstico, teniendo como efecto positivo una mejora en el nivel de servicio sin afectar en forma significativa los Costos Relevantes Totales. Todas las decisiones anteriores se soportan en la importancia que Amcor Rigid Plastics de Colombia da al nivel de servicio global de la compañía.

❖ **Costos.** En esta sección se calculan los costos del modelo de inventarios, usando los datos calculados en las dos secciones anteriores.

– Costo de Ordenar ( $C_o$ ). Que corresponde al costo incurrido al colocar las ordenes de producción de las unidades económicas de pedido y que se representa con la siguiente expresión matemática:

$$C_o = A \left( \frac{D}{EPQ} \right)$$

– Costo de Mantener EPQ ( $C_c \left( \frac{Q}{2} \right)$ ). Que corresponde al costo incurrido en mantener en inventario promedio cuando se lanza una orden de producción (EPQ), y que se representa con la siguiente expresión matemática:

$$C_c(Q/2) = \frac{EPQ(1-(D/m))}{2} vr$$

– Costo de Mantener ss ( $C_c(ss)$ ). Que corresponde al costo incurrido en mantener en inventario el stock de seguridad ( $ss$ ) y que se representa con la siguiente expresión matemática:

$$C_c(ss) = (ss)vr$$

– Costo de Ordenes Pendientes ó escasez planificada ( $C_s$ ). Que corresponde al costo incurrido por incumplimientos de ordenes de producción y que se representa bajo la siguiente expresión matemática:

$$C_s = \frac{\sigma L Gu(k) B Z v D}{EPQ}$$

– Costos Relevantes Totales ( $TRC$ ). Que corresponde a la sumatoria Costo de Ordenar ( $C_o$ ) + Costo de Mantener EPQ ( $C_c(Q/2)$ ) + Costo de Mantener ss ( $C_c(ss)$ )

+ Costo de Ordenes Pendientes ó escasas planificada (Cs) y que se representa bajo la siguiente expresión matemática:

$$TRC = Co + Cc(Q/2) + Cc(ss) + Cs$$

Donde,

$$TRC = A \left( \frac{D}{EPQ} \right) + \frac{EPQ \left( 1 - \left( \frac{D}{m} \right) \right)}{2} vr + (ss)vr + \frac{(Gu(k))(BZ)(\sigma L)}{EPQ} Dv$$

En el Cuadro 38, se muestran los datos obtenidos de los costos y de los niveles de servicio esperados para la referencia PF 25 gr, para el modelo de control de inventarios (s, Q), para los meses en mención, donde a pesar de tener un Nivel de Servicio en el ciclo (P1), aparentemente bajo, el modelo contempla cumplir un Nivel de Servicio (P2) por unidades del 98%, lo cual no afecta a la compañía en sus resultados, ya que los clientes consideran para los volúmenes que se manejan del producto, el tener una tasa de cumplimiento del 98% es alta, así la orden no sea entregada en su totalidad.

Cuadro 38. Datos de modelo de Inventario s,Q

Costos						
Mes	Co	Cc (Q/2)	Cc (ss)	Cs	TRC	P1
Mayo	\$	\$	\$	\$	\$	0.73970192
	133,803,548	133,803,548	22,472,362	79,851,455	369,930,914	4
Junio	\$	\$	\$	\$	\$	0.73415133
	133,804,169	133,804,169	21,250,067	79,852,196	368,710,601	3
Julio	\$	\$	\$	\$	\$	0.73619915
	134,678,275	134,678,275	21,773,313	80,898,909	372,028,772	2

Fuente. El Autor

El análisis y los cálculos completos de modelos de inventarios para las 14 referencias de preforma y resina PET se pueden encontrar en el Anexo F., en cada hoja correspondiente.

En los Cuadros 39, 40 y 41 a modo de resumen, se encuentran tabulados, todos los datos obtenidos para todas las referencias tales como, stock de seguridad (ss), punto de reorden (s), Costo de Ordenar (Co), Costo de mantener EPQ (Cc(Q/2)), Costo de mantener stock de seguridad (Cc(ss)), Costo de Ordenes Pendientes (Cs) y Costos Totales Relevantes (TRC), obtenidos con el modelo de inventarios s,Q, para los meses comprendidos entre mayo y julio del año 2012.

❖ **Datos Obtenidos con Proyecciones de Mayo 2012.**

Cuadro 39. Resumen Datos de modelo de inventario (s, Q) Mayo 2012

Item	EPQ	LT	ss	s	Co	Cc(Q/2)	Cc(ss)	Cs	TRC	P1
PF 18 gr	4.630.361	14,63	835.901	2.973.099	\$ 62.945.265	\$ 62.945.265	\$ 23.429.411	\$ 17.671.512	\$ 166.991.454	0,82
PF 22 gr	9.844.653	16,62	846.403	8.172.658	\$ 163.833.478	\$ 163.833.478	\$ 29.042.743	\$ 119.716.186	\$ 476.425.886	0,74
PF 23 gr	4.433.995	17,96	295.402	2.144.154	\$ 76.833.700	\$ 76.833.700	\$ 10.554.259	\$ 26.330.013	\$ 190.551.672	0,72
PF 25 gr	7.153.925	25,70	582.730	5.251.778	\$ 133.803.548	\$ 133.803.548	\$ 22.472.362	\$ 79.851.455	\$ 369.930.914	0,74
PF 27 gr	3.932.077	7,49	242.752	720.094	\$ 85.851.932	\$ 85.851.932	\$ 10.928.198	\$ 32.873.634	\$ 215.505.696	0,71
PF 28 gr	3.032.178	13,60	77.798	420.250	\$ 67.931.363	\$ 67.931.363	\$ 3.593.715	\$ 15.436.523	\$ 154.892.965	0,65
PF 30 gr	4.068.119	9,07	98.070	962.648	\$ 92.564.285	\$ 92.564.285	\$ 4.600.903	\$ 28.661.290	\$ 218.390.764	0,65
PF 30 gr Kerr	6.607.381	20,39	1.724.513	5.824.555	\$ 152.125.602	\$ 152.125.602	\$ 81.864.898	\$ 103.217.228	\$ 489.333.330	0,85
PF 30.5 gr	5.492.265	22,25	639.209	3.817.417	\$ 128.801.696	\$ 128.801.696	\$ 30.908.012	\$ 73.993.017	\$ 362.504.420	0,78
PF 44 gr	4.372.393	18,03	327.777	2.922.968	\$ 156.004.654	\$ 156.004.654	\$ 24.113.246	\$ 108.548.213	\$ 444.670.767	0,73
PF 47.5 gr	1.884.301	8,86	46.062	281.958	\$ 68.334.634	\$ 68.334.634	\$ 3.444.214	\$ 5.206.781	\$ 145.320.264	0,76
PF 52 gr	2.871.679	13,02	395.445	1.287.109	\$ 120.753.359	\$ 120.753.359	\$ 34.285.281	\$ 65.034.831	\$ 340.826.831	0,79
PF 54 gr	2.793.662	13,67	56.343	1.053.085	\$ 120.291.805	\$ 120.291.805	\$ 5.002.189	\$ 32.269.308	\$ 277.855.107	0,67
PF 60 gr	2.159.391	10,99	671.407	1.219.803	\$ 104.266.203	\$ 104.266.203	\$ 66.843.087	\$ 48.488.047	\$ 323.863.541	0,86
<b>Total</b>	<b>63.276.381</b>		<b>6.839.811</b>		<b>\$ 1.534.341.525</b>	<b>\$ 1.534.341.525</b>	<b>\$ 351.082.520</b>	<b>\$ 757.298.040</b>	<b>\$ 4.177.063.610</b>	

Item	EOQ	LT	ss	s	Co	Cc(Q/2)	Cc(ss)	Cs	TRC	P1
Resina PET	102.689	30,00	231.712	1.765.128	\$ 85.994.369	\$ 85.994.369	\$ 388.081.609	\$ 855.826.575	\$ 1.415.896.922	0,96

Fuente. El Autor

❖ **Datos Obtenidos con Proyecciones de Junio 2012**

Cuadro 40. Resumen datos de modelo de inventario (s,Q) junio 2012

Item	EPQ	LT	ss	s	Co	Cc (Q/2)	Cc (ss)	Cs	TRC	P1
PF 18 gr	4.861.713	15,36	879.190	2.670.090	\$ 66.090.262	\$ 66.090.262	\$ 24.642.750	\$ 19.481.506	\$ 176.304.779	0,82
PF 22 gr	10.120.078	17,08	833.410	8.647.866	\$ 168.417.066	\$ 168.417.066	\$ 28.596.921	\$ 126.508.518	\$ 491.939.572	0,74
PF 23 gr	4.539.864	18,39	296.975	2.055.005	\$ 78.668.244	\$ 78.668.244	\$ 10.610.481	\$ 27.602.377	\$ 195.549.345	0,72
PF 25 gr	7.153.958	25,70	551.034	5.286.535	\$ 133.804.169	\$ 133.804.169	\$ 21.250.067	\$ 79.852.196	\$ 368.710.601	0,73
PF 27 gr	3.877.973	7,39	237.629	831.801	\$ 84.670.630	\$ 84.670.630	\$ 10.697.566	\$ 31.975.192	\$ 212.014.018	0,71
PF 28 gr	3.051.314	13,69	124.036	772.186	\$ 68.360.088	\$ 68.360.088	\$ 5.729.574	\$ 15.631.982	\$ 158.081.732	0,70
PF 30 gr	4.181.449	9,33	85.847	1.100.773	\$ 95.142.941	\$ 95.142.941	\$ 4.027.491	\$ 30.280.426	\$ 224.593.799	0,63
PF 30 gr Kerr	6.650.838	20,53	1.695.396	5.543.265	\$ 153.126.144	\$ 153.126.144	\$ 80.482.651	\$ 104.579.428	\$ 491.314.367	0,85
PF 30.5 gr	5.532.388	22,41	660.957	3.582.852	\$ 129.742.652	\$ 129.742.652	\$ 31.959.598	\$ 75.078.072	\$ 366.522.974	0,78
PF 44 gr	4.351.574	17,94	331.661	2.749.338	\$ 155.261.836	\$ 155.261.836	\$ 24.398.973	\$ 107.516.967	\$ 442.439.611	0,73
PF 47.5 gr	1.890.682	8,89	35.279	283.212	\$ 68.566.044	\$ 68.566.044	\$ 2.637.926	\$ 5.242.106	\$ 145.012.119	0,73
PF 52 gr	2.910.729	13,19	397.341	1.353.411	\$ 122.395.401	\$ 122.395.401	\$ 34.449.646	\$ 66.815.585	\$ 346.056.033	0,79
PF 54 gr	2.833.921	13,87	65.848	1.227.221	\$ 122.025.296	\$ 122.025.296	\$ 5.846.038	\$ 33.206.058	\$ 283.102.688	0,68
PF 60 gr	2.141.871	10,90	681.858	957.631	\$ 103.420.241	\$ 103.420.241	\$ 67.883.564	\$ 47.704.425	\$ 322.428.472	0,86
<b>Total</b>	<b>64.098.353</b>		<b>6.876.461</b>		<b>\$ 1.549.691.014</b>	<b>\$ 1.549.691.014</b>	<b>\$ 353.213.245</b>	<b>\$ 771.474.838</b>	<b>\$ 4.224.070.110</b>	

Item	EOQ	LT	ss	s	Co	Cc (Q/2)	Cc (ss)	Cs	TRC	P1
Resina PET	103.698	30,00	190.032	1.751.702	\$ 86.839.246	\$ 86.839.246	\$ 318.274.436	\$ 872.725.815	\$ 1.364.678.742	0,95

Fuente. El Autor

❖ **Datos Obtenidos con Proyecciones de Julio 2012**

Cuadro 41. Resumen datos de modelo de inventario (s,q) julio 2012

Item	EPQ	LT	ss	s	Co	Cc (Q/2)	Cc (ss)	Cs	TRC	P1
PF 18 gr	5.103.307	16,12	888.952	2.864.022	\$ 69.374.502	\$ 69.374.502	\$ 24.916.366	\$ 21.465.812	\$ 185.131.182	0,81
PF 22 gr	10.290.045	17,37	891.067	8.751.488	\$ 171.245.624	\$ 171.245.624	\$ 30.575.313	\$ 130.793.614	\$ 503.860.175	0,75
PF 23 gr	4.649.127	18,83	292.234	1.811.355	\$ 80.561.589	\$ 80.561.589	\$ 10.441.096	\$ 28.947.004	\$ 200.511.277	0,71
PF 25 gr	7.200.693	25,87	564.603	5.722.554	\$ 134.678.275	\$ 134.678.275	\$ 21.773.313	\$ 80.898.909	\$ 372.028.772	0,74
PF 27 gr	3.902.413	7,43	220.626	863.146	\$ 85.204.259	\$ 85.204.259	\$ 9.932.156	\$ 32.379.503	\$ 212.720.178	0,70
PF 28 gr	3.026.956	13,58	119.246	736.344	\$ 67.814.370	\$ 67.814.370	\$ 5.508.291	\$ 15.383.399	\$ 156.520.430	0,70
PF 30 gr	4.140.174	9,23	118.599	896.508	\$ 94.203.782	\$ 94.203.782	\$ 5.564.030	\$ 29.685.578	\$ 223.657.172	0,66
PF 30 gr Kerr	6.712.686	20,72	1.731.360	6.886.906	\$ 154.550.094	\$ 154.550.094	\$ 82.189.920	\$ 106.533.482	\$ 497.823.590	0,85
PF 30.5 gr	5.416.926	21,94	653.305	3.239.880	\$ 127.034.906	\$ 127.034.906	\$ 31.589.600	\$ 71.976.996	\$ 357.636.408	0,78
PF 44 gr	4.305.191	17,75	303.046	2.629.183	\$ 153.606.893	\$ 153.606.893	\$ 22.293.871	\$ 105.237.126	\$ 434.744.783	0,72
PF 47.5 gr	1.907.465	8,97	33.455	297.151	\$ 69.174.653	\$ 69.174.653	\$ 2.501.521	\$ 5.335.579	\$ 146.186.407	0,72
PF 52 gr	2.926.854	13,27	412.358	1.171.745	\$ 123.073.430	\$ 123.073.430	\$ 35.751.611	\$ 67.557.906	\$ 349.456.376	0,79
PF 54 gr	2.849.923	13,95	84.843	1.089.745	\$ 122.714.297	\$ 122.714.297	\$ 7.532.415	\$ 33.582.104	\$ 286.543.113	0,71
PF 60 gr	2.089.748	10,63	669.683	975.066	\$ 100.903.502	\$ 100.903.502	\$ 66.671.472	\$ 45.410.894	\$ 313.889.371	0,86
<b>Total</b>	<b>64.521.506</b>		<b>6.983.376</b>		<b>\$ 1.554.140.176</b>	<b>\$ 1.554.140.176</b>	<b>\$ 357.240.976</b>	<b>\$ 775.187.905</b>	<b>\$ 4.240.709.233</b>	

Item	EOQ	LT	ss	s	Co	Cc (Q/2)	Cc (ss)	Cs	TRC	P1
Resina PET	103.974	30,00	194.525	1.759.224	\$ 87.070.041	\$ 87.070.041	\$ 325.800.002	\$ 877.370.922	\$ 1.377.311.006	0,95

Fuente. El Autor

Es de aclarar, que los costos de faltantes, corresponden a una estimación con fines cualitativos, con el propósito de dimensionar de forma numérica el grado que puede afectar los faltantes en la compañía y que permitan realizar una medición para efectos de análisis, sin embargo estos valores en ningún momento penalizan ó son pagados por la empresa en caso de no cumplir con las cantidades exactas puestas bajo pedido.

**3.11.2 Simulación Entregas a Cliente – Ventas.** A modo de simulación en los Cuadros 42, 43 y 44 se tabulan los datos de inicio, que en este caso son los inventarios finales de preforma y resina PET del mes de abril de 2012 y de acuerdo al modelo (S-Q), se simula con las Ordenes de Producción (OP) y Órdenes de Compra (OC) conforme las demandas reales en los periodos mayo, junio y julio de 2012. El semáforo de punto de reorden (s), muestra en rojo si es necesario lanzar una OP ó una OC, y si es verde muestra que el inventario está por encima de los puntos de reorden. No obstante existe una casilla de decisión en la cual el Planeador a juicio y conocimiento del mercado decide basado en las herramientas anteriores la acción a seguir.

En estas tablas se puede apreciar que los excesos de inventarios asociados a políticas de stock de seguridad de entre 20 y 25 días definidos por Amcor Rigid Plastics de Colombia antes de esta investigación, empiezan a ser suavizados conforme el seguimiento del modelo (S-Q). Se puede evidenciar que en mayo de 2012, el inventario de preforma baja el 17,47% y en julio de 2012 baja el 37.52% frente a las cifras iniciales. Para el caso de resina PET, el inventario baja en el mes de mayo de 2012 el 32.88% y en julio de 2012 baja el 41.46% frente a las cifras iniciales (véase los Cuadros 43, 44 y 45).

Cuadro 42. Simulación entregas a clientes – ventas mayo 2012

Item	EPQ	s	Inventario Inicial	Venta Real	ss	Inv. Parcial	Semaforo (s)	Decisión	OP	Inventario Final	Semaforo (s)
PF 18 gr	4.630.361	2.973.099	7.281.344	3.329.952	835.901	3.951.392		No se Genera OP	-	3.951.392	
PF 22 gr	9.844.653	8.172.658	14.811.429	13.172.235	846.403	1.639.194		Se Genera OP	9.844.653	11.483.847	
PF 23 gr	4.433.995	2.144.154	6.171.429	2.867.810	295.402	3.303.619		No se Genera OP	-	3.303.619	
PF 25 gr	7.153.925	5.251.778	6.958.389	5.543.136	582.730	1.415.253		Se Genera OP	7.153.925	8.569.178	
PF 27 gr	3.932.077	720.094	12.074.127	2.562.688	242.752	9.511.439		No se Genera OP	-	9.511.439	
PF 28 gr	3.032.178	420.250	4.459.355	1.420.000	77.798	3.039.355		No se Genera OP	-	3.039.355	
PF 30 gr	4.068.119	962.648	11.208.649	2.924.736	98.070	8.283.913		No se Genera OP	-	8.283.913	
PF 30 gr Kerr	6.607.381	5.824.555	8.100.000	5.848.200	1.724.513	2.251.800		Se Genera OP	6.607.381	8.859.181	
PF 30.5 gr	5.492.265	3.817.417	6.171.429	3.640.320	639.209	2.531.109		Se Genera OP	5.492.265	8.023.373	
PF 44 gr	4.372.393	2.922.968	6.063.158	3.515.493	327.777	2.547.665		Se Genera OP	4.372.393	6.920.058	
PF 47.5 gr	1.884.301	281.958	4.253.538	845.000	46.062	3.408.538		No se Genera OP	-	3.408.538	
PF 52 gr	2.871.679	1.287.109	5.514.894	2.193.083	395.445	3.321.811		No se Genera OP	-	3.321.811	
PF 54 gr	2.793.662	1.053.085	4.698.798	2.511.680	56.343	2.187.118		No se Genera OP	-	2.187.118	
PF 60 gr	2.159.391	1.219.803	4.520.645	967.149	671.407	3.553.496		No se Genera OP	-	3.553.496	
<b>Total</b>	<b>63.276.381</b>	<b>37.051.576</b>	<b>102.287.181</b>	<b>51.341.482</b>	<b>6.839.811</b>	<b>50.945.699</b>			<b>33.470.617</b>	<b>84.416.316</b>	

Item	EOQ	s	Inventario Inicial	Consumo Real	ss	Inv. Parcial	Semaforo (s)	Decisión	OC	Inventario Final	Semaforo (s)
Resina PET	102.689	1.667.554	2.900.000	953.551	134.138	1.946.449		No se Genera OP	-	1.946.449	

Fuente. El Autor

Cuadro 43. Simulación entregas a clientes – ventas junio 2012

Item	EPQ	s	Inventario Inicial	Venta Real	ss	Inv. Parcial	Semaforo (s)	Decisión	OP	Inventario Final	Semaforo (s)
PF 18 gr	4.861.713	2.670.090	3.951.392	3.709.402	879.190	241.990		Se Genera OP	4.861.713	5.103.702	
PF 22 gr	10.120.078	8.647.866	11.483.847	11.503.150	833.410	(19.303)		Se Genera OP	10.120.078	10.100.775	
PF 23 gr	4.539.864	2.055.005	3.303.619	2.419.846	296.975	883.773		Se Genera OP	4.539.864	5.423.637	
PF 25 gr	7.153.958	5.286.535	8.569.178	6.074.253	551.034	2.494.925		Se Genera OP	7.153.958	9.648.883	
PF 27 gr	3.877.973	831.801	9.511.439	2.646.768	237.629	6.864.671		No se Genera OP	-	6.864.671	
PF 28 gr	3.051.314	772.186	3.039.355	1.277.000	124.036	1.762.355		No se Genera OP	-	1.762.355	
PF 30 gr	4.181.449	1.100.773	8.283.913	2.399.648	85.847	5.884.265		No se Genera OP	-	5.884.265	
PF 30 gr Kerr	6.650.838	5.543.265	8.859.181	6.894.720	1.695.396	1.964.461		Se Genera OP	6.650.838	8.615.299	
PF 30.5 gr	5.532.388	3.582.852	8.023.373	3.264.624	660.957	4.758.749		No se Genera OP	-	4.758.749	
PF 44 gr	4.351.574	2.749.338	6.920.058	3.878.870	331.661	3.041.188		No se Genera OP	-	3.041.188	
PF 47.5 gr	1.890.682	283.212	3.408.538	892.000	35.279	2.516.538		No se Genera OP	-	2.516.538	
PF 52 gr	2.910.729	1.353.411	3.321.811	1.642.697	397.341	1.679.114		No se Genera OP	-	1.679.114	
PF 54 gr	2.833.921	1.227.221	2.187.118	2.161.080	65.848	26.038		Se Genera OP	2.833.921	2.859.959	
PF 60 gr	2.141.871	957.631	3.553.496	1.047.966	681.858	2.505.530		No se Genera OP	-	2.505.530	
<b>Total</b>	<b>64.098.353</b>	<b>37.061.186</b>	<b>84.416.316</b>	<b>49.812.024</b>	<b>6.876.461</b>	<b>34.604.292</b>			<b>36.160.372</b>	<b>70.764.664</b>	

Item	EOQ	s	Inventario Inicial	Consumo Real	ss	Inv. Parcial	Semaforo (s)	Decisión	OC	Inventario Final	Semaforo (s)
Resina PET	103.698	1.667.554	1.946.449	945.975	134.138	1.000.473		Se Genera OC	725.887	1.726.360	

Fuente. El Autor

Cuadro 44. Simulación entregas a clientes – ventas julio 2012

Item	EPQ	s	Inventario Inicial	Venta Real	ss	Inv. Parcial	Semaforo (s)	Decisión	OP	Inventario Final	Semaforo (s)
PF 18 gr	5.103.307	2.864.022	5.103.702	4.333.491	888.952	770.211		Se Genera OP	5.103.307	5.873.518	
PF 22 gr	10.290.045	8.751.488	10.100.775	13.286.782	891.067	(3.186.007)		Se Genera OP	12.067.416	8.881.409	
PF 23 gr	4.649.127	1.811.355	5.423.637	2.169.365	292.234	3.254.272		No se Genera OP	-	3.254.272	
PF 25 gr	7.200.693	5.722.554	9.648.883	6.997.076	564.603	2.651.807		Se Genera OP	7.200.693	9.852.499	
PF 27 gr	3.902.413	863.146	6.864.671	1.962.720	220.626	4.901.951		No se Genera OP	-	4.901.951	
PF 28 gr	3.026.956	736.344	1.762.355	1.058.000	119.246	704.355		Se Genera OP	3.026.956	3.731.310	
PF 30 gr	4.140.174	896.508	5.884.265	2.962.000	118.599	2.922.265		No se Genera OP	-	2.922.265	
PF 30 gr Kerr	6.712.686	6.886.906	8.615.299	8.344.800	1.731.360	270.499		Se Genera OP	6.712.686	6.983.185	
PF 30.5 gr	5.416.926	3.239.880	4.758.749	4.508.048	653.305	250.701		Se Genera OP	5.416.926	5.667.628	
PF 44 gr	4.305.191	2.629.183	3.041.188	4.314.689	303.046	(1.273.501)		Se Genera OP	4.305.191	3.031.690	
PF 47.5 gr	1.907.465	297.151	2.516.538	965.239	33.455	1.551.299		No se Genera OP	-	1.551.299	
PF 52 gr	2.926.854	1.171.745	1.679.114	2.281.687	412.358	(602.573)		Se Genera OP	2.926.854	2.324.281	
PF 54 gr	2.849.923	1.089.745	2.859.959	2.174.240	84.843	685.719		Se Genera OP	2.849.923	3.535.642	
PF 60 gr	2.089.748	975.066	2.505.530	1.109.837	669.683	1.395.693		No se Genera OP	-	1.395.693	
<b>Total</b>	<b>64.521.506</b>	<b>37.935.094</b>	<b>70.764.664</b>	<b>56.467.974</b>	<b>6.983.376</b>	<b>14.296.690</b>			<b>49.609.950</b>	<b>63.906.640</b>	
Item	EOQ	s	Inventario Inicial	Consumo Real	ss	Inv. Parcial	Semaforo (s)	Decisión	OC	Inventario Final	Semaforo (s)
Resina PET	103.974	1.667.554	1.726.360	1.484.232	134.138	242.128		Se Genera OC	1.455.632	1.697.760	

Fuente. El Autor

**3.11.3 Simulación programa de producción.** Con el objeto de verificar que la anterior simulación de entregas al cliente, sean sostenibles en el tiempo, en los Cuadros 45, 46 y 47 se realizan simulaciones del programa de producción conforme la capacidad de las máquinas de la planta y el lanzamiento de Ordenes de Producción (OP). Se puede apreciar que para el mes mayo de 2012 la ocupación de planta tiene un nivel bajo del 55.37% como consecuencia de la suavización en el mejoramiento de los niveles de inventarios. Este efecto a lo largo del tiempo se va compensando, aumentando la ocupación de planta a un 61.63% en junio de 2012 y en julio de 2012 en un 86.33% (véase los Cuadros 46, 47 y 48).

Se estima que una vez estabilizados todos los inventarios la ocupación de planta se mantendrá por el orden del 85-90%, sin afectar las entregas a clientes y la operatividad de la planta. El cuadro con la simulación completa se puede encontrar en el Anexo F., en la hoja *Simulación Producción*.



**3.11.4 Comparación de costos.** Como causa de la reducción de inventarios a niveles adecuados para atender la demanda, en los Cuadros 48, 49 y 50 se encuentra la valoración en COP (Colombian Pesos) de los nuevos inventarios obtenidos, en la cual se observa que para el mes de mayo de 2012 (Tabla 48) comparado con abril de 2012, los inventarios de preforma pasan de \$11.726.419.864 a \$9.612.106.191, obteniendo una reducción del 18.03% que corresponde a \$2.114.313.671 en capital de trabajo. Para el caso de resina PET, los inventarios pasan de \$10.809.705.000 a \$ 7.255.387.550 que corresponde a una reducción del 33.88% que equivale a \$ 3.554.362.450. En total para el mes de mayo de 2012 el capital de trabajo total utilizado pasa de \$22.536.169.862 a \$ 16.867.493.742 que corresponde al 25.15% de reducción, equivalente a \$ 5.668.676.120.

Comparando los valores para el mes de julio de 2012 (Cuadro 50) con respecto a abril de 2012, los inventarios de preforma pasan de \$11.726.419.864 a \$6.887.428.589, obteniendo una reducción del 41.27% que corresponde a \$ 4.838.991.272 en capital de trabajo, Para el caso de resina PET, los inventarios pasan de \$10.809.705.000 a \$6.328.399.284 que corresponde a una reducción del 41.46% que equivale a \$4.481.350.716., en total para el mes de julio de 2012 el capital de trabajo total utilizado pasa de \$22.536.169.862 a \$13.215.827.873 que corresponde al 41.36% de reducción, equivalente a \$9.320.341.989 (véase los Cuadros 48, 49 y 50).

Cuadro 48. Comparación costos inventarios actuales vs proyectados mayo 2012

Item	s	Inventario Inicial	ss	Inventario Final	Precio Unitario	Capital de Trabajo Inventario Inicial	Capital de Trabajo Inventario Proyectado
PF 18 gr	2.973.099	7.281.344	835.901	3.951.392	62,38	\$ 454.213.849	\$ 246.489.778
PF 22 gr	8.172.658	14.811.429	846.403	11.483.847	76,37	\$ 1.131.096.960	\$ 876.981.184
PF 23 gr	2.144.154	6.171.429	295.402	3.303.619	79,52	\$ 490.730.400	\$ 262.692.186
PF 25 gr	5.251.778	6.958.389	582.730	8.569.178	85,83	\$ 597.217.675	\$ 735.466.824
PF 27 gr	720.094	12.074.127	242.752	9.511.439	100,19	\$ 1.209.718.816	\$ 952.960.543
PF 28 gr	420.250	4.459.355	77.798	3.039.355	102,81	\$ 458.446.204	\$ 312.462.394
PF 30 gr	962.648	11.208.649	98.070	8.283.913	104,41	\$ 1.170.317.423	\$ 864.939.887
PF 30 gr Kerr	5.824.555	8.100.000	1.724.513	8.859.181	105,65	\$ 855.773.100	\$ 935.981.338
PF 30.5 gr	3.817.417	6.171.429	639.209	8.023.373	107,61	\$ 664.135.200	\$ 863.431.283
PF 44 gr	2.922.968	6.063.158	327.777	6.920.058	163,73	\$ 992.699.621	\$ 1.132.996.929
PF 47.5 gr	281.958	4.253.538	46.062	3.408.538	166,41	\$ 707.850.476	\$ 567.230.224
PF 52 gr	1.287.109	5.514.894	395.445	3.321.811	192,96	\$ 1.064.145.600	\$ 640.971.594
PF 54 gr	1.053.085	4.698.798	56.343	2.187.118	197,59	\$ 928.430.804	\$ 432.150.464
PF 60 gr	1.219.803	4.520.645	671.407	3.553.496	221,57	\$ 1.001.643.734	\$ 787.351.562
<b>Subtotal</b>	<b>37.051.576</b>	<b>102.287.181</b>	<b>6.839.811</b>	<b>84.416.316</b>	<b>1.767</b>	<b>\$ 11.726.419.862</b>	<b>\$ 9.612.106.191</b>
Resina	1.667.554	2.900.000	134.138	1.946.449	3.727,50	\$ 10.809.750.000	\$ 7.255.387.550
<b>Total</b>	<b>38.719.130</b>	<b>105.187.181</b>	<b>6.973.949</b>	<b>86.362.765</b>	<b>5.495</b>	<b>\$ 22.536.169.862</b>	<b>\$ 16.867.493.742</b>

Fuente. El Autor

Cuadro 49. Comparación costos inventarios actuales vs. proyectados junio 2012

Item	s	Inventario Inicial	ss	Inventario Final	Precio Unitario	Capital de Trabajo Inventario Inicial	Capital de Trabajo Inventario Proyectado
PF 18 gr	2.670.090	3.951.392	879.190	5.103.702	62,38	\$ 246.489.778	\$ 318.371.487
PF 22 gr	8.647.866	11.483.847	833.410	10.100.775	76,37	\$ 876.981.184	\$ 771.360.832
PF 23 gr	2.055.005	3.303.619	296.975	5.423.637	79,52	\$ 262.692.186	\$ 431.268.608
PF 25 gr	5.286.535	8.569.178	551.034	9.648.883	85,83	\$ 735.466.824	\$ 828.134.643
PF 27 gr	831.801	9.511.439	237.629	6.864.671	100,19	\$ 952.960.543	\$ 687.778.210
PF 28 gr	772.186	3.039.355	124.036	1.762.355	102,81	\$ 312.462.394	\$ 181.179.770
PF 30 gr	1.100.773	8.283.913	85.847	5.884.265	104,41	\$ 864.939.887	\$ 614.387.840
PF 30 gr Kerr	5.543.265	8.859.181	1.695.396	8.615.299	105,65	\$ 935.981.338	\$ 910.214.996
PF 30.5 gr	3.582.852	8.023.373	660.957	4.758.749	107,61	\$ 863.431.283	\$ 512.110.404
PF 44 gr	2.749.338	6.920.058	331.661	3.041.188	163,73	\$ 1.132.996.929	\$ 497.923.120
PF 47.5 gr	283.212	3.408.538	35.279	2.516.538	166,41	\$ 567.230.224	\$ 418.788.490
PF 52 gr	1.353.411	3.321.811	397.341	1.679.114	192,96	\$ 640.971.594	\$ 323.999.245
PF 54 gr	1.227.221	2.187.118	65.848	2.859.959	197,59	\$ 432.150.464	\$ 565.096.478
PF 60 gr	957.631	3.553.496	681.858	2.505.530	221,57	\$ 787.351.562	\$ 555.152.688
<b>Subtotal</b>	<b>37.061.186</b>	<b>84.416.316</b>	<b>6.876.461</b>	<b>70.764.664</b>	<b>1.767</b>	<b>\$ 9.612.106.191</b>	<b>\$ 7.615.766.811</b>
Resina	1.667.554	1.946.449	134.138	1.726.360	3.727,50	\$ 7.255.387.550	\$ 6.435.007.336
<b>Total</b>	<b>38.728.740</b>	<b>86.362.765</b>	<b>7.010.599</b>	<b>72.491.024</b>	<b>5.495</b>	<b>\$ 16.867.493.742</b>	<b>\$ 14.050.774.147</b>

Fuente. El Autor

Cuadro 50. Comparación costos inventarios actuales vs proyectados julio 2012

Item	s	Inventario Inicial	SS	Inventario Final	Precio Unitario	Capital de Trabajo Inventario Inicial	Capital de Trabajo Inventario Proyectado
PF 18 gr	2.864.022	5.103.702	888.952	5.873.518	62,38	\$ 318.371.487	\$ 366.392.985
PF 22 gr	8.751.488	10.100.775	891.067	8.881.409	76,37	\$ 771.360.832	\$ 678.242.114
PF 23 gr	1.811.355	5.423.637	292.234	3.254.272	79,52	\$ 431.268.608	\$ 258.768.296
PF 25 gr	5.722.554	9.648.883	564.603	9.852.499	85,83	\$ 828.134.643	\$ 845.610.443
PF 27 gr	863.146	6.864.671	220.626	4.901.951	100,19	\$ 687.778.210	\$ 491.131.331
PF 28 gr	736.344	1.762.355	119.246	3.731.310	102,81	\$ 181.179.770	\$ 383.599.226
PF 30 gr	896.508	5.884.265	118.599	2.922.265	104,41	\$ 614.387.840	\$ 305.119.496
PF 30 gr Kerr	6.886.906	8.615.299	1.731.360	6.983.185	105,65	\$ 910.214.996	\$ 737.780.498
PF 30.5 gr	3.239.880	4.758.749	653.305	5.667.628	107,61	\$ 512.110.404	\$ 609.918.901
PF 44 gr	2.629.183	3.041.188	303.046	3.031.690	163,73	\$ 497.923.120	\$ 496.367.979
PF 47.5 gr	297.151	2.516.538	33.455	1.551.299	166,41	\$ 418.788.490	\$ 258.158.724
PF 52 gr	1.171.745	1.679.114	412.358	2.324.281	192,96	\$ 323.999.245	\$ 448.489.684
PF 54 gr	1.089.745	2.859.959	84.843	3.535.642	197,59	\$ 565.096.478	\$ 698.603.916
PF 60 gr	975.066	2.505.530	669.683	1.395.693	221,57	\$ 555.152.688	\$ 309.244.994
<b>Subtotal</b>	<b>37.935.094</b>	<b>70.764.664</b>	<b>6.983.376</b>	<b>63.906.640</b>	<b>1.767</b>	<b>\$ 7.615.766.811</b>	<b>\$ 6.887.428.589</b>
Resina	1.667.554	1.726.360	134.138	1.697.760	3.727,50	\$ 6.435.007.336	\$ 6.328.399.284
<b>Total</b>	<b>39.602.648</b>	<b>72.491.024</b>	<b>7.117.514</b>	<b>65.604.400</b>	<b>5.495</b>	<b>\$ 14.050.774.147</b>	<b>\$ 13.215.827.873</b>

Fuente. El Autor

### 3.12 INDICADORES Y RESULTADOS

Para verificar la efectividad de la prueba piloto realizada y que la misma pueda ser utilizada para su análisis, generando herramientas de decisión y seguimiento, a continuación se relacionan los indicadores que utilizados para realizar las comparaciones necesarias. Para efectos de seguimiento y control, se establecen una frecuencia mensual de verificación de estos indicadores asegurando que los mismos sean medibles y cuantificables.

#### 3.12.1 Definición de indicadores.

❖ **Capital de trabajo.** Siendo la optimización de niveles de inventarios y que los mismos generen menores inversiones en Capital de Trabajo, que permitan a la

compañía tener la liquidez para nuevos proyectos, se establece verificar porcentualmente las variaciones mes a mes de este valor.

Para efectos de seguimiento en condiciones de mercado actuales se determina como meta no tener una variación con aumento de capital de trabajo superior al 5%

$$\text{Capital de Trabajo} = \left( \frac{\text{Capital de Trabajo mes Actual}}{\text{Capital de Trabajo mes Anterior}} - 1 \right) \%$$

En el Cuadro 51, se pueden apreciar los resultados en reducción de capital de trabajo, cuyas mediciones evidencian que luego de la reducción del mismo, la variación llega a cifras cercanas al 5.94%. Este valor se estima que en los meses siguientes alcance estabilización y que su variación no supere la meta trazada del 5%.

La reducción en capital de trabajo se convierte en uno de los mayores logros de esta investigación, lo que genera para Amcor Rigid Plastics de Colombia acceder y hacer uso de los siguientes beneficios:

- Liberación de dineros en Capital de Trabajo, que podrán ser invertidos en sus planes de expansión.
- Mejora de costos operativos, mediante la optimización del espacio requerido para almacenamiento de materia prima y producto terminado.
- Mejora de funciones operativas por reducción del inventario, su rotación y salvaguarda.

- Reducción del riesgo de obsolescencia por mejora en rotación de inventarios y la mejora operativa de controlar el FIFO.

Adicionalmente estos resultados motivan a la compañía para ampliar sus conocimientos en técnicas para la aplicación de pronósticos en la herramienta actual SAP, la cual es una fuente sólida de información. Este desarrollo se plantea como un posible proyecto a realizarse en una fase posterior a esta investigación.

Cuadro 51. Resultados capital de trabajo

Mes	Capital de Trabajo Inventario Inicial	Capital de Trabajo Inventario Proyectado	Variación	Observaciones
<b>Mayo 2012</b>				
Preforma	\$ 11.726.419.862	\$ 9.612.106.191	-18,03%	Cumple
Resina PET	\$ 10.809.750.000	\$ 7.255.387.550	-32,88%	Cumple
<b>Total</b>	<b>\$ 22.536.169.862</b>	<b>\$ 16.867.493.742</b>	<b>-25,15%</b>	<b>Cumple</b>
<b>Junio 2012</b>				
Preforma	\$ 9.612.106.191	\$ 7.615.766.811	-20,77%	Cumple
Resina PET	\$ 7.255.387.550	\$ 6.435.007.336	-11,31%	Cumple
<b>Total</b>	<b>\$ 16.867.493.742</b>	<b>\$ 14.050.774.147</b>	<b>-16,70%</b>	<b>Cumple</b>
<b>Julio 2012</b>				
Preforma	\$ 7.615.766.811	\$ 6.887.428.589	-9,56%	Cumple
Resina PET	\$ 6.435.007.336	\$ 6.328.399.284	-1,66%	Cumple
<b>Total</b>	<b>\$ 14.050.774.147</b>	<b>\$ 13.215.827.873</b>	<b>-5,94%</b>	<b>Cumple</b>

Fuente. El Autor

❖ **Nivel de servicio (P2).** El nivel de servicio aunque es un indicador global en el que inciden todas las áreas de la compañía, para efectos de seguimiento de la actual investigación, se basa exclusivamente en las unidades entregadas.

En relación con los datos de entrada de los modelos de inventarios, la meta de este indicador es determinada por Amcor Rigid Plastics de Colombia con una métrica igual ó superior a 98% de unidades entregadas en relación a las unidades solicitadas por los clientes. El indicador se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{Nivel de Servicio (P2)} = \left( \frac{\text{Unidades Entregadas}}{\text{Unidades Ordenadas}} \right) \%$$

En el Cuadro 52, se puede evidenciar que los resultados obtenidos en nivel de servicio es conforme a lo esperado por Amcor Rigid Plastics de Colombia, ya que las entregas a los clientes en el periodo de validación siguen cumpliéndose en número de unidades, obteniendo un 100% de nivel de servicio mes a mes.

Cuadro 52. Resultados nivel de servicio

Mes	Unidades Despachadas	Unidades Demandadas	Cumplimiento	Observaciones
<b>Mayo 2012</b>				
Preforma	51.341.482	51.341.482	100,00%	Cumple
<b>Total</b>	<b>51.341.482</b>	<b>51.341.482</b>	<b>100,00%</b>	<b>Cumple</b>
<b>Junio 2012</b>				
Preforma	49.812.024	49.812.024	100,00%	Cumple
<b>Total</b>	<b>49.812.024</b>	<b>49.812.024</b>	<b>100,00%</b>	<b>Cumple</b>
<b>Julio 2012</b>				
Preforma	56.467.974	56.467.974	100,00%	Cumple
<b>Total</b>	<b>56.467.974</b>	<b>56.467.974</b>	<b>100,00%</b>	<b>Cumple</b>

Fuente. El Autor

❖ **Rotación del inventario.** Esta medida de desempeño está relacionada directamente con la obsolescencia de los productos, dado que a mayor rotación mejores las condiciones de calidad de las referencias en inventario.

Para la prueba piloto se establecen las siguientes metas: para preforma una rotación igual ó superior de 0.8 veces al mes y para resina una rotación igual ó superior 0.7 veces al mes.

$$\text{Rotación de Inventario} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Inventario}}$$

En el Cuadro 53 se puede apreciar los resultados obtenidos, en donde la rotación de inventarios para preformas se evidencia resultados esperados a partir de julio, no obstante se espera que este comportamiento se mantenga los meses siguientes.

La rotación de inventario para resina PET, muestra cumplimiento en los meses simulados y se estima un comportamiento estable en el futuro.

Cuadro 53. Resultados rotación de inventario

Mes	Inventario Actual	Demanda Actual	Rotación	Observaciones
<b>Mayo 2012</b>				
Preforma	84.416.316	51.341.482	0,61	No Cumple
Resina PET	1.891.158	1.539.956	0,81	Cumple
<b>Junio 2012</b>				
Preforma	70.764.664	49.812.024	0,70	No Cumple
Resina PET	1.944.545	1.539.956	0,79	Cumple
<b>Julio 2012</b>				
Preforma	60.879.685	56.467.974	0,93	Cumple
Resina PET	1.997.932	1.539.956	0,77	Cumple

Fuente. El Autor

#### **4. CONCLUSIONES**

En este trabajo de investigación se pudo evidenciar que la Gestión de Inventarios en una organización es de gran importancia, debido a que por medio de la utilización de modelos matemáticos se logran determinar las cantidades suficientes y adecuadas que se deben ordenar y mantener, tanto de los productos finales como de los insumos necesarios para su fabricación, para facilitar las operaciones de compra, producción y venta, tratando de garantizar que los costos de ordenar, de mantener y de faltantes sean lo más bajos posibles, al obtenerse de forma técnica los puntos de reorden, los niveles de stock de seguridad y las cantidades a ordenar, que permitan a Amcor Rigid Plastics de Colombia satisfacer la demanda al obtener los niveles de servicio requeridos por los clientes y así lograr la competitividad necesaria para permanecer en el mercado.

Para la ejecución de este trabajo de investigación propone el desarrollo secuencial de varias etapas que incluyen: planeación, análisis, ejecución, verificación, ajustes, comparación de resultados y toma de decisiones. Para la etapa de planeación y análisis se plantean reuniones con grupos interdisciplinarios de la compañía, necesarios para entender los factores y parámetros que impactan la gestión de inventarios, para poder así tomar las decisiones apropiadas sobre cada elemento que hace parte del proceso, de acuerdo a su relevancia y peso. Se comprueba que estas fases son el pilar para el buen desarrollo de las siguientes etapas, ya que al realizar los procesos de análisis y depuración la información existente en la base de datos con un criterio técnico soportado en una realidad de mercado, permite garantizar que los datos de entrada en términos de cantidad y calidad son los requeridos para una culminación exitosa de la investigación.

La información obtenida de las etapas de planeación y análisis es de gran importancia para poder definir patrones históricos de comportamiento de los datos para las referencias y materias primas a los que se desee definir un modelo de

gestión de inventarios. Mediante simulaciones con modelos de pronósticos se series de tiempo como por ejemplo: Media, Promedio Móvil Simple, Promedio Móvil Doble, Suavización Exponencial, Suavización Exponencial Doble, Suavización Exponencial con Ajuste a la Tendencia, Regresión Lineal, Descomposición Multiplicativa y Winters, se plantean diferentes escenarios con la variación de parámetros que podrían afectar los errores del pronóstico; con la información obtenida se construyen herramientas de comparación y se definen criterios para seleccionar las mejores condiciones para pronosticar la demanda, utilizando para ello elementos sólidos de selección y decisión. Esta actividad permite establecer los modelos de pronóstico y los parámetros más adecuados para predecir la demanda esperada y la desviación de los errores del pronóstico, información fundamental para parametrizar cualquier modelo de gestión de inventarios.

Mediante el enriquecimiento de datos de esta investigación, se determino que referencias presentan la mayor participación, siendo los mismos los que influyen de forma relevante en los costos finales de operación, lo anterior sumado a la construcción y establecimiento de costos y variables que influyen directamente en la definición de modelos de gestión de inventarios.

Como elemento de validación de esta investigación, en la prueba piloto se evidencio que existe una gran oportunidad de ahorro en costos de operación mediante la implementación de una apropiada gestión de inventarios, lo cual requiere refrescamiento continuo de datos, análisis y toma de decisiones.

Se logro demostrar que los resultados obtenidos son sostenibles en el tiempo, manteniendo los niveles de servicio esperados por Amcor Rigid Plastics de Colombia, lo cual se constata en los 3 indicadores que se establecieron en la investigación, donde los mismos muestran resultados favorables que representan una viabilidad alta de ejecución en la compañía y abre la puerta a nuevas fases de

implementación que ayudarán a fortalecer el sistema de información SAP que cuenta la Organización.

Finalmente es importante resaltar que la gestión de inventarios es un proceso dinámico, puesto que la mayoría de factores que lo afectan son dinámicos principalmente por los comportamientos orgánicos en el mercado que la demanda presenta., por lo que se hace necesario actualizar periódicamente toda la información que afecte los parámetros de los modelos, para garantizar que los resultados obtenidos en este proyecto de investigación sigan siendo sostenibles en el tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

ACHABAL, D.; MC INTYRE, S.; SMITH, S. and KALYANAM, K. A decision support system for vendor managed inventory. Chicago: Journal of Retailing, 2000. 636 p.

ARNOTT, D. and PERVAN, G. A critical analysis of Decision Support Systems research. Journal of Information Technology. Chicago, 2005. 272 p.

COLOMINA, Climent E. Sistemas de Información en la Empresa, Versión 2.0. Bogotá: Gestión, 2004. 218 p.

GALLARDO, L.; GONZÁLEZ, C. y TAPIA, F. Sistemas ERP: Importancia de sus aplicaciones en la gestión empresarial. En: Revista Alta Dirección. Enero – marzo, 2003. vol 7, no. 38, 63 p.

GRAVES, S.; RINNOOY, Kan, A. y ZIPKIN, P. Logistics of Production and Inventory. Ámsterdam: Elsevier Science, 1993. 227 p.

GUTIÉRREZ, V. y JARAMILLO, P. Reseña del Software disponible en Colombia para la gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento. Bogotá: Estudios Gerenciales, 2009. 303 p.

HOOSHANG M., Beheshti. A decision support system for improving performance of inventory management in a supply chain network. New York: International Journal of Productivity and Performance Management, 2010. 554 p.

MANDALA, P. y GUNASEKARAN, A. Application of SAP R/3 in on-line inventory control. New York: Elsevier Science, 2002. 181 p.

MANTHOU, V. y VLACHOPOULOU, M. Bar-code technology for inventory and marketing management systems: A model for its development and implementation. New York: Elsevier Science, 2002. 172 p.

MILES, S.B.; SARMA, S.E. y WILLIAMS, J.R. RFID Technology and Applications. New York: Cambridge University Press, 2008. 227 p.

MONKS, Joseph G. Administración De Operaciones, México: Mc Graw Hill, 2005. 233 p.

MOON, Young B. Enterprise resource planning (ERP): a review of the literature. Syracuse University [en línea], May- Junio 2007 [citado 3 agosto, 2012]. Disponible en Internet:<URL: <http://surface.syr.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=mae>>

ROUX, Michel. Manual de Logística para la Gestión de Almacenes. Madrid: Hispanoamericana, 2003. 112 p.

SAP COLLECTIONS MANAGEMENT. SAP Markets and Commerce. New York: SAP, 2005. 445 p.

SILVER, Edgard A.; PIKE, David F. and PETERSON, Rein. Inventory Management and Production Planning and Scheduling. 3 ed. Londres: John Wiley & Sons, 1998. 272 p.

SHEHAB, E. M.; SHARP, M. W.; SUPRAMANIAM, L. y SPEDDING, T. A. Enterprise resource planning: An integrative review. Universiti Sains Malaysia [en línea], julio 2004 [citado 3 agosto, 2012]. Disponible en Internet:<URL:[http://web.usm.my/aamj/16.2.2011/AAMJ\\_16.2.53.pdf](http://web.usm.my/aamj/16.2.2011/AAMJ_16.2.53.pdf)>

SOMERS, T.M. y NELSON, K.G. The impact of strategy and integration mechanisms on enterprise system value: empirical evidence from manufacturing firms. Ámsterdam: Elsevier Science, 2003. 436 p.

UMBLE, E. J.; HAFT, R.R. y UMBLE, M.M. Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational Research* [en línea], Abril-Mayo 2003 [citado 3 agosto, 2012]. Disponible en Internet:<URL: [http://www.shuhab.com/downloads/whyerp\\_umblescs.pdf](http://www.shuhab.com/downloads/whyerp_umblescs.pdf)>

XIAO, Y.; YU S.; WU, K.; NI, Q.; JANECEK, C y NORDSTAD, J. Wireless Communications and Mobile Computing. Radio frequency identification: technologies, applications, and research issues. Londres: John Wiley & Sons, 2007. 554 p.