

**Universidad de Valparaíso  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



**Propuesta de Mejora en las Operaciones Logísticas del  
centro de distribución de Ideal S.A.**

Por

**Katherine Camila Garay Reuque  
Carla Andrea Pozo Ramírez**

Trabajo de Título para optar al Grado de  
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de  
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Eduardo Lara Yergues

Septiembre, 2018

## Agradecimientos

*En esta instancia en que ya finaliza una etapa de mi vida, siempre es preciso agradecer a quienes fueron parte de esto, directa o indirectamente, es por ello por lo que agradezco a mi familia. Mi madre Antonia Reuque por su cariño y amor incondicional, además de siempre apoyarme e incentivar me a estudiar y por estar a mi lado, a mi padre Jorge Garay, por darme la posibilidad de estudiar, a mi hermano Jorge Garay, quien siempre tuvo la disposición de enseñarme cuando lo necesité, y también a mis pequeños sobrinos, quienes alegran mis días.*

*A mis familiares que ya han partido, sé que de una u otra forma, han sido parte de esto, sobre todo mi papá, el cual sé que estaría orgulloso y me habría gustado estuviera presente en esta instancia.*

*Por último, agradecer a mi compañera y amiga Carla Pozo, quien hizo de este proceso algo más llevadero, por todos los inconvenientes que tuvimos que pasar juntas, hasta llegar a la finalización de esto.*

***Katherine Camila Garay Reuque***

*Agradezco en primer lugar a mis padres Enrique y Ana María por brindarme la posibilidad de estudiar y apoyarme a lo largo de todos estos años, dándome fuerzas y cariño para poder salir adelante hasta culminar una de las etapas más importantes de mi vida, mi titulación. También quisiera agradecer a mis hermanas Tracy y Maite, mis cómplices de muchas aventuras, quienes me han entregado su amor desde siempre, por estar presente cuando más las necesitaba, por ser lo más lindo que la vida me pudo entregar y decirles que las amo, las adoro.*

*Agradecer a mi lelita, tata y tammy que me acompañan desde el cielo, que siempre fueron capaces de escuchar cuando les pedía un milagro en una asignatura, cuando tenía miedo, me dieron tanto cariño y amor, que en mi corazón son parte de este hermoso momento. Agradecer a Josué, mi amorcito, por ayudarme siempre, escucharme, apoyarme, tener tanta paciencia conmigo, hacer que cada momento estuviera lleno de sonrisas y amarme tanto.*

*Finalmente quisiera agradecer a mi amiga y compañera en este trabajo de título Katherine Garay, por estar conmigo todos estos años y hacer de aquellos momentos una etapa aún más bella.*

***Carla Andrea Pozo Ramírez***

## Resumen ejecutivo

Ideal nació en el año 1925 como una gran panadería y con el tiempo se fue modernizando y renovando, siendo pionera en Chile en la producción de pan envasado. Así mismo, la compañía fue creciendo hasta ser parte del grupo Bimbo y convertirse en la gran empresa que es actualmente reconocida a nivel nacional e internacional.

A pesar de las modernas instalaciones y grandes recursos que posee esta empresa, no está exenta a problemas. Uno de ellos principalmente es que no existen, ni se aplican herramientas que permitan obtener un pronóstico de demanda que arroje con precisión la cantidad de bandejas de traslado que se deben comprar en los próximos meses, lo cual afecta a la planificación de la producción y el control de bodegas, puesto que los productos que se fabrican tienen fecha de vencimiento y deben ser despachados a la brevedad.

El origen de esta investigación tiene como objetivo aportar una respuesta a ese problema, desarrollando pronósticos que cumplan con la demanda requerida por los pedidos consolidados en el centro de distribución, así como también reformular un modelo de gestión de abastecimientos en bodegas. La necesidad de mejorar la planificación nace del aumento en las paralizaciones de las líneas productivas en los últimos años, lo cual ha impactado en la capacidad de respuesta, obligando a la empresa a invertir en pagos no contemplados por atrasos en despacho, para poder contener y satisfacer la demanda de toda la cadena.

En este trabajo se pretende determinar cuáles son los mejores métodos y técnicas de pronósticos de series de tiempo (entendiendo por mejor la cual posee un menor error), que permitan predecir de una manera confiable y precisa las unidades a comprar y así evitar los quiebres de stock de inventario, para ello se evaluarán en conjunto los dos tipos de bandejas de traslado utilizadas por medio de métodos estadísticos y matemáticos, los cuales brindaran un análisis del comportamiento de la serie temporal a lo largo de los periodos a evaluar (Enero/2012 - Diciembre/2016), explicando los comportamientos que están adquiriendo a medida que avanza el tiempo para poder predecir su conducta a futuro.

**Palabras claves:** Serie de Tiempo, Pronóstico y Quiebres de stock.

## Abstract

Ideal was born in 1925 as a large bakery and over time was modernized and renewed, being a pioneer in Chile in the production of packaged bread. Likewise, the company grew until being part of the Bimbo group and became the great company that is currently recognized nationally and internationally. As we work with food products, the handling of these products is extremely careful, for this there are trays that move the goods from the production plant to the distribution center to be sent later to customers.

Despite the modern facilities and great resources that this company possesses, it is not exempt from problems. One of them is mainly that they do not exist, nor are they applied tools that allow to obtain a forecast of demand that accurately sheds the quantity of transfer trays that must be bought in the next months, which affects to the planning of the production, position that the products that are manufactured have an expiration date and must be dispatched as soon as possible.

The origin of this research aims to provide a response to this problem, developing forecasts that meet the demand required by the consolidated orders in the distribution center. The need to improve planning arises from the increase in the paralyzations of the production lines in recent years, which has impacted the responsiveness, forcing the company to invest in payments not covered by delays in dispatch, in order to contain and meet the demand of the whole chain.

In this paper we try to determine which are the best methods and techniques of forecasting time series (better understood as having a smaller error), that allow to predict in a reliable and accurate way the units to buy, for it will be evaluated in set the two types of transfer trays used by means of statistical and mathematical methods, which will provide an analysis of the behavior of the time series throughout the periods to be evaluated (January / 2012 - December / 2016), explaining the behaviors that are acquiring as the time progresses so they can predict their future behavior.

**Key words:** Time Series, Forecast and breaks of stock.

## Introducción

Hoy en día las decisiones tomadas en el presente por las organizaciones impactaran de una u otra manera en el futuro de toda empresa. Es de vital importancia que todas las decisiones se basen en una mirada más exhaustiva del negocio, puesto que se busca disminuir la incertidumbre del mercado que afecte directamente a la compañía. En el caso de Ideal, estas decisiones implican elaborar pronósticos adecuados que sean capaces de cumplir con las necesidades de planificación de la organización, que radica en evitar los posibles quiebres de stock en los inventarios.

La planificación dentro de una compañía tiene que ser estratégica. Ésta es la base en todos los procesos financieros de las organizaciones. Es primordial para una empresa conocer su registro financiero, ya que de este modo se simplifica la forma para proyectar la gestión económica tanto de ingresos como de egresos de la forma más precisa posible.

A lo largo de toda esta planeación estratégica, es importante conocer a cabalidad el desarrollo y evolución de los pronósticos y los resultados que este proceso conlleva. Tales resultados deben presentarse de forma eficaz para ser utilizados durante la etapa de toma de decisiones, fundamentando siempre los resultados en base a una evaluación de costo beneficio.

Finalmente, en un proyecto empresarial conocer y analizar la rentabilidad del negocio es fundamental para establecer la viabilidad de este. Uno de los mejores métodos para evaluar es el valor actual neto o también conocido como VAN y la tasa interna de rentabilidad, llamada TIR. Ambos conceptos se basan en la estimación de los flujos de caja que tenga la organización, para ver si es factible invertir o no en el proyecto. Cuando el VAN es cero, implica que la TIR del flujo es igual al coste de capital utilizado para el descuento, por lo tanto, el proyecto es financieramente aceptable, puesto que es capaz de satisfacer las demandas contractuales de los suministradores de los recursos de deuda y las expectativas de los suministradores de recursos a riesgo.

# Índice

Resumen ejecutivo .....	3
Abstract .....	4
Introducción.....	5
Glosario .....	10
Lista de abreviaturas y siglas .....	9
Lista de figuras .....	11
Lista de tablas .....	13
<b>1 Marco de antecedentes .....</b>	<b>14</b>
1.1 Descripción de la empresa.....	14
1.2 Propósito de la empresa.....	14
1.3 Visión .....	14
1.4 Misión.....	14
1.5 Capacidades claves.....	15
1.6 Creencias .....	15
1.7 Organigramas .....	15
1.7.1 Organigrama Gerencial .....	15
1.7.2 Organigrama Control de Equipos.....	16
1.8 Relevancia del mercado de la industria panificadora en Chile .....	16
<b>2 Problema y metodología .....</b>	<b>18</b>
2.1 Justificación del proyecto.....	18
2.2 Análisis de situación actual .....	20
2.2.1 Evolución de paralizaciones en líneas productivas .....	20
2.3 Identificación del problema.....	22
2.4 Diagrama causa-efecto (Ishikawa).....	23
2.5 Diagrama de Pareto .....	24
2.6 Árbol de la realidad actual.....	26
2.7 Definición del problema.....	27
2.8 Objetivos de la investigación .....	28
2.8.1 Objetivo general .....	28
2.8.2 Objetivos específicos.....	28
2.9 Alcances del proyecto .....	28
2.10 Resultados esperados.....	29
2.11 Metodología de trabajo.....	29

<b>3 Marco teórico</b> .....	32
3.1 Pronósticos .....	32
3.2 Series de tiempo .....	32
3.2.1 Componentes de una serie de tiempo .....	32
3.2.2 Modelos de una serie de tiempo .....	35
3.2.3 Descomposición de una serie de tiempo .....	35
3.2.4 Promedio móvil simple .....	36
3.2.5 Promedio móvil ponderado .....	36
3.2.6 Suavización exponencial simple .....	36
3.2.7 Suavización exponencial ajustada a la tendencia: Método de Holt .....	36
3.2.8 Suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional: Método de Winters .....	37
3.2.9 Detalle de las técnicas de errores de pronósticos .....	37
3.3 Análisis de regresión simple .....	38
3.4 Metodología de Box-Jenkins .....	39
3.4.1 Modelos ARIMA .....	39
3.4.2 Modelamiento de series estacionarias .....	39
3.4.3 Modelos Autorregresivos Integrados de Promedio Móvil, ARIMA (p, d, q) .....	39
3.5 Autocorrelación para series de tiempo .....	40
3.6 Gráfica de normalidad estadístico Anderson Darling .....	40
3.7 Método de Durbin-Watson .....	41
3.8 Inventarios .....	41
3.8.1 Sistema de periodo fijo .....	41
<b>4 Análisis preliminar y preparación de los datos</b> .....	43
4.1 Datos bandejas grandes .....	43
4.2 Datos bandejas chicas .....	45
4.3 Exploración de patrones de datos con análisis de autocorrelación para bandejas grandes .....	46
4.4 Exploración de patrones de datos con análisis de autocorrelación para bandejas chicas .....	47
<b>5 Análisis de modelos y parámetros</b> .....	49
5.1 Descomposición de la serie de tiempo para bandejas grandes .....	49
5.2 Promedio móvil bandejas grandes .....	50
5.3 Promedio móvil ponderado bandejas grandes .....	51
5.4 Suavizamiento exponencial simple y doble para bandejas grandes .....	52
5.5 Suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional para bandejas grandes .....	54
5.6 Análisis de regresión lineal simple para bandejas grandes .....	56
5.7 Modelos Autorregresivos Integrados de Promedio Móvil, ARIMA .....	58
5.8 Resumen margen de error y validación de los modelos de pronósticos aplicados .....	60
5.8.1 Validación por Método de Anderson-Darling .....	61

5.8.2 Validación por Método de Durbin-Watson.....	62
5.9 Descomposición de la serie de tiempo para bandejas chicas .....	63
5.10 Promedio móvil bandejas chicas .....	64
5.11 Promedio móvil ponderado bandejas chicas .....	65
5.12 Suavizamiento exponencial simple y doble para bandejas chicas .....	66
5.13 Suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional para bandejas chicas .....	68
5.14 Análisis de regresión lineal simple para bandejas chicas .....	69
5.15 Modelos Autorregresivos Integrados de Promedio Móvil, ARIMA .....	71
5.16 Resumen margen de error con modelos de pronósticos aplicados .....	73
5.16.1 Validación por Método de Anderson-Darling .....	74
5.16.2 Validación por Método de Durbin-Watson.....	75
5.17 Modelo gestión de abastecimiento de inventario para bandejas grandes .....	76
5.18 Modelo gestión de abastecimiento de inventario para bandejas chicas .....	77
5.19 Validación modelo de gestión de abastecimiento para bandejas grandes y chicas .....	78
<b>6 Evaluación de la propuesta.....</b>	<b>79</b>
6.1 Análisis de gastos actuales .....	79
6.2 Análisis de gastos con mejora .....	79
6.3 Análisis de flujo diferencial del proyecto .....	80
<b>7 Diseño de la propuesta de mejora .....</b>	<b>81</b>
7.1 Propuesta 1 – Pronósticos .....	81
7.1.1 Capacitación del personal.....	81
7.1.2 Tiempos de capacitación .....	81
7.1.3 Proceso de adaptación .....	82
7.1.4 Seguimiento de la propuesta .....	82
7.2 Propuesta 2 – Gestión de abastecimiento de inventario.....	83
<b>8 Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>85</b>
8.1 Conclusión.....	85
8.2 Recomendaciones.....	86
Bibliografía.....	87
Anexos .....	89

## Glosario

**Coefficiente de variación:** Mide la dispersión de los datos alrededor de la media. Los valores altos indican una alta incertidumbre en el uso de la media como una aproximación del consumo mensual.

**Descomposición de series de tiempo:** Se utiliza para identificar componentes, y posteriormente unir las partes para elaborar un pronóstico.

**Diagrama de Pareto:** Sirve para reconocer los defectos que se originan con mayor frecuencia. Debe su nombre a Vilfredo Pareto y su principio de la regla 80/20.

**Estadístico Q de Ljung-Box (LBQ):** Es un estadístico de prueba que se puede utilizar para determinar si todas las autocorrelaciones hasta e incluyendo un desfase específico son iguales a cero.

**Grafica de probabilidad normal:** Esta es una técnica empleada para comparar la normalidad de una muestra de datos.

**Inventario:** Representa la existencia de bienes almacenados destinados a realizar una operación. Debe aparecer, contablemente, dentro del activo como un activo circulante.

**Modelo autorregresivo:** Es una representación de un tipo de proceso aleatorio.

**Nivel de servicio:** Representa la probabilidad esperada de no llegar a una situación de falta de existencias.

**Nivel de significancia:** Se define como la probabilidad de tomar la decisión de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es verdadera.

**Picking:** Es la preparación de un pedido y consiste en tener listo, coordinar y recoger el pedido hasta el fin de su destino con el fin de mejorar los tiempos, espacios y eficiencia en la calidad del servicio.

**Pronóstico de la demanda:** Significa estimar las ventas de un producto durante periodo futuro establecido.

**Quiebres de Stock:** Ocurre cuando un producto no es encontrado en el inventario, en tamaño, variedad y forma deseada.

## Lista de abreviaturas y siglas

**AR:** Autorregresivo

**ARIMA:** Autorregresivos integrados de promedio móvil

**ARMA:** Autorregresivas medias móviles

**BC:** Bandejas chicas

**BG:** Bandejas grandes

**BPN:** Propagación del error hacia atrás

**FIFO:** First in First Out

**MA:** Media móvil

**MAD:** Desviación media absoluta

**MAPE:** Error porcentual absoluto medio

**MPE:** Error porcentual medio

**MSD:** Desviación cuadrática media

**MSE:** Error cuadrático medio

**PM:** Promedio móvil

**PMP:** Promedio móvil ponderado

**RMSE:** Raíz cuadrada del error cuadrado medio

## Lista de figuras

Figura 1. 1 Organigrama Gerencial empresa Ideal S.A.....	15
Figura 1. 2 Organigrama Control de Equipos.....	16
Figura 1. 3 Gráfico consumo per cápita anual de pan (en kg) por país. ....	17
Figura 1. 4 Gráfico canales de comercialización de pan. ....	17
Figura 2. 1 Gráfico del aumento de movimiento de bandejas.....	18
Figura 2. 2 Tipos de bandejas Wenco S.A. ....	19
Figura 2. 3 Gráfico pérdida de bandejas por año en cantidades.....	19
Figura 2. 4 Gráfica de comparación en minutos de paralizaciones. ....	21
Figura 2. 5 Diagrama causa y efecto .....	23
Figura 2. 6 Diagrama de Pareto de los efectos en el control de bandejas (enero 2016 - enero 2017). ....	25
Figura 2. 7 Árbol de la realidad actual.....	26
Figura 2. 8 Evolución de pérdidas producto de paralizaciones en líneas productivas. ....	27
Figura 2. 9 Mapa de la ubicación de Ideal S.A.....	29
Figura 2. 10 Metodología para la propuesta de mejora. ....	30
Figura 3. 1 Gráfico de una serie con tendencia.....	33
Figura 3. 2 Gráfico de una serie con estacionalidad. ....	33
Figura 3. 3 Gráfico de una serie con componentes cíclicos.....	34
Figura 3. 4 Gráfico de una serie con variaciones irregulares o aleatorias.....	34
Figura 3. 5 Modelo de inventario para un periodo de tiempo fijo.....	42
Figura 4. 1 Gráfico serie de tiempo de unidades de bandejas grandes. ....	44
Figura 4. 2 Gráfico serie de tiempo de unidades de bandejas chicas. ....	46
Figura 4. 3 Gráfico función autocorrelación BG. ....	47
Figura 4. 4 Gráfico de la función autocorrelación BC. ....	48
Figura 5. 1 Gráfico de descomposición para datos de bandejas grandes. ....	49
Figura 5. 2 Gráfico de promedio móvil de unidades de bandejas grandes.....	50
Figura 5. 3 Gráfico PMP bandejas grandes.....	51
Figura 5. 4 Suavizamiento exponencial simple. ....	53
Figura 5. 5 Suavizamiento exponencial doble o de Holt. ....	53
Figura 5. 6 Método Winters (multiplicativo) para Bandejas Grandes. ....	55
Figura 5. 7 Método Winters (aditivo) para Bandejas Grandes.....	55
Figura 5. 8 Gráfico regresión lineal bandejas grandes. ....	57
Figura 5. 9 Diagrama de Autocorrelación para Bandejas Grandes. ....	58
Figura 5. 10 Diagrama de Autocorrelación Parcial para Bandejas Grandes. ....	59
Figura 5. 11 Gráfico probabilidad de residuos para promedio móvil ponderado.....	61
Figura 5. 12 Gráfico probabilidad de residuos para promedio móvil simple.....	62
Figura 5. 13 Evaluación por método D-W .....	63
Figura 5. 14 Gráfico de descomposición para datos de bandejas chicas. ....	63
Figura 5. 15 Gráfico de promedio móvil de unidades de bandejas chicas.....	64
Figura 5. 16 Gráfico PMP bandejas chicas. ....	65
Figura 5. 17 Suavizamiento exponencial simple. ....	67
Figura 5. 18 Suavizamiento exponencial doble o de Holt. ....	67
Figura 5. 19 Método Winters (multiplicativo) para Bandejas Chicas. ....	68
Figura 5. 20 Método Winters (aditivo) para Bandejas Chicas.....	69

Figura 5. 21 Gráfico regresión lineal bandejas chicas.....	71
Figura 5. 22 Diagrama de Autocorrelación para bandejas chicas. ....	72
Figura 5. 23 Diagrama de Autocorrelación Parcial para Bandejas Chicas. ....	72
Figura 5. 24 Gráfico de probabilidad de residuos para ARIMA. ....	74
Figura 5. 25 Gráfico de probabilidad de residuos para promedio móvil ponderado.....	75
Figura 5. 26 Evaluación método D-W .....	76
Figura 7. 1 Capacitación de Personal.....	81
Figura 7. 2 Tiempos de capacitación. ....	82
Figura 7. 3 Proceso de adaptación. ....	82
Figura 7. 4 Propuesta gestión de abastecimiento de inventario .....	83
Figura 7. 5 Planilla para control de stock de inventario parte 1.....	83
Figura 7. 6 Planilla para control de stock de inventario parte 2.....	84

## Lista de tablas

Tabla 2. 1 Comparación pérdidas por paralizaciones de la planta Quilicura. ....	22
Tabla 2. 2 Construcción Diagrama de Pareto por impacto. ....	26
Tabla 4. 1 Venta en unidades en bandejas grandes. ....	43
Tabla 4. 2 Venta en unidades en bandejas grandes por redondeo. ....	44
Tabla 4. 3 Venta en unidades en bandejas chicas. ....	45
Tabla 4. 4 Venta en unidades en bandejas grandes por redondeo. ....	45
Tabla 5. 1 Resumen margen de error. ....	50
Tabla 5. 2 Resumen margen de error PM. ....	51
Tabla 5. 3 Margen de error PMP. ....	52
Tabla 5. 4 Comparación suavizamiento exponencial simple y doble de bandejas grandes. ....	52
Tabla 5. 5 Márgenes de Error para el Método Winters. ....	54
Tabla 5. 6 Ventas de bandejas grandes. ....	56
Tabla 5. 7 Validación de los distintos modelos ARIMA para Bandejas Grandes. ....	60
Tabla 5. 8 Resumen de errores. ....	60
Tabla 5. 9 Resumen margen de error. ....	64
Tabla 5. 10 Resumen margen de error PMP. ....	65
Tabla 5. 11 Resumen margen de error PMP. ....	66
Tabla 5. 12 Comparación suavizamiento exponencial simple y doble de Bandejas Chicas. ....	66
Tabla 5. 13 Márgenes de Error para el Método Winters. ....	68
Tabla 5. 14 Datos de ventas de bandejas chicas. ....	70
Tabla 5. 15 Validación de los distintos modelos ARIMA para Bandejas Chicas. ....	73
Tabla 5. 16 Resumen de errores. ....	73
Tabla 5. 17 Relación del consumo del producto en el periodo enero a diciembre 2016. ....	76
Tabla 5. 18 Relación del consumo del producto en el periodo enero a diciembre 2016. ....	77
Tabla 5. 19 Comparación modelos de inventario. ....	78
Tabla 6. 1 Flujo de gasto operacional sin proyecto. ....	79
Tabla 6. 2 Flujo de gasto operacional con proyecto. ....	80
Tabla 6. 3 Flujo diferencial del proyecto con mejora. ....	80
Tabla 7. 1 Carta Gantt para la implementación del proyecto. ....	82

# **1 Marco de antecedentes**

## **1.1 Descripción de la empresa**

Ideal tiene sus inicios en el año 1925 en la fabricación de pan, siendo en el año 1955 cuando funda su primera planta de fabricación industrial, la cual se ubicó en la comuna de Independencia, convirtiéndose de esa manera en la panadería más grande a nivel nacional, además en el año 1967 fue la precursora en elaboración de pan envasado, en el año 1986 se junta con Cena, marca que hasta hoy conserva, formando el grupo Alesa S.A.

A partir de 1992, la propiedad de Ideal pasa al Grupo Bimbo, una de las empresas de panificación más importantes del mundo, fundada en México el año de 1945. Al traer su tecnología, el Grupo Bimbo permitió a Ideal transformarse en una de las empresas más avanzadas en su rubro a nivel sudamericano, inaugurando dos años más tarde una planta de elaboración renovada, moderna y mucho más amplia en la comuna de Quilicura, donde se incorpora la más avanzada tecnología además de una nueva y moderna flota de distribución, confirmando el compromiso con la calidad de cada uno de los productos que forman parte de las 7 marcas: Ideal, Cena, Marinela, Fuchs, Lagos del Sur, Agua de Piedra y Tía Rosa. Durante el año 2012 finalmente se implementaron las nuevas políticas que esta fusión consigo traía. Para cubrir la gran demanda de productos en todo el país, cuentan con una fuerza laboral de más de 2.000 colaboradores distribuidos en las áreas de operaciones, comercial y servicios, además de 23 agencias de ventas a lo largo de todo el país a través de las cuales se distribuyen por vía terrestre los productos al resto del país. Grupo Bimbo es la empresa de panificación más importante del mundo por posicionamiento de marca, por volumen de producción y ventas, además de ser el líder indiscutido del ramo de panificación en México, Latinoamérica y Estados Unidos. En ella trabajan más de 130.000 colaboradores distribuidos en 22 países de América, Asia y Europa (Estados Unidos, México, Canadá, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay, Venezuela, España, Reino Unido, Portugal y China). Posee 171 plantas (39 en México y 132 en el resto de los países antes mencionados), cuenta con más de 10.000 productos y más de 100 marcas de reconocido prestigio. Su red de distribución supera las 53.000 rutas.

## **1.2 Propósito de la empresa**

Construir una empresa sustentable, altamente productiva y plenamente humana.

## **1.3 Visión**

En 2020 se espera transformar la industria de la panificación y expandir su liderazgo global para servir mejor a más consumidores (Bimbo, s.f.).

## **1.4 Misión**

Alimentos deliciosos y nutritivos en las manos de todos (Bimbo, s.f.).

## 1.5 Capacidades claves

1. El compromiso de los colaboradores con la visión.
2. Marcas duraderas con significado.
3. Presencia universal con la ejecución superior.
4. Innovación ganadora en productos y procesos.
5. Cultura de mejora continua.

## 1.6 Creencias

- Valorar a la persona
- Competir y ganar
- Actuar con integridad
- Conseguir resultados

## 1.7 Organigramas

### 1.7.1 Organigrama Gerencial

La imagen muestra la gerencia general y las correspondientes por área de la empresa Ideal S.A.

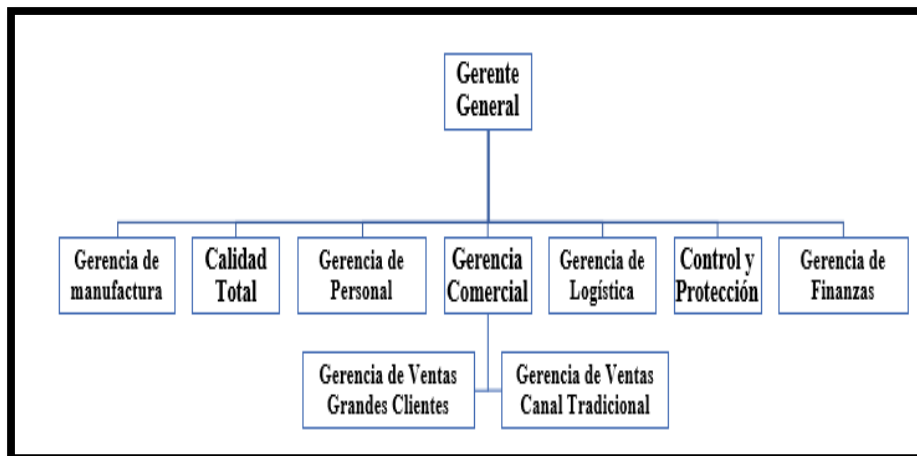
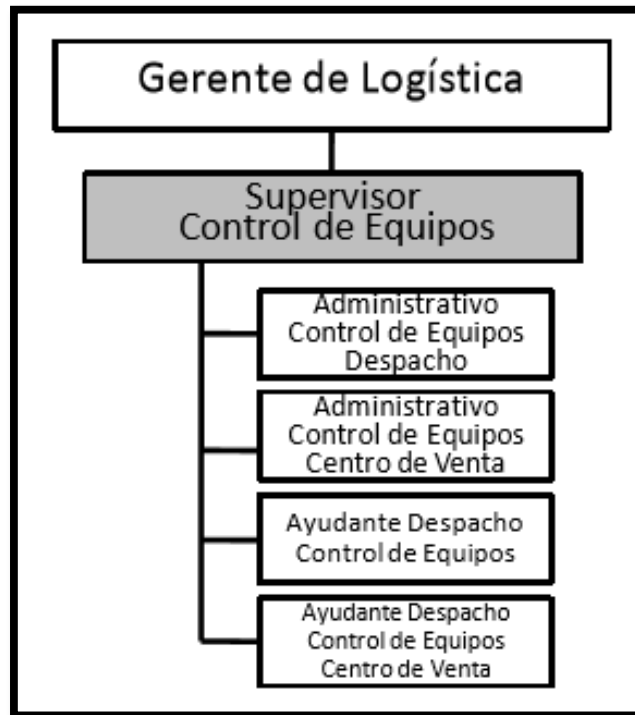


Figura 1. 1 Organigrama Gerencial empresa Ideal S.A.

Fuente: [www.ideal.cl](http://www.ideal.cl)

### 1.7.2 Organigrama Control de Equipos

La imagen muestra cómo se compone el área de control de equipos de Ideal S.A.

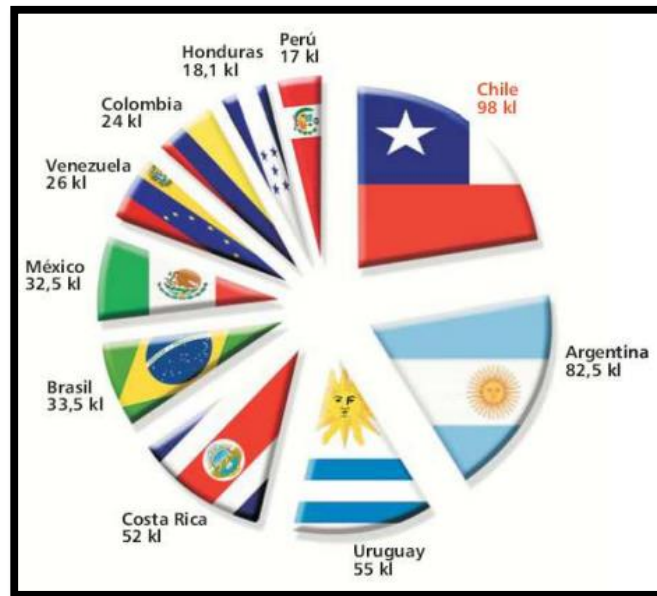


**Figura 1. 2 Organigrama Control de Equipos.**  
Fuente: [www.ideal.cl](http://www.ideal.cl)

### 1.8 Relevancia del mercado de la industria panificadora en Chile

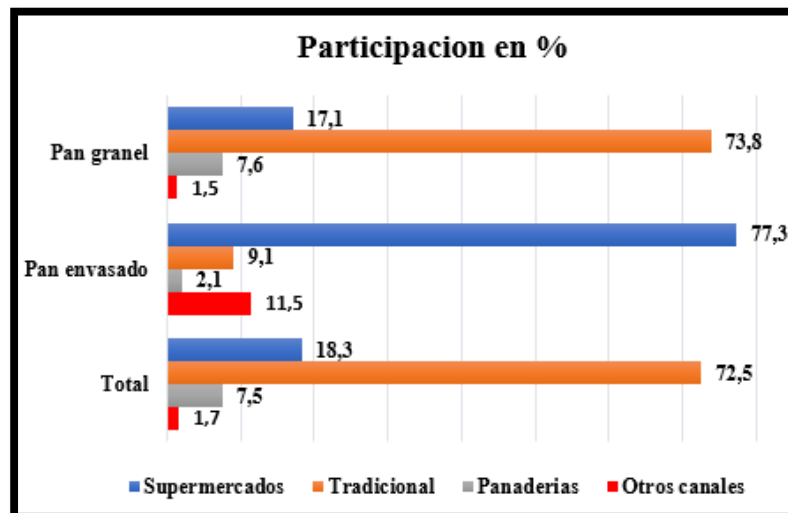
El pan contiene múltiples nutrientes, los cuales generan que sea un alimento básico en la dieta. Este ha vuelto a adquirir relevancia en el ámbito de la alimentación saludable, desterrando la idea de asociarlo al aumento de peso. En Chile, el consumo anual de pan per cápita ha crecido en los últimos años. Mientras que en 2010 cada chileno consumía 86 kg de pan al año, en 2014 el consumo subió un 10% aproximadamente, situándose en los 98 kg de pan al año. Chile es el mayor consumidor de pan a nivel latinoamericano y también uno de los mayores a nivel mundial.

Como uno de los países con mayor consumo de pan, este se ha visto aumentado en un 15% en los últimos tres años, en tanto el pan envasado que es referente la empresa lo ha hecho un 75% (Kantar, 2005).



**Figura 1. 3 Gráfico consumo per cápita anual de pan (en kg) por país.**  
Fuente: Sofo Chile.

Según el instituto Nacional de Estadística el pan corriente sigue siendo el más consumido, a pesar de que el pan envasado ha crecido en un mayor porcentaje 48%. Esto debido al hecho que este tipo de pan se ha visto variado en su elaboración, mediante la incorporación de productos más saludables, lo cual es la tendencia hoy en día. También se ha visto que el consumo del pan está directamente relacionado con el nivel de ingresos que se posee. Como se muestra en la Figura 1.4 es en los supermercados en donde se adquiere el mayor porcentaje de pan envasado, en tanto el pan corriente lo hace en el mercado tradicional.

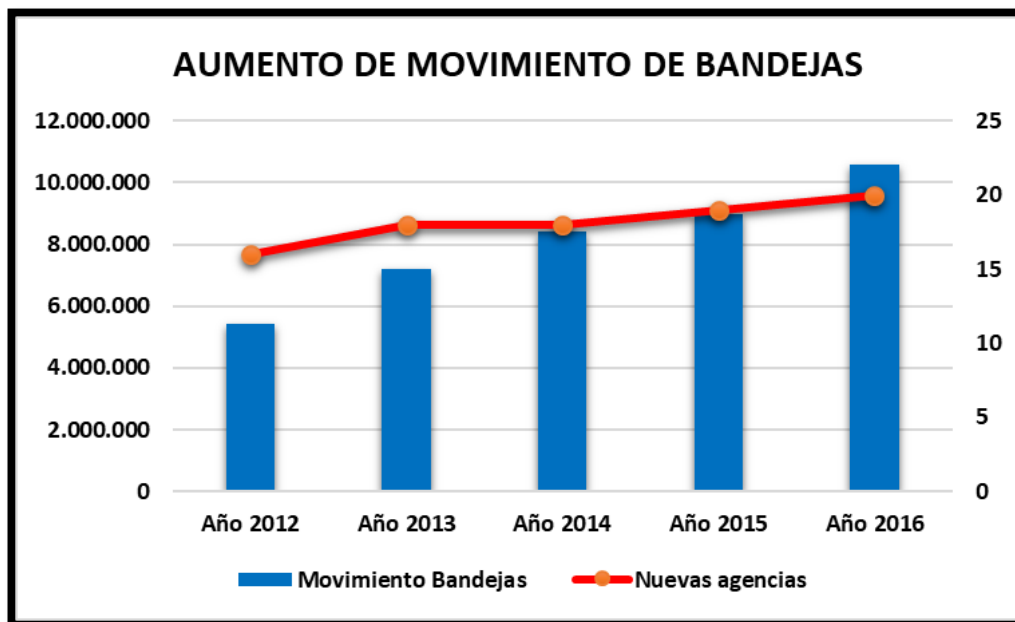


**Figura 1. 4 Gráfico canales de comercialización de pan.**  
Fuente: Elaborado por Fechipan con información de Lefersa (2014).

## 2 Problema y metodología

### 2.1 Justificación del proyecto

Ideal, empresa del rubro alimenticio dedicada a la comercialización de productos de panificación y pastelería, ha tenido un fuerte crecimiento impulsado por la fusión con Grupo Bimbo implementando sus políticas en Chile en los últimos años, donde se lanzó un intenso plan de apertura de nuevas agencias de ventas para adquirir mayores clientes, sobre todo consumidores mayoristas como lo son Burger King, Doggis, McDonald's, Juan Maestro, Tarragona, KFC, entre otros. Antes de la fusión se trasladaban 5.442.057 bandejas con productos a lo largo del país, luego de esta unión la cifra aumentó a 10.584.473 en el año 2016, lo que significó un gran cambio de ritmo, poniendo en riesgo la producción. La figura 2.1 muestra la cantidad de bandejas de traslado movilizadas producto del aumento de las agencias por año.



**Figura 2. 1 Gráfico del aumento de movimiento de bandejas.**

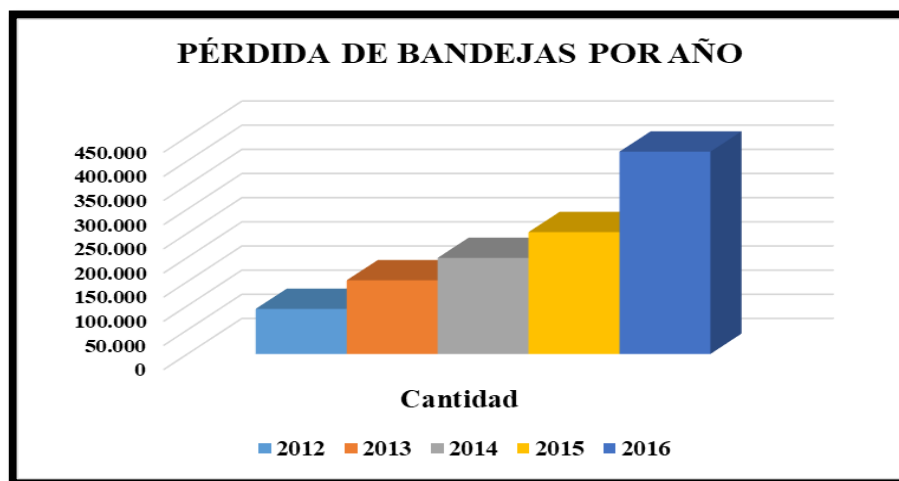
Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

Debido al aumento de la demanda, consecuencia del crecimiento de la compañía, actualmente existen costos extras por compra de bandejas de traslado adicionales para contener esta situación. El proveedor de estas bandejas es Wenco S.A., el cual entrega dos tipos de bandejas para ser ocupadas durante la producción. Cabe mencionar que el precio de la bandeja Pan Alta o también llamada bandeja grande corresponde a \$3.100 y la bandeja de Pan Baja o bandeja chica tiene un precio de \$2.800. Ambas bandejas poseen una vida útil de 4 años, pero debido al uso en Ideal, este se reduce a 2 años. La figura 2.2 muestra en detalle los tipos de bandejas utilizadas en Ideal para el traslado de producto con sus respectivas características.



**Figura 2. 2 Tipos de bandejas Wenco S.A.**  
Fuente: Presentación bandejas de Wenco S.A.

El flujo de bandejas de traslado comienza en el centro de distribución, en donde son acumuladas y son ingresadas en el sistema de inventario de la empresa, de acuerdo a la documentación física de registro de estas, una vez realizado lo anterior se llevan a la fábrica, donde se realiza el proceso de higienización, el cual involucra un lavado y secado de las bandejas, para así ser utilizadas nuevamente en el almacenamiento y traslado de los productos, es por esto que son llevadas al final de las líneas de producción para depositar los productos, en promedio se mueven alrededor de 35.000 y 40.000 bandejas diarias y para poder cumplir con esta gran demanda se han tenido que destinar recursos adicionales para la compra de emergencia de bandejas. Sólo durante el año 2016 se destinaron \$634.025.700 para compras, pero la pérdida de estas bandejas superó los MM\$1.000, principalmente por la falta de control, lo que genera un déficit para la empresa. La figura 2.3 indica la cantidad de bandejas de traslado pérdidas desde el año 2012 hasta el año 2016.



**Figura 2. 3 Gráfico pérdida de bandejas por año en cantidades.**  
Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

Cuando el producto llega desde la planta al centro de distribución, los dulces son almacenados en los racks y los productos de panadería se preparan de forma inmediata para los distintos pedidos validados de las agencias utilizando sistema FIFO<sup>1</sup>. En la zona de picking es donde se organizan los pedidos de acuerdo con las cantidades requeridas, luego pasan al área de pre embarque, donde se agrupan los pedidos de acuerdo con las zonas en donde serán trasladados. Durante estas operaciones los productos no abandonan las bandejas en ningún momento; desde que salen de las líneas de producción hasta incluso cuando llegan las devoluciones por productos vencidos y pasan al área de retorno en donde se vende este producto por kilo en bins a distintas industrias de alimentación animal y para criaderos de animales.

Una de las áreas más relevantes en la empresa es el área control de equipos, que tiene participación directa en la recepción de las bandejas, la cual es uno de los procesos con mayor responsabilidad debido a que se encarga de coordinar y calendarizar la llegada de las bandejas, revisar y verificar que cada orden de compra cumpla con lo ya establecido, y finalmente separar y disponer las bandejas de traslado para su almacenamiento según su uso en la zona de inventarios. Para realizar todas estas actividades, el área control de equipos tiene bajo su cargo a personal de bodega compuesto por 4 personas.

## **2.2 Análisis de situación actual**

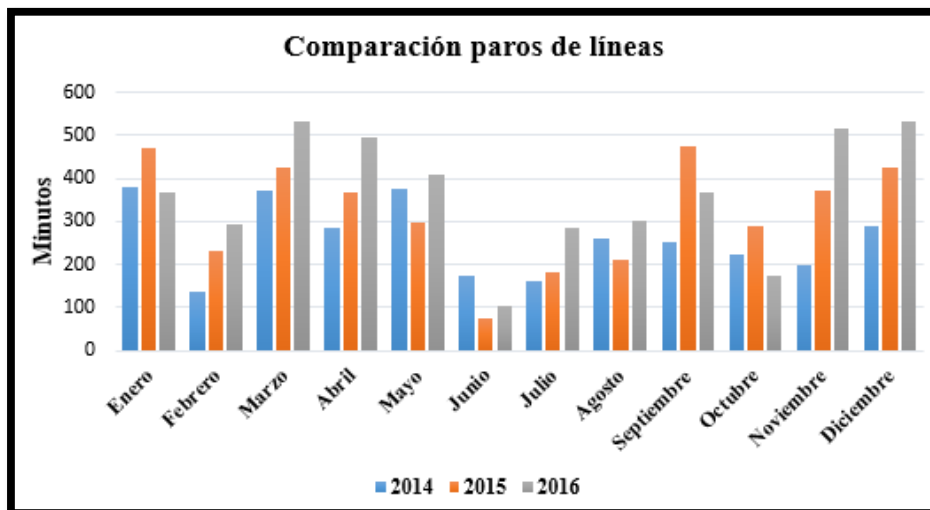
Este trabajo de título aborda la temática de la demanda de mercado y la responsabilidad y compromiso que tiene una organización con respecto a sus operaciones financieras. La empresa Ideal S.A., tiene como objetivo implementar una herramienta que le brinde una proyección de la posible demanda de bandejas de traslado y almacenamiento para un periodo específico, tomando en cuenta las condiciones futuras que rodean la situación de la compañía actualmente. Sin embargo, los esfuerzos realizados no han sido suficientes para cumplir con las expectativas de Ideal, por lo que se evalúa la actual situación, para enfocar los esfuerzos en los procesos realizados que aporten una mayor paralización en las líneas productivas, gastos relacionados por este concepto y analizar una forma de reducirlos.

### **2.2.1 Evolución de paralizaciones en líneas productivas**

Producto del aumento de las agencias de ventas a lo largo del país surgen mayores problemas, ya que implica incrementar la producción en grandes cantidades para poder abastecer a toda la cadena. Los paros en las líneas han ido en ascenso, ya que esta situación no ha sido controlada de la manera más efectiva, es por estos motivos que mediante la figura 2.4 se realiza una comparación de las detenciones en líneas desde el año 2014 hasta 2016.

---

<sup>1</sup> FIFO: El método FIFO, se basa en que aquellas mercaderías que ingresaron primero son aquellas mercaderías que deben salir primero.



**Figura 2. 4 Gráfica de comparación en minutos de paralizaciones.**  
Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

Hoy en día estas interrupciones temporales para la compañía se traducen en grandes pérdidas, ya que la elaboración de pan es lo que mayores ingresos le otorgan a Ideal. Al igual que en la mayoría de las plantas productivas se trabaja por tres turnos diarios, mañana, tarde y noche, de lunes a sábado. El hecho que se presenten estos obstáculos en todas las líneas productivas (líneas de dulces, pasteles y pan) afecta más al turno que está a cargo de la elaboración y envasado de pan, ya que a pesar de que todos los productos son con fecha de vencimiento, los pasteles y dulces pueden esperar las horas de paralización, en cambio los panes si no son retirados en los tiempos establecidos por la planta, se desechan para venta de comida animal.

Las paralizaciones se pueden dar sólo por dos motivos, falta de bandejas y por mantenimiento, ya que la falta de materia prima no es el caso. En estos tiempos muertos es donde se da el mayor ocio en los trabajadores, provocando un mayor retraso cuando se reinicia la puesta en marcha de las líneas. Tampoco se les permite realizar mantenimiento en las líneas durante estas paralizaciones, ya que siempre se desconoce el periodo que durarán, pueden ser minutos u horas.

La tabla 2.1 se realizó considerando los tres productos que más ingresos le generan a Ideal con sus respectivos precios de venta en el mercado:

- Pan de molde blanco (bolsa grande): \$1.779
- Pan de hamburguesas (bolsa 8 unidades): \$1.939
- Pastel mil hojas (agua de piedra): \$1.990

Entregándole un orden de prioridad por ventas, los cuales se muestra a continuación:

- Pan de molde blanco: 50%
- Pan de hamburguesas: 40%
- Pastel mil hojas: 10%

Para realizar los cálculos de la tabla 2.1, se tomó en consideración la venta bruta y el precio de venta neto, a este último se le aplicó un 20% de margen para obtener el precio de costo final.

Se calculó el total de unidades producidas por bandeja por cada hora, al cual se le aplicó un 70% correspondiente materia prima, mano de obra y CIF por los tres productos más vendidos; este valor fue multiplicado por las horas de paralizaciones que tuvieron las líneas productivas por cada mes; con este último valor comienzan los cálculos para las columnas 3, 4 y 5, ya que se multiplica por el orden de prioridad por ventas, posteriormente este número se multiplica por el precio de costo (columna 3), precio de venta (columna 4) y costo de oportunidad (columna 5).

**Tabla 2. 1 Comparación pérdidas por paralizaciones de la planta Quilicura.**

Meses	Horas	Perdida por falta de producción	Perdida costo de oportunidad	Perdida (margen)
ene-16	6	62.422.067	78.030.074	15.608.008
feb-16	5	50.312.868	62.893.093	12.580.225
mar-16	9	91.074.819	113.847.158	22.772.339
abr-16	8	84.764.391	105.958.871	21.194.480
may-16	7	69.755.807	87.197.542	17.441.735
jun-16	2	17.907.970	22.385.677	4.477.707
jul-16	5	48.948.451	61.187.517	12.239.066
ago-16	5	51.336.181	64.172.274	12.836.094
sept-16	6	62.422.067	78.030.074	15.608.008
oct-16	3	29.505.512	36.883.068	7.377.556
nov-16	9	88.004.881	110.009.613	22.004.732
dic-16	9	90.563.162	113.207.567	22.644.404
<b>Total anual</b>	<b>73</b>	<b>747.018.176</b>	<b>933.802.529</b>	<b>186.784.353</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

### 2.3 Identificación del problema

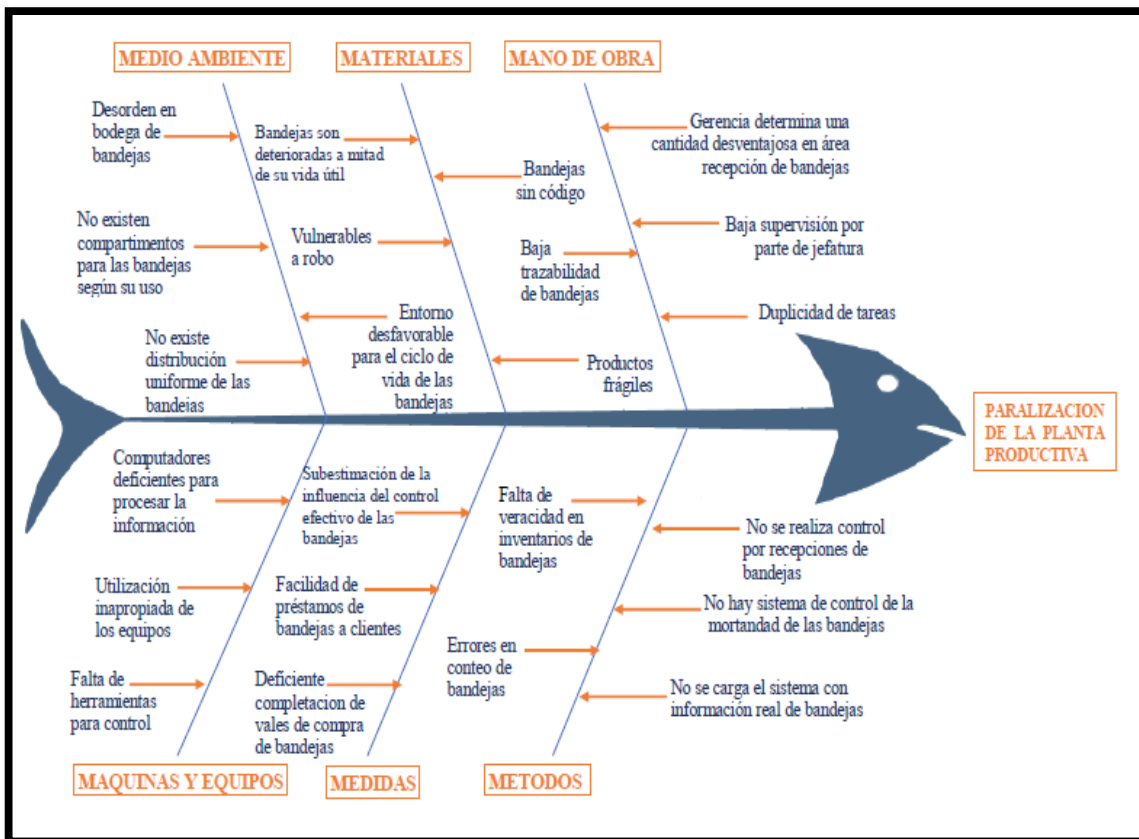
El crecimiento acelerado que ha tenido Ideal ha modificado en reiteradas ocasiones el número de bandejas de traslado para poder responder de manera adecuada a los requerimientos del negocio. A pesar de los esfuerzos realizados por el área control de equipos, el stock de bandejas establecidas para compras no es suficiente para cumplir con la demanda solicitada.

Hoy en día la falta de una herramienta que permita proyectar cuáles serán las ventas futuras de productos, hace que el área control de equipos no sea capaz de programar los pedidos de manera efectiva, lo que se traduce en quiebres de stock de bandejas, generando un grave problema, puesto que implica no hacer llegar el producto a sus clientes, incurriendo en gestiones extras por parte de las empresas que habían solicitado previamente el pedido en Ideal. En estos casos Ideal debe cubrir ese gasto monetariamente, a pesar de que tenga los

insumos necesarios para elaborar los productos solicitados. Todos estos problemas son provocados por una paralización de las líneas por déficit de bandejas. Si los productos no son retirados a tiempo de la planta, éstos deben dirigirse entonces al área de retorno lo que se traduce en pérdidas millonarias para la empresa debido a que el producto no es vendido al precio original.

## 2.4 Diagrama causa-efecto (Ishikawa)

Para un mejor entendimiento del problema se mostrarán sus posibles fuentes a través del diagrama de Ishikawa, herramienta grafica que representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan. En este caso, las causas se agruparon en seis ramas principales, como se muestra a continuación:



**Figura 2. 5 Diagrama causa y efecto**

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal

El diagrama de causa-efecto, indica que las causas de las incidencias registradas se dan principalmente por problemas de inadecuados métodos de trabajo, entre ellos se tienen desorden en bodega, falta de veracidad en inventarios, utilización inapropiada de los equipos, recepciones a confianza, falta de sistemas de control, entre otros, por otro lado, no se usan indicadores de gestión que permitan conocer las demandas futuras.

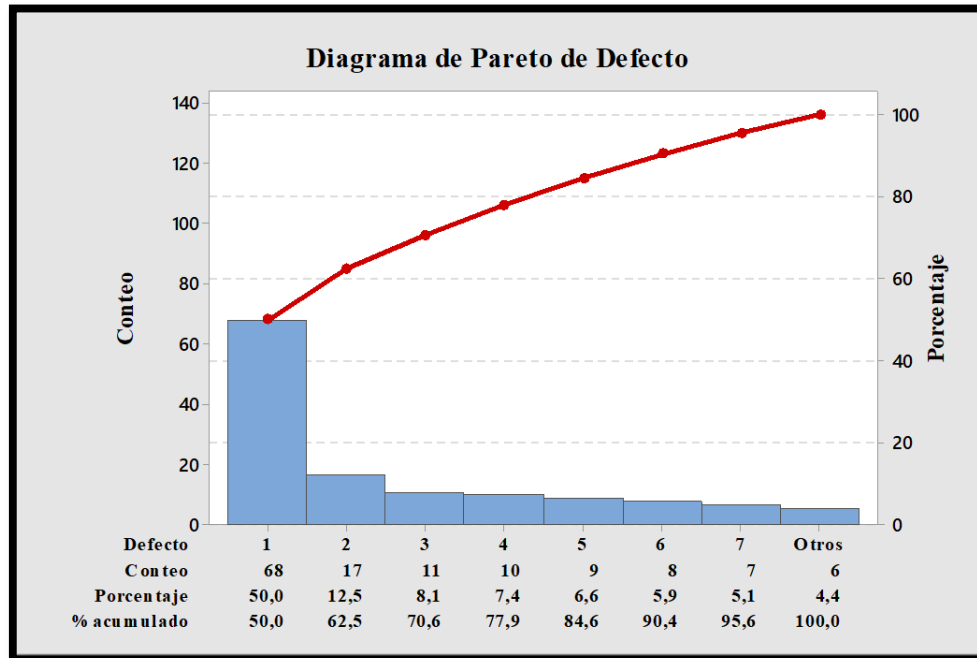
## 2.5 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una representación de tipo gráfica, que ayuda a establecer los aspectos principales a solucionar. Se considera que un pequeño porcentaje de las causas, correspondiente al 20%, originan la mayoría de los efectos, es decir un 80%. Para llevar a cabo el diagrama de Pareto, se hará una descripción de algunos de los defectos evaluados durante el periodo de enero 2016 hasta enero 2017:

- **Falta de bandejas de traslado y almacenamiento (1):** Como la empresa no posee una herramienta adecuada para conocer la cantidad de bandejas que se necesitan en cada operación, esto genera detenciones temporales en las líneas.
- **Inspección de la recepción deficiente (2):** La falta de control en los procesos de recepción de las bandejas vacías, genera que sea fehaciente lo que estipula la orden de despacho con respecto a la cantidad de bandejas que se reciben y no se proceda en una revisión de estas.
- **Error de cubicación de productos en bandejas (3):** Como se desconoce el tiempo que tomarán las detenciones en las líneas productivas, los operarios comienzan a vaciar en las bandejas más o menos productos de lo establecido para que no se produzca una aglomeración en las líneas.
- **Almacenamiento inadecuado de bandejas (4):** Una vez que las bandejas llegan al centro de distribución y pasan por el proceso de recepción, estas son derivadas a bodegas vacías sin establecer un orden de prioridad y uso para los distintos tipos de productos.
- **Baja supervisión (5):** No existe jefatura ni supervisor que verifique la recepción de bandejas en el centro de distribución por parte de la empresa Wenco S.A. ni tampoco la organización de bandejas por uso en bodegas.
- **Mal llenado de registros de bandejas (6):** Como las bandejas deben ingresar a las bodegas de la forma más expedita posible para evitar tiempos de espera en el traslado de productos, la mayoría de las veces el conteo de estas es inexacto y se desconoce la cantidad de bandejas en bodegas exactamente.
- **Control de documentación inadecuado (7):** La verificación de veracidad en los documentos de registros de bandejas se realizan sólo cuando la planta tiene paralizaciones en las líneas.
- **Mala ejecución de la actividad (8):** Entre personal interno se hacen préstamos de bandejas para otras áreas, lo que provoca que el procedimiento de conteo de bandejas sea más engorroso y más lento, ya que todas las bandejas deben para la planta productiva deben volver a su bodega original.

- **No seguir procedimientos (9):** El área gestión de equipos no sigue correctamente los procedimientos ni protocolos para el control a tiempo del conteo de bandejas.

En la figura 2.6 se muestra el diagrama de Pareto elaborado con nueve defectos, cabe mencionar que dos de estas causas están dentro del nombre “otro” por su bajo porcentaje.



**Figura 2. 6 Diagrama de Pareto de los efectos en el control de bandejas (enero 2016 - enero 2017).**

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A. - Minitab18.

En este caso el 50% de los defectos son falta de bandejas de traslado y almacenamiento y 12,5 % corresponde a la inspección de la recepción deficiente. El porcentaje acumulado de falta de bandejas de traslado y almacenamiento y la inspección de la recepción deficiente es 62,5%. Por lo tanto, la mayor mejora a todo el proceso se podría lograr resolviendo los problemas de falta de bandejas e inspección.

Para ejemplificar de una mejor forma el diagrama de Pareto, se decidió realizar un diagrama en el cual se viera reflejado el impacto económico que trae consigo cada causa o defecto. Cada caso se evaluó en conjunto con los datos proporcionados por el área control de gestión y finanzas, para establecer el impacto en pesos de las operaciones durante el año 2016 y 2017. En la tabla 2.2 se detalla el impacto por defecto.

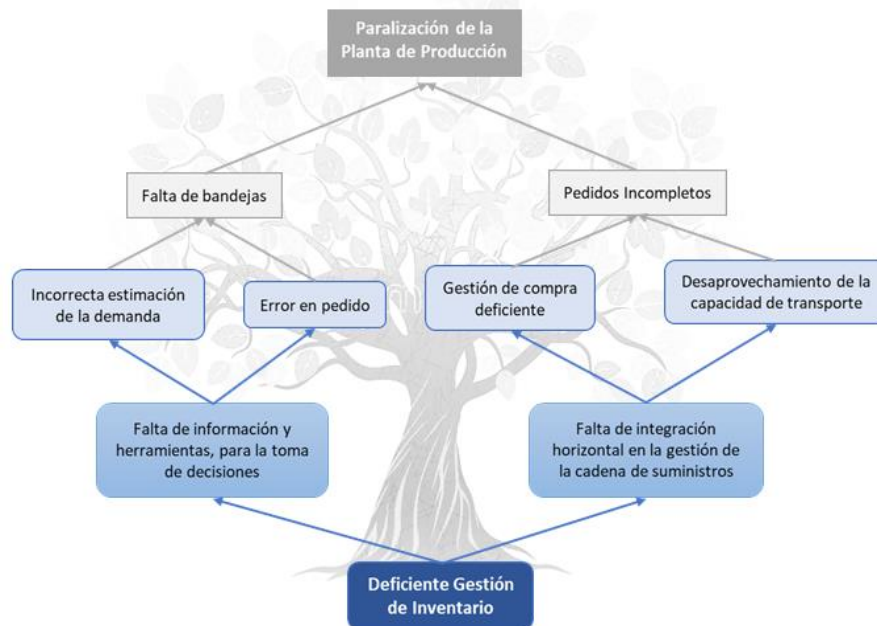
**Tabla 2. 2 Construcción Diagrama de Pareto por impacto.**

	Defecto	Conteo	Frecuencia acumulada	Impacto (\$)	Impacto (%)
1	Falta bandejas de traslado y almacenamiento	68	50%	\$ 186.784.353	64,85%
2	Inspección de la recepción deficiente	17	63%	\$ 51.567.865	17,90%
3	Error de cubicación de productos en bandejas	11	71%	\$ 36.400.846	12,64%
4	Almacenamiento inadecuado de bandejas	10	78%	\$ 6.639.376	2,31%
5	Baja supervisión	9	85%	\$ 4.229.031	1,47%
6	Mal llenado de registros de bandejas	8	90%	\$ 1.628.629	0,57%
7	Control de documentación inadecuado	7	96%	\$ 583.158	0,20%
8	Mala ejecución de la actividad	4	99%	\$ 132.255	0,05%
9	No seguir procedimientos	2	100%	\$ 74.511	0,03%

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

## 2.6 Árbol de la realidad actual

Para el desarrollo del árbol de realidad actual (ARA) de la empresa Ideal, se precisó en identificar la causa raíz, de la cual se desprende las causas consiguientes y los efectos indeseables de estas, que conllevan al problema que se aborda en este trabajo de título, mediante esta herramienta se pretende llegar y conocer el problema raíz que aqueja a la compañía. El ARA se presenta en la Figura 2.8, donde los cuadros azules representan las causas y los grises los efectos indeseados (EFI).

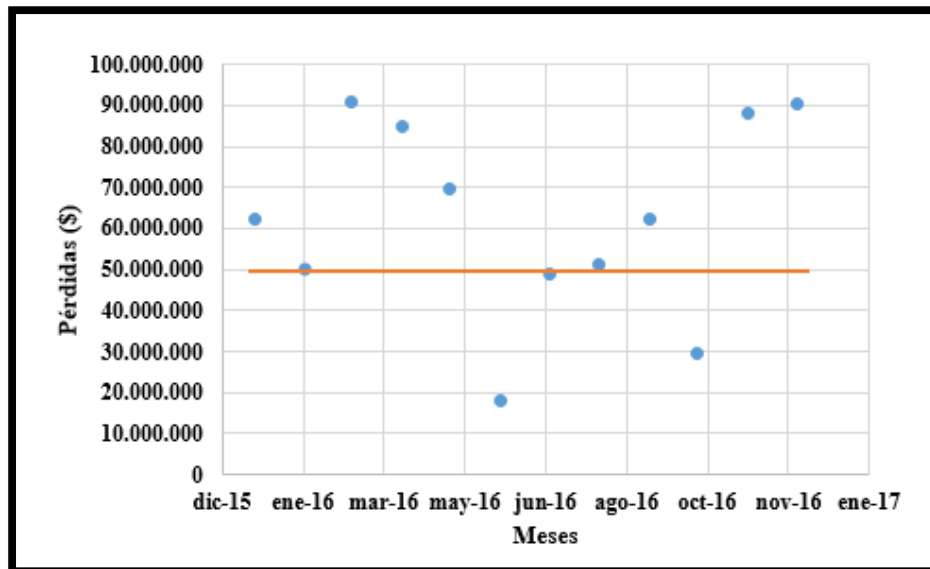
**Figura 2. 7 Árbol de la realidad actual.**

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

Mediante las relaciones causa-efecto establecida entre los efectos indeseados seleccionados, se pudo confeccionar el ARA. Como principal resultado de este análisis, se pudo identificar que la causa que conlleva al problema es una deficiencia en la gestión de inventario (planificación de la demanda, control de equipos) y que cualquier esfuerzo de mejora en los procesos de la cadena de suministros para este producto resulte escaso, esto conlleva a ver limitada la capacidad de producción de la empresa, la posibilidad de mejorar constantemente y de crecer aún más.

## 2.7 Definición del problema

Las paralizaciones en las líneas productivas por quiebres de stock de los productos críticos han aumentado casi tres veces desde el año 2012 por la fusión con Bimbo. Las detenciones en ese entonces presentaban un rango de 17 hasta 22 horas por año, muy diferente a la cantidad actual, la que para el año 2016 fue de 73 horas sin contemplar las 10 horas anuales por protocolos de mantención. Esta situación conlleva a un gasto extra para la empresa de un 25%, con el objetivo de cumplir con la demanda que se requiere, a través de horas extraordinarias que deben realizar los empleados o contratación de servicios externos. Según estimaciones de Ideal, por cada hora de paralización, la empresa pierde por falta de producción alrededor de \$9.000.000. Esta situación es de suma importancia, puesto que se evidencia una tendencia al alza en las paralizaciones en el período evaluado (diciembre 2015 – enero 2017). El gran aumento de estas detenciones temporales que se generan en la empresa se gráfica en la figura 2.9, en donde queda de manifiesto la evolución de las pérdidas a lo largo de los años.



**Figura 2. 8 Evolución de pérdidas producto de paralizaciones en líneas productivas.**  
Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

Existe una necesidad de la empresa Ideal por tratar de reducir tales interrupciones temporales producidas por una falta de una herramienta capaz de conocer el número exacto de bandejas de traslado que se necesitan para no paralizar la producción y así como también saber el fin de su ciclo. Es de vital importancia Para ello, un primer paso es conocer cuáles son los beneficios que los pronósticos aportan, y qué tan relevante es cada uno de ellos. De esta forma, será posible enfocarse en aquellos aspectos más importantes, logrando una mayor eficiencia en la asignación de tiempo y recursos monetarios.

El problema por definir es un modelo de adquisiciones de bandejas para asegurar que ese no sea un factor de paralización de la planta. Además, constituye una herramienta nueva para la empresa, ya que actualmente las decisiones de compra se toman básicamente utilizando el método de juicio bien informado, por lo cual este trabajo entrega una visión estadística respecto de las decisiones de compra para alcanzar la futura demanda de los clientes.

## **2.8 Objetivos de la investigación**

### **2.8.1 Objetivo general**

Diseñar el proceso de abastecimiento de bandejas para el centro de distribución Ideal.

### **2.8.2 Objetivos específicos**

- Analizar el comportamiento de la demanda de los productos críticos del centro de distribución Ideal S.A.
- Determinar el modelo de predicción de la demanda para los productos críticos.
- Diseñar un modelo de gestión de inventario.

## **2.9 Alcances del proyecto**

El problema de esta investigación está enfocado para el sector panificador y pastelero en general, puesto que se pretende determinar un modelo de pronóstico que sea capaz de integrar las variables exógenas que interactúan en el mercado, pero se analizará el caso puntual de la empresa líder en Chile y en el mundo, como es Ideal S.A., específicamente el área control de equipos, la cual es responsable de compras de bandejas, dollys y pallets y de llevar un correcto control del uso y manejo de estos equipos. El uso de pronósticos constituirá algo nuevo para la empresa, debido a que las decisiones para determinar la demanda futura se deciden por métodos de un juicio intuitivo y subjetivo por parte de los gerentes de productos. Los alcances de este proyecto se basan en otorgar una herramienta a la empresa la cual sea capaz de establecer las cantidades exactas de bandejas a comprar en periodos determinados por el modelo de abastecimiento. Por supuesto que cada etapa está sujeta a ciertas limitaciones. Dentro de las limitaciones que presenta la ejecución del modelo de predicción y abastecimiento, se encuentra:

- El acceso a la información estará limitada a los tiempos de respuesta de Ideal.
- Costos a los cuales se tenga que incurrir de forma puntual o permanente en la ejecución del modelo.
- Tiempo que se demore en emplear la totalidad de procesos establecidos para lograr la implementación del modelo predictivo.
- Aceptación de los propios empleados al cambio.

La figura 2.10 muestra las instalaciones y ubicación de la empresa mediante imágenes de Google Earth.



**Figura 2. 9 Mapa de la ubicación de Ideal S.A.**

Fuente: Google Earth.

## 2.10 Resultados esperados

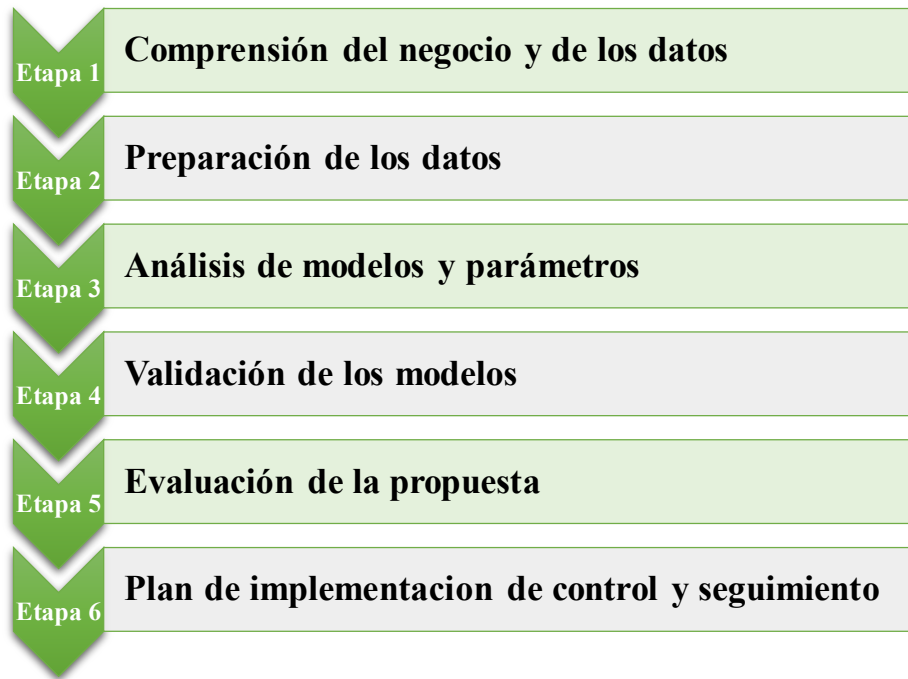
Dentro de los resultados que se espera obtener al final de este proyecto de título son:

- Determinar el modelo de pronóstico con el mejor ajuste, capaz de predecir con una mayor exactitud que los métodos de juicio de información intuitivo que son utilizados actualmente.
- Determinar un modelo de abastecimiento de inventario acorde a los productos críticos.
- Lograr que el área control de equipos obtenga una herramienta que ayude a la toma de decisiones por parte de las gerencias de productos y negocio.
- Disminuir la totalidad de paralizaciones de las líneas productivas por falta de bandejas.
- Disminuir los costos en al menos un 70 % por pagos de pedidos a destiempo.

## 2.11 Metodología de trabajo

Para todo individuo mantener el conocimiento que reside de manera implícito en las distintas fuentes de datos es lo más importante para establecer una metodología. Lo que se busca con el método presentado a continuación es la obtención de conocimiento procesable, abordar la solución a problemas de tipo predictivos, y gracias a estos resultados se puede

contribuir con la toma de decisiones de gestión. El desarrollo de esta metodología está constituido por seis etapas, las cuales se mencionarán a continuación:



**Figura 2. 10 Metodología para la propuesta de mejora.**  
Fuente: Elaboración propia.

- **Etapa 1 Comprensión del negocio y de los datos:** La primera etapa tiene como misión principal identificar los principales productos críticos, el comportamiento que tienen a través de la demanda, analizar sus tendencias, sus componentes, entre otros. Para realizar esta fase se debe realizar una recolección inicial de los datos, los cuales deben ser fidedignos y precisos, esto abrirá paso al primer contacto con el problema, así como también la descripción, exploración y verificación de calidad de los datos. Gracias a esta fase se podrán comenzar a evaluar las primeras hipótesis.
- **Etapa 2 Preparación de los datos:** En la fase número 2 se subdivide en dos partes; en la primera se deben separar y limpiar los valores atípicos y nulos, así como también preparar la información para aplicar las técnicas que mejor se adapten a los datos, mientras que en la segunda parte se deben realizar las gráficas de series de tiempos de las unidades de bandejas grandes y chicas para comprender los patrones que presentan cada una de ellas, de esta forma podemos conocer el factor de autocorrelación en los datos.
- **Etapa 3 Análisis de modelos y parámetros:** Después de realizar el estudio preliminar de los datos, se está en condiciones de realizar un análisis mediante las herramientas estadísticas. Se realizará el cálculo de los diversos pronósticos (definidos en marco teórico) para verificar y comparar el mejor modelo según los datos de bandejas grandes

y chicas. Además de acuerdo con la información obtenida se especificará el modelo de abastecimiento de inventario que mejor se ajuste a los datos, considerando al coeficiente de variación y si es necesario un stock de inventario o no.

- **Etapa 4 Validación de los modelos:** Una de las etapas más importantes es la validación de los modelos propuestos. Este es un proceso de revisión y medición del impacto en cada uno de los productos críticos, evaluando cómo estos pudieron cambiar la situación inicial de la empresa en cuanto a su costo de inventario final. En esta etapa se deben realizar tablas comparativas con los valores obtenidos de los pronósticos evaluados y además escoger los que hayan obtenido el menor error, validarlos mediante los modelos de Anderson Darling y Durbin Watson. Al validar los modelos con dos indicadores, nos entregará una mayor certeza para la cantidad de bandejas necesarias para evitar las paralizaciones en las líneas productivas; lo mismo ocurre con el caso del modelo de abastecimiento, al conocer los periodos exactos para solicitar una nueva carga de bandejas generará grandes reducciones en las detenciones temporales.
- **Etapa 5 Evaluación de la propuesta:** En esta etapa se verifica la viabilidad económica que presentan los modelos de proyección y de gestión de abastecimiento, con el fin de analizar las ventajas de este proyecto y los recursos económicos que sean necesarios para su implementación. Esto se medirá mediante un flujo costo/beneficio mediante las herramientas de Excel, VAN y TIR.
- **Etapa 6 Plan de implementación de control y seguimiento:** En la última etapa se crea el plan de implantación, el cual contempla un plan de vigilancia y mantenimiento para lograr la producción final y la futura revisión del proyecto. Con este plan de control se puede verificar cada una de las etapas, como por ejemplo dificultad en la implementación, plazos, impactos y seguimiento de la propuesta.

## 3 Marco teórico

El ser humano a lo largo de los años ha intentado presagiar hechos que intervengan directamente en su forma de existir y también en su entorno. Mientras estas técnicas de predicción se han ido perfeccionado a través del tiempo, le han permitido establecer un pronóstico que le sirva para resolver con mayor seguridad sobre problemas críticos de su interés.

Existen tanto razones externas como internas en la organización que pueden afectar directamente a la compañía, como por ejemplo falta de dedicación al realizar el proceso, temas macroeconómicos o simplemente desconocimiento del tema. Hoy en día es de vital importancia contar con herramientas que pronostiquen los sucesos del negocio, si se realiza correctamente, el pronóstico puede llegar a lograrse con un gran nivel de precisión. Para esto, se requiere de una técnica o método preciso. Debido a estas razones es vital contar con un marco metodológico para el proceso de elaboración de pronósticos dentro de un ámbito empresarial.

### 3.1 Pronósticos

Los métodos de pronósticos son distintas técnicas matemáticas y estadísticas que permiten realizar una estimación de lo que sucederá en el futuro en un periodo de tiempo determinado, como pueden ser las ventas esperadas de un producto o una serie de productos el año siguiente. En este proyecto se utilizarán métodos de pronósticos cuantitativos, los cuales se describirán a continuación.

### 3.2 Series de tiempo

Se llama series de tiempo a un conjunto de observaciones sobre valores que toma una variable en diferentes momentos del tiempo. Los datos se pueden comportar de diferentes formas a través del tiempo, puede que se presente una tendencia, un ciclo; no tener una forma definida o aleatoria, variaciones estacionales (anual, semestral, etc.) (Hurtado, 2017).

#### 3.2.1 Componentes de una serie de tiempo

1. **Tendencia:** Es la conducta a largo plazo de la variable durante un periodo de longitud prolongada (Webster, 2001). En el grafico 3.1 se muestra un ejemplo de una tendencia de ventas donde se aprecian aumentos y descensos.

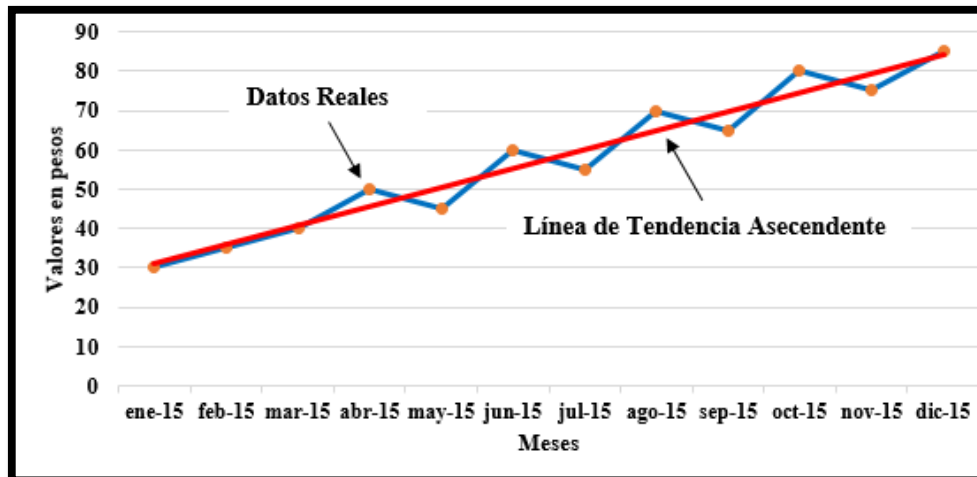


Figura 3. 1 Gráfico de una serie con tendencia.

Fuente: Elaboración propia.

2. **Componente estacional:** La variación estacional se refiere a un patrón de cambio más o menos estable que aparece actualmente y se repite año tras año (Hanke, 2010). Como se puede observar en la figura 3.2, el consumo de electricidad es mayor en el primer trimestre de cada año.

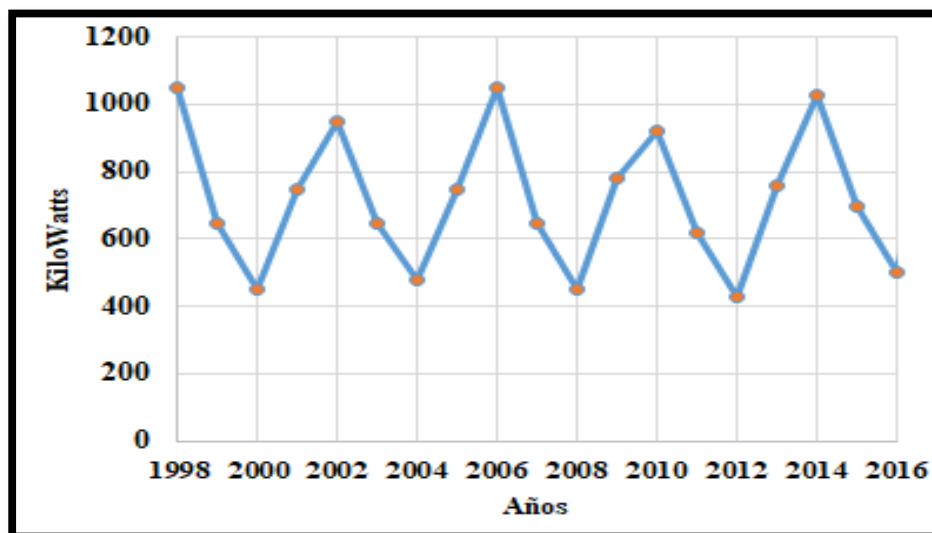


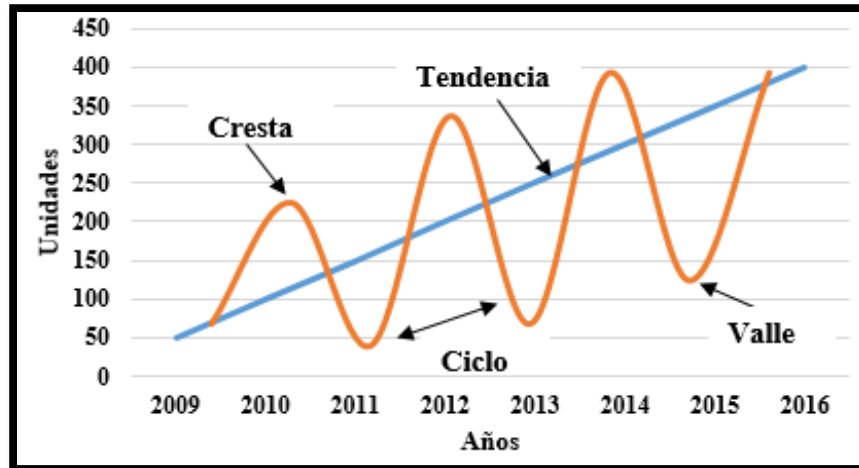
Figura 3. 2 Gráfico de una serie con estacionalidad.

Fuente: Elaboración propia.

3. **Componente Cíclico:** Es una serie de fluctuaciones en forma de onda o ciclos de más de un año de duración (Hanke, 2010). En la figura 3.3 se ejemplifica una serie con variaciones cíclicas.

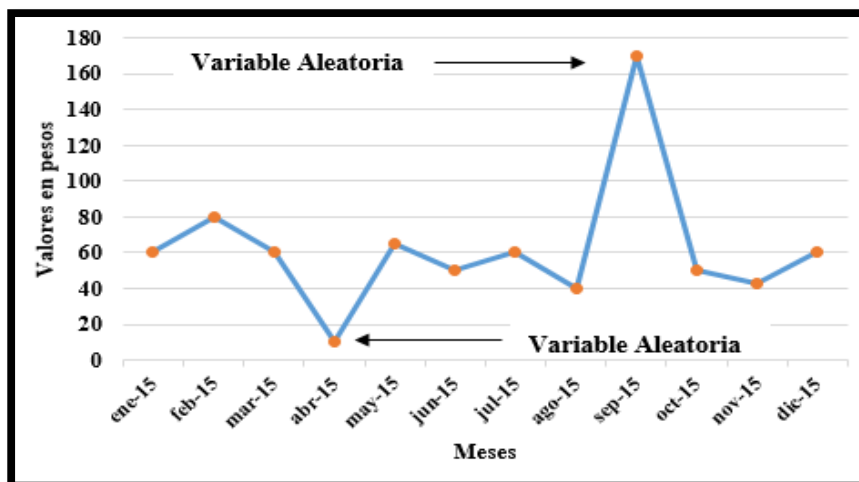
**Un ciclo contiene 4 fases:**

- Expansión o alza
- Cresta, que es el punto más alto del ciclo.
- Contracción o descenso.
- Valle, es el punto más bajo del ciclo.



**Figura 3. 3 Gráfico de una serie con componentes cíclicos.**  
Fuente: Elaboración propia.

4. **Variaciones irregulares:** Este componente representa a todos los tipos de movimientos de una serie de tiempo que no son tendencia, variaciones estacionales ni fluctuaciones cíclicas. En la figura 3.4 se muestra un ejemplo de una gráfica con fluctuaciones que no se repiten y se producen solo en un instante dado.



**Figura 3. 4 Gráfico de una serie con variaciones irregulares o aleatorias.**  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2 Modelos de una serie de tiempo

Éste modelo está compuesto de la adición de sus cuatro componentes, en donde  $Y(t)$  es el valor de la serie de tiempo para el periodo  $t$ , y la tendencia son los valores de la derecha, la variación estacional, la variación cíclica, y la variación aleatoria o irregular.

$$\text{Modelo aditivo: } Y(t) = T(t) + S(t) + C(t) + I(t) \quad (1)$$

Este modelo está compuesto por la multiplicación de sus cuatro componentes, en donde solo  $T(t)$  se presenta en unidades originales, y  $S$ ,  $C$ , e  $I$  se expresan en términos de porcentajes.

$$\text{Modelo Multiplicativo: } Y(t) = T(t) \times S(t) \times C(t) \times I(t) \quad (2)$$

### 3.2.3 Descomposición de una serie de tiempo

La descomposición de una serie de tiempo es la siguiente:

$$y(t) = (a + bt) [f(t)] + e \quad (3)$$

Donde,

- $y(t)$ : Demanda durante el período  $t$
- $a$ : Nivel
- $b$ : Tendencia
- $f(t)$ : Factor de estacionalidad (multiplicativo)
- $e$ : Error aleatorio

Los pasos para la descomposición de la serie de tiempo se presentan a continuación:

- A. **Aislamiento de la componente estacional:** Como primer paso se debe considerar en la división del promedio móvil los periodos totales en que se están trabajando los datos.
- B. **Calcular el promedio móvil centrado:** Es el promedio de los dos últimos periodos que se calcularon después de aplicar el promedio móvil total, esto se realiza para eliminar los movimientos estacionales recurrentes.
- C. **Calcular la razón por promedio móvil:** Es la división de los datos de la serie de tiempo por el promedio móvil centrado.
- D. **Calcular la razón de normalización:** Es la división de los periodos a evaluar, por el promedio de la razón por promedio móvil.
- E. **Obtener el índice estacional:** Se obtiene de multiplicar la razón por promedio móvil por la razón de normalización. La fórmula se muestra a continuación:

### 3.2.4 Promedio móvil simple

Un promedio móvil (PM) tendrá el efecto de “suavizamiento” de los datos, produciendo un movimiento con menos crestas y valles.

### 3.2.5 Promedio móvil ponderado

Mientras que el promedio móvil simple da igual importancia a cada uno de los componentes de la base de datos del promedio móvil, un promedio móvil ponderado (PMP) permite asignar cualquier importancia a cada elemento, siempre y cuando la suma de todas las ponderaciones sea igual a uno (Richard B. Chase, 2009).

### 3.2.6 Suavización exponencial simple

La observación más reciente recibe el peso más grande, en donde  $\alpha$  es un número entre 0 y 1 (Hanke, 2010). Si  $\alpha$  es cercano a 1, tendrá mayor ponderación el valor original, pero si  $\alpha$  se acerca a 1/2, se deben ponderar la serie promediada y la original de forma moderada, y si  $\alpha$  es cercano a cero, la serie suavizada pondera más fuertemente el valor suavizado inmediatamente al dato anterior, por lo que el suavizado es mayor. La ecuación de suavización exponencial es la siguiente:

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha)\hat{y}_t \quad (4)$$

Donde,

- $\hat{y}_{t+1}$ : Nuevo valor suavizado o el valor del pronóstico para el siguiente periodo.
- $\alpha$ : Constante de suavización.
- $y_t$ : Nueva observación o el valor real de la serie en el periodo t.
- $\hat{y}_t$ : Ultimo valor suavizado o el pronóstico del periodo t.

### 3.2.7 Suavización exponencial ajustada a la tendencia: Método de Holt

La técnica de Holt suaviza directamente el nivel y la pendiente usando diferentes constantes de suavización para cada uno. Estas constantes de suavización proporcionan estimados del nivel y la pendiente que se adaptan en el tiempo conforme se dispone de nuevas observaciones (Hanke, 2010). Las tres ecuaciones usadas en el método de Holt son:

1. La serie suavizada exponencialmente o nivel actual estimado:

$$L_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5)$$

2. El estimado de la tendencia:

$$T_t = \beta(L_t + L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (6)$$

3. El pronóstico para los p periodos del futuro:

$$\hat{y}_{t+p} = (L_t + pT_t) \quad (7)$$

### 3.2.8 Suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional: Método de Winters

En el método de Winters, se emplea una ecuación adicional para estimar la estacionalidad, dicha estimación está dada por un índice estacional (Hanke, 2010). Las cuatro ecuaciones usadas en la suavización (multiplicativa) de Winters son:

1. Series suavizadas exponencialmente o nivel estimado:

$$L_t = \alpha \frac{y_t}{s_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (8)$$

2. Formula del estimado de la tendencia:

$$T_t = \beta(L_{t-1} + T_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (9)$$

3. Formula del estimado de la estacionalidad:

$$s_t = \delta \frac{y_\tau}{L_\tau} + (1 - \delta)s_{t-s} \quad (10)$$

4. Pronósticos del periodo p en el futuro:

$$\hat{y}_{t+p} = (L_t + pT_t)S_{t-1+p} \quad (11)$$

### 3.2.9 Detalle de las técnicas de errores de pronósticos

Existen muchos métodos con el objetivo de reducir los errores que se generan por un modelo de pronósticos. A continuación, se presentarán una serie de errores los cuales serán utilizados en los modelos que serán evaluados.

La desviación media absoluta (MAD) mide la exactitud del pronóstico, promediando los valores absolutos de los errores del pronóstico. MAD está en las mismas unidades que la serie original (Hanke). La ecuación número 14 muestra cómo se calcula la MAD:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t| \quad (12)$$

El error cuadrático medio (MSE) es otro método para evaluar una técnica de elaboración de pronósticos. Cada error o residuo se eleva al cuadrado; luego estos se suman

y se dividen entre el número de observaciones (Hanke, 2010). El MSE está dado por la siguiente ecuación:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{\tau=1}^n (y_t - \hat{y}_\tau)^2 \quad (13)$$

A veces es más sutil calcular los errores del pronóstico en términos de porcentajes en vez de cantidades. El error porcentual absoluto medio (MAPE) se calcula obteniendo el error absoluto de cada periodo, dividiendo este entre el valor real observado en ese periodo y promediando estos errores porcentuales absolutos. El resultado final se multiplica después por 100 y se expresa como porcentaje (Hanke). La ecuación número 16 muestra cómo se calcula el MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{|y_t|} \quad (14)$$

La decisión para escoger y usar una técnica de pronósticos particular se fundamenta en una primera parte en la determinación la técnica, ya que ésta debe producir errores en el pronóstico que se consideren lo suficientemente pequeños de manera consistente.

### 3.3 Análisis de regresión simple

Puede definirse la regresión como una relación funcional entre dos o más variables correlacionadas. Por lo general, la relación se desarrolla a partir de datos observados. Primero es necesario graficar los datos para ver si aparecen lineales o si por lo menos partes de los datos son lineales (Richard B. Chase, 2009).

$$\text{La recta de la regresión lineal tiene la forma: } y = a + bx \quad (15)$$

Donde:

- **y:** Es el valor de la variable dependiente que se despeja
- **a:** Es la secante en y
- **b:** Es la pendiente
- **x:** Es la variable independiente (en el análisis de serie de tiempo, las X son las unidades de tiempo)

Ya determinados a y b, en el método de mínimos cuadrados, las ecuaciones para a y b son:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (16)$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\cdot\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (17)$$

El error estándar del estimado, o la forma en que la recta se adapta a los datos, es

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n-2}} \quad (18)$$

### 3.4 Metodología de Box-Jenkins

La metodología de Box-Jenkins es una de las metodologías más populares conocida por su generalidad, debido a que permite trabajar con series de tipo no estacionarias como las estacionarias. Las etapas de la metodología de Box-Jenkins son:

1. Comprobar la estacionariedad de la serie. Si ésta no es estacionaria, diferenciarla hasta alcanzar estacionariedad.
2. Identificar un modelo tentativo.
3. Estimar el modelo
4. Verificar el diagnóstico
5. Usar el modelo para pronosticar (Hurtado, 2017).

#### 3.4.1 Modelos ARIMA

Las técnicas más rigurosas para la predicción univariante son las denominadas técnicas o modelos Box-Jenkins, o más concretamente modelos ARIMA, pues las técnicas Box-Jenkins constituyen un conjunto más amplio, dentro del cual los modelos ARIMA univariantes son sólo una parte (Hurtado).

#### 3.4.2 Modelamiento de series estacionarias

Box y Jenkins elaboraron modelos estadísticos que toman en consideración la dependencia que existe entre los datos. Cada observación en un momento dado es modelada en función de los valores anteriores. Se modela a través de ARIMA (Autorregresive Integrate Moving Average).

#### 3.4.3 Modelos Autorregresivos Integrados de Promedio Móvil, ARIMA (p, d, q)

Las series no estacionarias se pueden subdividir en series no estacionarias de tipo homogéneas, las cuales tienen por característica principal que al ser diferenciadas se convierten en series estacionarias. A modo de ejemplo se presenta la serie  $y_t$ , la cual es una serie no estacionaria homogénea de orden  $d$ , si  $w_t = \Delta^d y_t$  es estacionaria, donde:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} \quad (19)$$

Si luego de diferenciar la serie  $y_t$  una o más veces se logra obtener una serie estacionaria  $w_t$ , y tal serie sigue a un modelo ARMA (p, q), se dice que  $y_t$  obedece a un modelo ARIMA (p,

d, q). Para reconocer correctamente un proceso ARIMA se hace necesario realizar los siguientes pasos:

1. Establecer el grado el orden o grado de integración de la serie.
2. Establecer en el modelo las componentes en orden de promedio móvil y autorregresivas.
3. Evaluar y ajustar los modelos construidos.

### 3.5 Autocorrelación para series de tiempo

Los modelos de datos que contienen a los elementos de una serie de tiempo, tales como tendencia y estacionalidad logran analizarse empleando autocorrelaciones. La ecuación 24 es la fórmula para calcular  $r_k$ , el cual es el factor de autocorrelación ( $r_k$ ) entre las observaciones  $y_t$  e  $y_{t-k}$ , que se encuentran a  $k$  periodos de distancia.

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (20)$$

### 3.6 Gráfica de normalidad estadístico Anderson Darling

Para realizar una gráfica de normalidad basada en el estadístico de Anderson-Darling es necesario conocer los siguientes conceptos:

La **media**: La media se calcula como el promedio de los datos, que es la suma de todas las observaciones dividida entre el número de observaciones (Soporte de Minitab 18, s.f.).

**N**: Por lo general, con un tamaño de muestra más grande, la prueba tiene más potencia para detectar una diferencia entre los datos de la muestra y la distribución normal (Soporte de Minitab 18, s.f.).

La **desviación estándar**: Una mayor desviación estándar de la muestra indica que los datos están más dispersos alrededor de la media (Soporte de Minitab 18, s.f.).

**AD**: El estadístico de bondad de ajuste de Anderson-Darling (AD) mide el área entre la línea ajustada (basada en la distribución normal) y la función de distribución empírica (que se basa en los puntos de los datos) (Soporte de Minitab 18, s.f.).

El **valor p**: Es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula. Un valor  $p$  más pequeño proporciona una evidencia más fuerte en contra de la hipótesis nula (Soporte de Minitab 18, s.f.).

- **Valor  $p \leq \alpha$ : Los datos no siguen una distribución normal (Rechaza  $H_0$ )**

Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal (Soporte de Minitab 18, s.f.).

- **Valor  $p > \alpha$ : Usted no puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (No puede rechazar  $H_0$ )**

Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Usted no tiene suficiente evidencia para concluir que los datos no siguen una distribución normal (Soporte de Minitab 18, s.f.).

### 3.7 Método de Durbin-Watson

El Método estadístico de Durbin-Watson es una prueba para evaluar si existe autocorrelación en una regresión lineal, ya sea esta simple o múltiple, con esto se demuestra si los valores presentan algún tipo de dependencia en cuanto al orden de obtención, sea este el caso, se estaría incumpliendo una de las condiciones del modelo y cuando se incumplen las condiciones (normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia de los datos) las estimaciones de los parámetros del modelo (los coeficientes) no tienen los criterios de calidad que deben poseer.

$$H_0: \rho = 0 \quad (21)$$

$$H_1: \rho \neq 0 \quad (22)$$

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (23)$$

Los cuales permiten buscar  $d_L$  y  $d_U$  en la Tabla de Valores críticos del estadístico Durbin-Watson

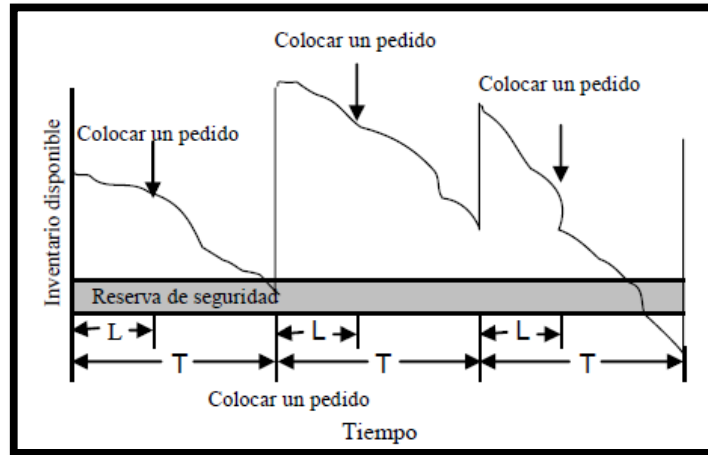
### 3.8 Inventarios

Existen costos por quiebres de stock que son significativos para la empresa. Estos justifican de gran manera que el trabajo sea realizado, ya que el objetivo es justamente disminuir estos costos. Luego de conocer todos los tipos de pronósticos que serán utilizados, es necesario contemplar un marco metodológico que involucre un modelo de gestión de inventario para los dos tipos de bandejas. En este caso de acuerdo a la información entregada por la empresa se implementará un modelo de periodicidad fija.

#### 3.8.1 Sistema de periodo fijo

De acuerdo con la información entregada por Ideal, los pedidos se realizan en relación con cantidades históricas mensuales, por lo que sólo varían los días de reabastecimiento. Con estos datos se llegó a la conclusión que el sistema de inventario más acorde a los datos es un sistema de periodo fijo determinístico estable.

En el sistema de reposición periódica se revisa a intervalos fijos de largo  $P$  llamado instante de revisión, momento en que se decide si se coloca una orden o no. Cuando se solicita una orden para nivelar el inventario objetivo  $T$ , esta orden se recibe después de un tiempo de entrega  $L$  conocido como Lead Time, y así poder cubrir la demanda estimada durante el intervalo de tiempo  $P+L$ . En un periodo de tiempo fijo, el inventario se cuenta sólo en determinados momentos, por ejemplo, cada mes o cada semana. Como se muestra en la figura 3.5, se señala un nivel de inventario y su línea de tiempo, con periodos continuos.



**Figura 3. 5 Modelo de inventario para un periodo de tiempo fijo.**  
Fuente: www.slideshare.net

Los modelos de periodo de tiempo fijo originan cantidades de pedido que varían de un periodo a otro. A continuación, se muestran las fórmulas que serán utilizadas para el modelo de gestión de abastecimiento en bodegas del centro de distribución Ideal:

$$Q = \bar{d} \cdot (T + L) + z \cdot \sigma_{T+L} - I \quad (24)$$

El valor de  $z$  puede obtenerse de la siguiente ecuación:

$$E(z) = \frac{\bar{d} \cdot T \cdot (1-p)}{\sigma_{T+L}} \quad (25)$$

## 4 Análisis preliminar y preparación de los datos

Las fuentes principales utilizadas para extraer los datos fueron:

- Informes de ventas área planificación de la demanda 2012-2016
- Base de datos de área control de equipos para bandejas 2012-2016

En esta información no se consideró el pago extra por no cumplimiento del pedido, ya que no cuenta como una venta.

### 4.1 Datos bandejas grandes

En la tabla 4.1 se representan las ventas reales en unidades de bandejas grandes durante los periodos enero 2012 hasta diciembre 2016.

**Tabla 4. 1 Venta en unidades en bandejas grandes.**

Mes/Año	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	450.271	400.396	530.822	611.510	600.490
Febrero	333.722	431.465	512.153	534.261	702.709
Marzo	222.313	521.192	524.257	527.850	722.412
Abril	440.109	361.277	516.832	539.554	613.284
Mayo	361.577	421.493	509.134	540.727	625.284
Junio	288.531	513.295	519.353	571.456	611.629
Julio	259.528	509.457	532.552	546.754	626.215
Agosto	257.311	415.396	505.823	515.653	635.269
Septiembre	356.532	528.177	523.089	529.250	712.613
Octubre	452.239	438.421	522.253	568.759	722.736
Noviembre	252.421	429.238	517.152	645.652	616.583
Diciembre	352.567	371.497	510.139	526.350	643.286

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

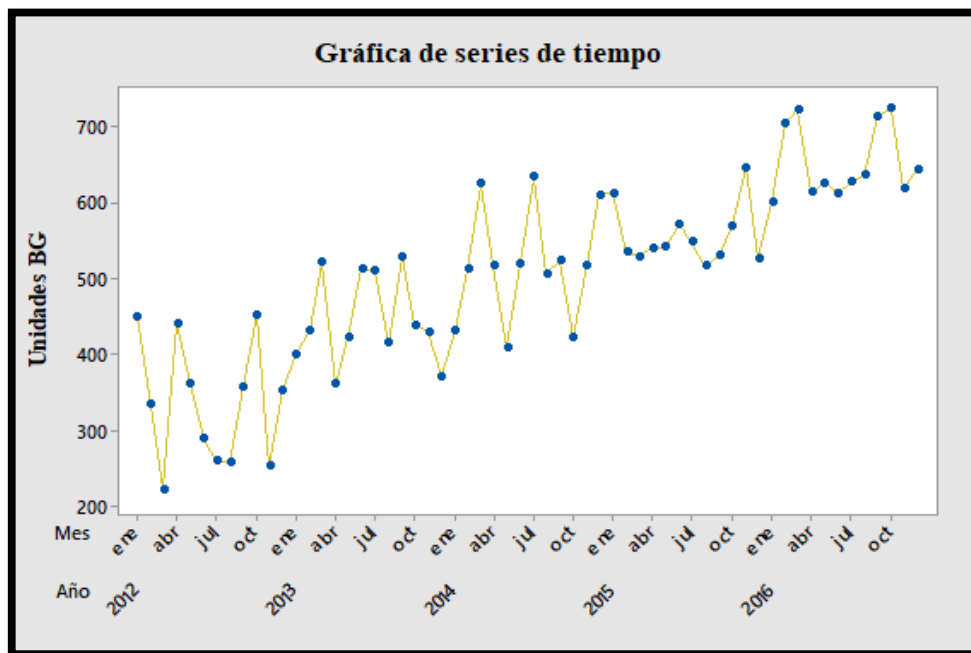
Para obtener una imagen más fiel de los resultados, se decidió redondear los datos presentados en la tabla 4.2. De esta forma las series de tiempo se pueden apreciar mejor. Se aplicará el mismo método para las bandejas chicas.

**Tabla 4. 2 Venta en unidades en bandejas grandes por redondeo.**

Mes/Año	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	450	400	431	612	600
Febrero	334	431	512	534	703
Marzo	222	521	624	528	722
Abril	440	361	517	540	613
Mayo	362	421	409	541	625
Junio	289	513	519	571	612
Julio	260	509	633	547	626
Agosto	257	415	506	516	635
Septiembre	357	528	523	529	713
Octubre	452	438	422	569	723
Noviembre	252	429	517	646	617
Diciembre	353	371	610	526	643

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

En la figura 4.1 se representa la serie de tiempo con el movimiento de bandejas grandes. Se puede apreciar que la serie presenta una tendencia en alza producto de la apertura de nuevas agencias de ventas, así como también muestra un comportamiento cíclico durante los meses de abril y octubre del año 2015 y 2016.

**Figura 4. 1 Gráfico serie de tiempo de unidades de bandejas grandes.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

## 4.2 Datos bandejas chicas

En la tabla 4.3 se representan las ventas en unidades de bandejas chicas durante los periodos enero 2012 hasta diciembre 2016.

**Tabla 4. 3 Venta en unidades en bandejas chicas.**

Mes/Año	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	100.735	104.837	155.934	186.453	201.488
Febrero	100.751	107.350	156.004	188.736	210.384
Marzo	129.863	196.549	215.184	228.849	275.823
Abril	128.973	149.736	210.734	169.326	270.208
Mayo	112.847	187.463	166.037	204.067	233.599
Junio	124.834	174.623	143.007	202.453	224.506
Julio	103.882	120.838	156.849	188.736	184.238
Agosto	125.346	142.934	228.253	208.735	258.320
Septiembre	126.443	195.015	160.627	198.674	213.470
Octubre	119.256	156.881	189.645	198.635	196.233
Noviembre	120.173	136.433	198.635	164.257	256.637
Diciembre	121.832	204.015	205.747	200.735	227.057

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

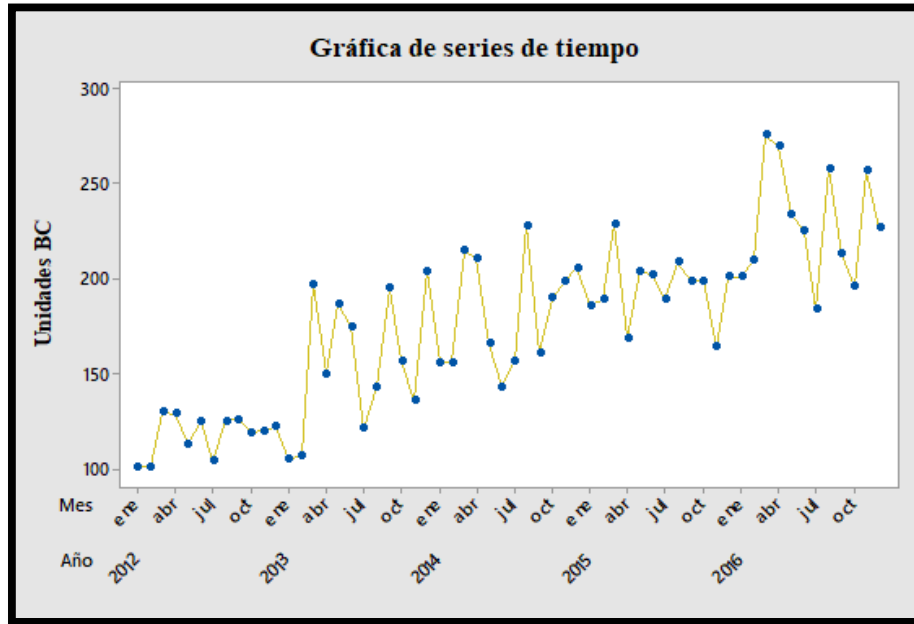
La tabla 4.4 representa las ventas en unidades de bandejas chicas por redondeo.

**Tabla 4. 4 Venta en unidades en bandejas grandes por redondeo.**

Mes/Año	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	101	105	156	186	201
Febrero	101	107	156	189	210
Marzo	130	197	215	229	276
Abril	129	150	211	169	270
Mayo	113	187	166	204	234
Junio	125	175	143	202	225
Julio	104	121	157	189	184
Agosto	125	143	228	209	258
Septiembre	126	195	161	199	213
Octubre	119	157	190	199	196
Noviembre	120	136	199	164	257
Diciembre	122	204	206	201	227

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

En el gráfico de la figura 4.2, se muestran variaciones irregulares entre el año 2012 y 2013, así como también durante los periodos 2015 y 2016. Se presenta un patrón estacional desde abril del año 2013 hasta abril del año 2016, y finalmente se puede apreciar una tendencia.



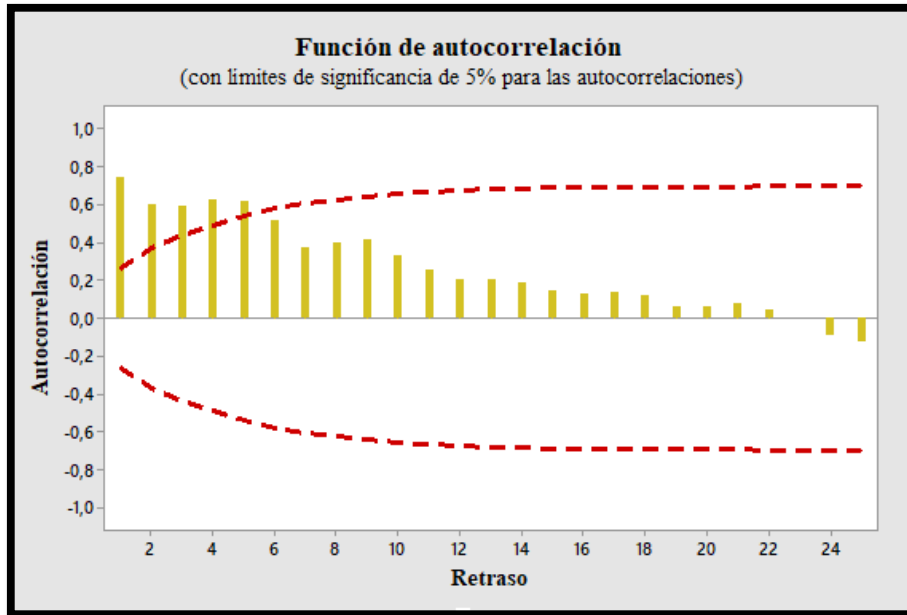
**Figura 4. 2 Gráfico serie de tiempo de unidades de bandejas chicas.**  
Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

### 4.3 Exploración de patrones de datos con análisis de autocorrelación para bandejas grandes

El valor de autocorrelación resulta de gran utilidad para encontrar patrones repetitivos. El índice de autocorrelación corresponde a 0,74; esto quiere decir que hay una asociación entre los retrasos. De acuerdo con este valor se va a calcular la autocorrelación con el LBQ. Para calcular los índices de autocorrelación para los retrasos 1, 2, 3, ..., k, el proceso se repite variando solamente la columna retrasada.

$$r_k = \frac{668.581}{895.037} = 0,74 \quad (26)$$

Con el software Minitab obtenemos la función de autocorrelación que se presenta en la siguiente figura:



**Figura 4. 3 Gráfico función autocorrelación BG.**  
Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

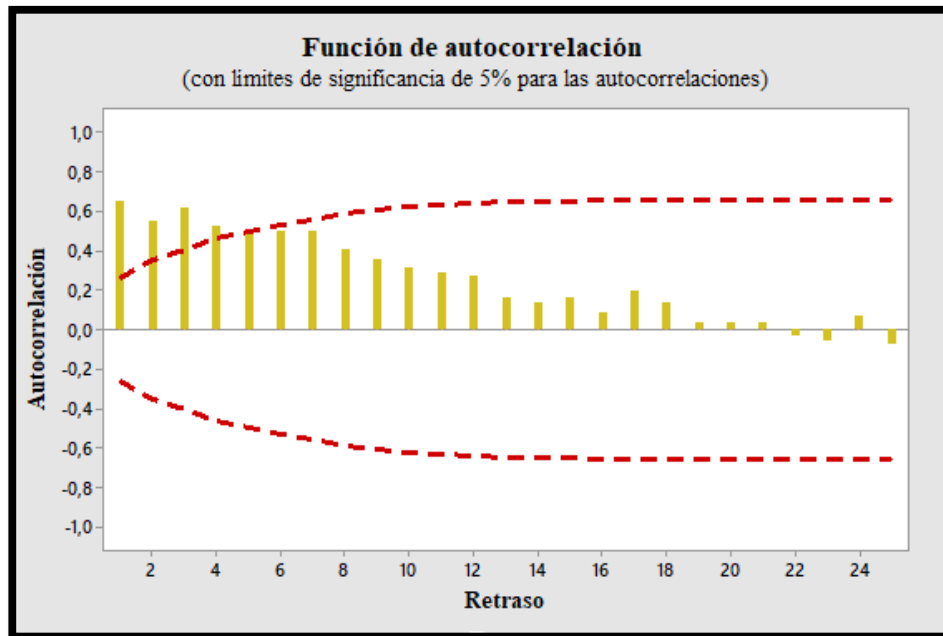
Se logra percibir que en las autocorrelaciones el resto de los valores tienden progresivamente hacia cero, pero no obstante los primeros cinco retrasos son diferentes de cero. Los factores de autocorrelación explicativos muestran alguna asociación o modelo en los retrasos ( $r_1 = 0,75$ ,  $r_2 = 0,60$ ,  $r_3 = 0,59$ ,  $r_4 = 0,63$  y  $r_5 = 0,61$ ). La forma para verificar que los datos están altamente autocorrelaciones y que muestran una tendencia en su comportamiento es a través del LBQ, cuando el LBQ es mayor que el valor de Chi cuadrado se puede verificar lo descrito anteriormente; en este caso  $LBQ\ 216,85 > 37,65$  de Chi Cuadrado. La hipótesis de que las primeras 25 autocorrelaciones son consistentes con aquellas de una serie aleatoria se rechaza claramente para el nivel del 5%, puesto que uno de los requisitos básicos de una buena técnica de pronósticos es que brinde un rechazo o una serie de error que sea esencialmente aleatorio (Hanke, 2010).

#### 4.4 Exploración de patrones de datos con análisis de autocorrelación para bandejas chicas

El índice de autocorrelación corresponde a 0,653 para calcular los índices de autocorrelación para los retrasos 1, 2, 3, ..., k. el proceso se repite variando solamente la columna retrasada.

$$r_k = \frac{79.295}{121.413} = 0.653 \quad (27)$$

Con el software Minitab obtenemos la función de autocorrelación que se presenta en la siguiente figura:



**Figura 4. 4 Gráfico de la función autocorrelación BC.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

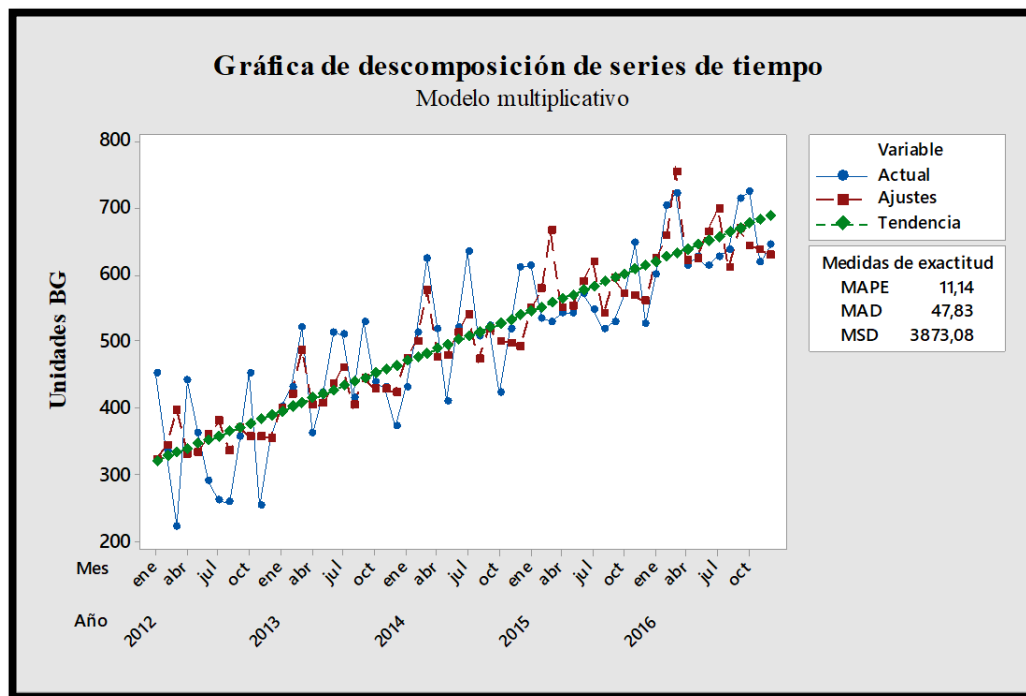
Se logra percibir que en las autocorrelaciones el resto de los valores tienden progresivamente hacia cero, pero no obstante los primeros cinco retrasos son diferentes de cero. Los factores de autocorrelación explicativos muestran alguna asociación o modelo en los retrasos ( $r_1 = 0,65$ ,  $r_2 = 0,55$ ,  $r_3 = 0,62$  y  $r_4 = 0,52$ ). El LBQ es 192,07 el cual es mayor que el valor 37,65 de Chi Cuadrado (el punto 0,05 superior de una distribución Chi cuadrado con 25 grados de libertad). De acuerdo con esto, es que se verifica que los datos están altamente autocorrelacionados y que muestran una tendencia en su comportamiento.

## 5 Análisis de modelos y parámetros

Después de realizar el estudio preliminar de los datos, se está en condiciones de realizar un análisis mediante las herramientas estadísticas presentadas en el tercer capítulo. Para ello, se evaluarán distintos modelos predictivos, para efectuar un análisis que permita determinar el mejor modelo predictivo.

### 5.1 Descomposición de la serie de tiempo para bandejas grandes

A través del software Minitab versión 18 se realizó la descomposición de la serie mediante el modelo de componentes multiplicativo, el cual en comparación al modelo aditivo obtuvo un menor error. Este modelo funciona mejor cuando la variabilidad de la serie de tiempo aumenta con el nivel. Es decir, los valores de la serie se dispersan conforme la tendencia aumenta.



**Figura 5. 1 Gráfico de descomposición para datos de bandejas grandes.**  
Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

La ecuación de tendencia ajustada obtenida gracias al software es la siguiente:

$$y_t = 313,1 + 6,232 \cdot t \quad (28)$$

En la tabla 5.1 se muestra una comparación respecto de los tres tipos de errores (MAPE, MAD y MSD), en la cual se hace referencia a que el modelo multiplicativo tiene dos errores inferiores al del modelo aditivo.

Tabla 5. 1 Resumen margen de error.

Error	Modelo multiplicativo	Modelo aditivo
MAPE	11,14	11,22
MAD	47,83	47,3
MSD	3873,08	3965,72

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2 Promedio móvil bandejas grandes

Para este modelo de pronósticos se utilizó el software Minitab 18. Se aplicaron medias móviles con longitudes de  $n = 2, 3, 4, 5$  y  $6$ , resultando  $n = 4$  con el ajuste más adecuado para los datos redondeados de unidades de bandejas grandes. Cabe mencionar que en la práctica lo ideal es usar longitudes entre 2 y 10 para obtener un correcto ajuste. A continuación, se presenta la figura 5.2 y tabla 5.2, ésta última representa un resumen de todos los márgenes de errores de las longitudes aplicadas.

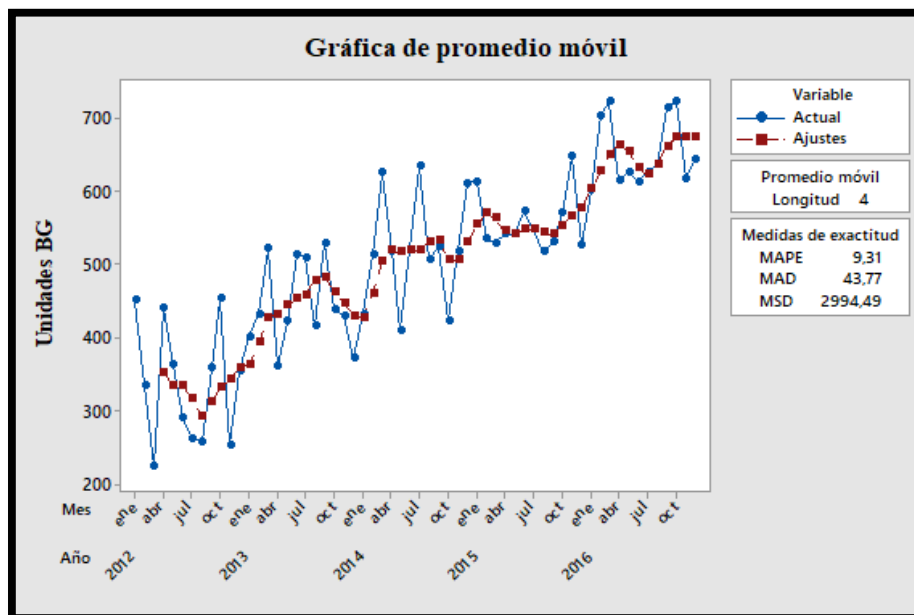


Figura 5. 2 Gráfico de promedio móvil de unidades de bandejas grandes.

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

**Tabla 5. 2 Resumen margen de error PM.**

Bandejas grandes	Longitud				
	2	3	4	5	6
Error	2	3	4	5	6
MAPE	11,44	10,52	9,31	9,43	9,61
MAD	51,13	47,16	43,77	44,61	45,48
MSD	3865,88	3259,55	2994,49	3184,75	3298,23

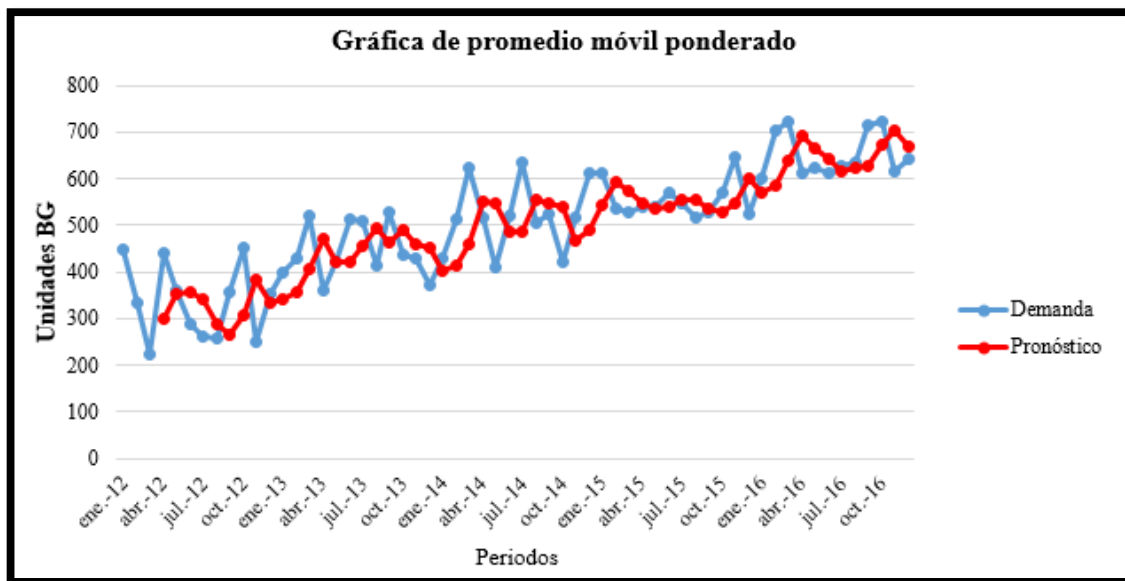
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Promedio móvil ponderado bandejas grandes

Es una práctica regular aplicar el factor de ponderación mayor al dato más reciente, es por esta razón que se decidió otorgar los siguientes porcentajes:

- **Demanda más lejana** 20%
- **Demanda intermedia** 30%
- **Demanda más reciente** 50%

En la figura 5.3 se muestran los datos redondeados de las unidades de bandejas grandes mediante un enfoque en períodos de demanda reciente, dicho enfoque es superior al del promedio móvil simple. Esta gráfica se obtuvo gracias al programa Excel perteneciente al paquete de Office 2016.



**Figura 5. 3 Gráfico PMP bandejas grandes.**

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016.

En la tabla 5.3 se indican los errores de medición del pronóstico.

**Tabla 5. 3 Margen de error PMP.**

<b>MAD</b>	30,26
<b>MSE</b>	7760,82
<b>MAPE</b>	9,08%

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4 Suavizamiento exponencial simple y doble para bandejas grandes

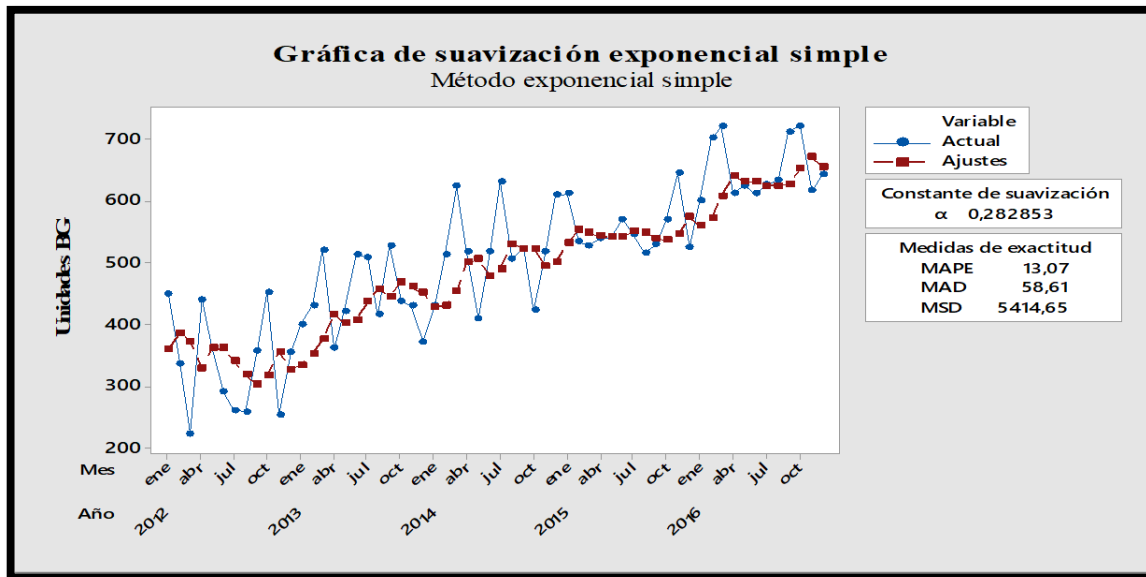
A continuación, se muestra una comparación, entre los métodos de suavizamiento exponencial simple y doble.

**Tabla 5. 4 Comparación suavizamiento exponencial simple y doble de bandejas grandes.**

<b>Constante de suavización simple</b>		<b>Constante de suavización doble</b>	
$\alpha = 0,282853$		$\alpha = 0,813607$	$\gamma = 0,006203$
<b>Medidas de Exactitud</b>		<b>Medidas de Exactitud</b>	
<b>MAPE</b>	13,07	<b>MAPE</b>	15,99
<b>MAD</b>	58,61	<b>MAD</b>	69,26
<b>MSD</b>	5414,65	<b>MSD</b>	7218,08

Fuente: Elaboración propia.

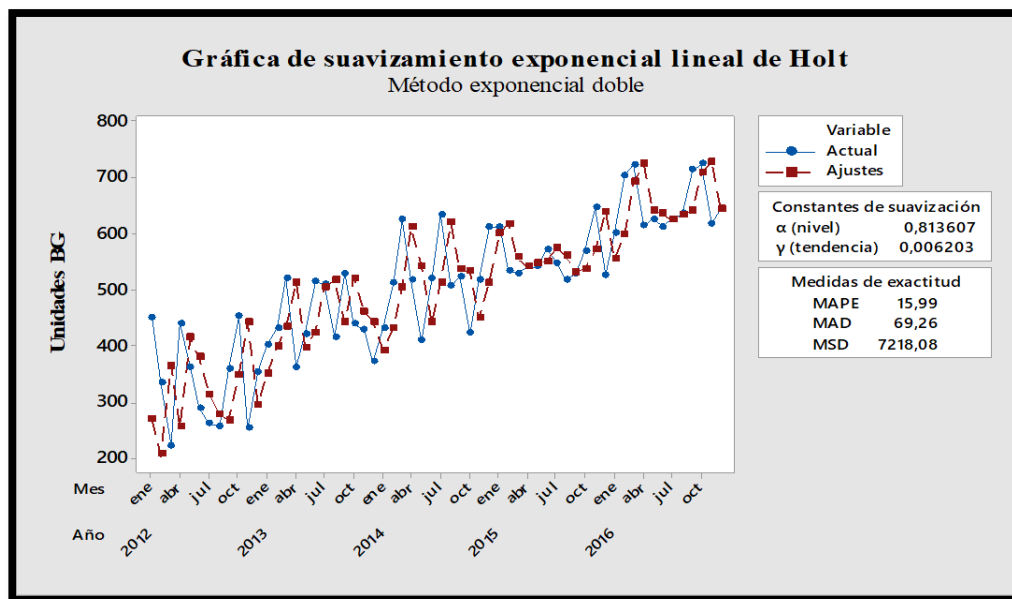
En estos resultados, los tres números son inferiores para el primer modelo en comparación con el segundo modelo. Por lo tanto, el modelo que proporciona el mejor ajuste es la suavización exponencial simple.



**Figura 5. 4 Suavizamiento exponencial simple.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

En esta gráfica de suavización simple, los ajustes no siguen estrechamente a los datos, lo cual indica que el modelo no se ajusta completamente a los datos.



**Figura 5. 5 Suavizamiento exponencial doble o de Holt.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

Se puede apreciar que en esta gráfica los ajustes siguen estrechamente a los datos, por lo tanto, el modelo se ajusta a los datos. Con base en la minimización del MSD durante el periodo 2012 a 2016, la suavización exponencial doble ( $\alpha=0,813607$  y  $\gamma=0,006203$ ) al ser

“ $\gamma$ ” un valor tan pequeño, este se convierte en una función exponencial simple. Por ende, el modelo que más se ajusta es el de suavizamiento exponencial simple, a pesar de contar con un menor ajuste en los datos, este se presenta un menor error en las medidas de exactitud.

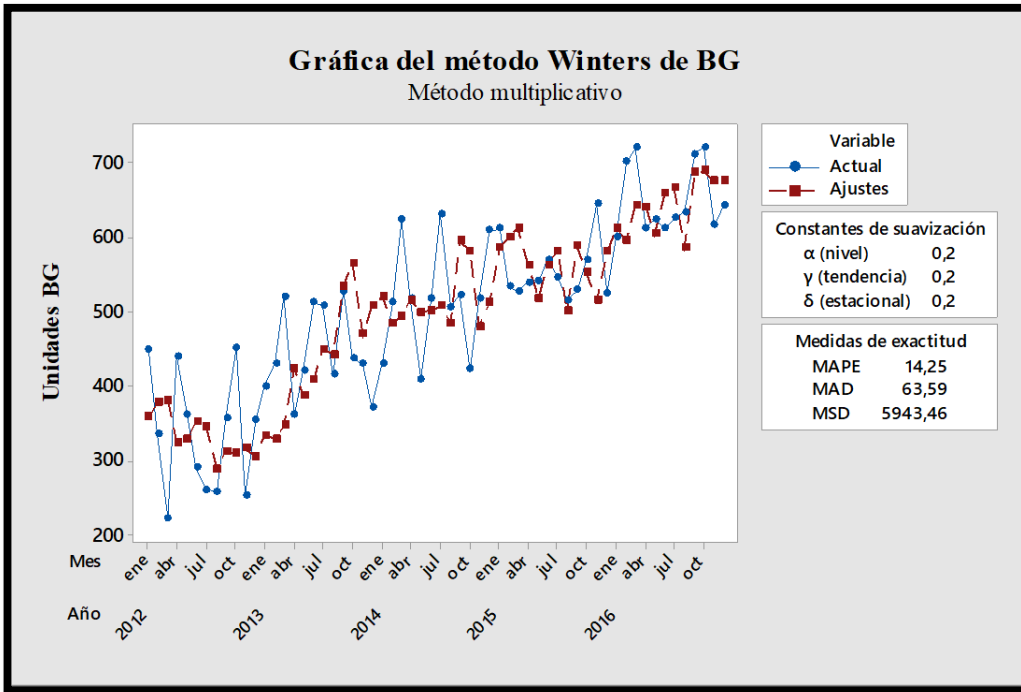
### 5.5 Suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional para bandejas grandes

Comparando los gráficos 5.6 y 5.7 ambos del método de Winters, con constantes óptimas de suavizamiento de 0,2 para  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$ . En el gráfico del método aditivo, los ajustes siguen estrechamente a los datos y el patrón estacional y la tendencia son estables al final de los datos, por lo tanto, se puede concluir que es probable que los pronósticos sean exactos para el siguiente año, además del hecho que los márgenes de error presente en la tabla 6.6 son menores para el modelo aditivo, siendo este el que mejor se ajusta para pronosticar con nuestros datos.

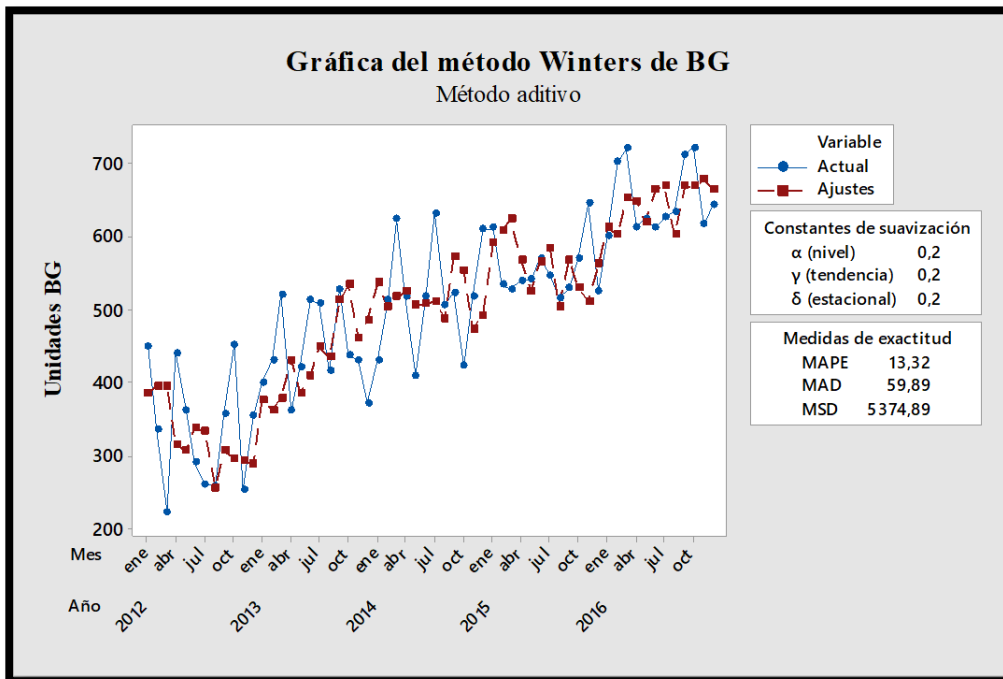
**Tabla 5. 5 Márgenes de Error para el Método Winters.**

Error	Método Multiplicativo	Método Aditivo
<b>MAPE</b>	14,25	<b>13,32</b>
<b>MAD</b>	63,59	<b>59,89</b>
<b>MSD</b>	5943,46	<b>5374,89</b>

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5. 6 Método Winters (multiplicativo) para Bandejas Grandes.**  
Fuente: Elaboración propia – Minitab18.



**Figura 5. 7 Método Winters (aditivo) para Bandejas Grandes.**  
Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

## 5.6 Análisis de regresión lineal simple para bandejas grandes

El propósito del estudio de la regresión lineal es pronosticar la demanda desde una o más variables independientes según corresponda. Para la realización de este modelo matemático se ocupará el tiempo en meses contemplado desde el mes de enero 2012 hasta diciembre del año 2016. Para conocer la relación entre la demanda y el tiempo se debe utilizar el coeficiente de correlación ( $r$ ). Este coeficiente, nos permitirá entender qué tanta correlación existe entre la demanda y el tiempo. Entre más cercano se encuentre el coeficiente de correlación a  $+1$  o  $-1$  más fuerte será la tendencia y más apropiado será aplicar un modelo de regresión lineal.

En la tabla 5.7 se muestran los cálculos para obtener el pronóstico del modelo regresión lineal respecto de las ventas de unidades de bandejas grandes. Datos correspondientes a periodo enero 2012 a diciembre 2016.

**Tabla 5. 6 Ventas de bandejas grandes periodo enero 2012 – diciembre 2016.**

Mes (x)	Demanda (y)	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	Pronóstico (Y)
1	450	450	1	202500	325
2	334	668	4	111556	331
3	222	666	9	49284	337
4	440	1760	16	193600	343
5	362	1810	25	131044	349
6	289	1734	36	83521	355
7	260	1820	49	67600	361
8	257	2056	64	66049	367
9	357	3213	81	127449	373
10	452	4520	100	204304	379
11	252	2772	121	63504	385
12	353	4236	144	124609	391
13	400	5200	169	160000	397
14	431	6034	196	185761	403
15	521	7815	225	271441	409
16	361	5776	256	130321	415
17	421	7157	289	177241	421
18	513	9234	324	263169	427
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
60	643	38580	3600	413449	677
<b>30,5</b>	<b>501,3</b>	<b>1024780</b>	<b>73810</b>	<b>15974141</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores que se presentan en la última fila de la tabla podemos calcular  $a$  y  $b$ , para así obtener los valores de la última columna ( $Y$ ) que corresponde a la recta que más se ajusta a la demanda  $y$ ; además de calcular el siguiente pronóstico.

$$\bar{y} = 501,3$$

$$\bar{x} = 30,5$$

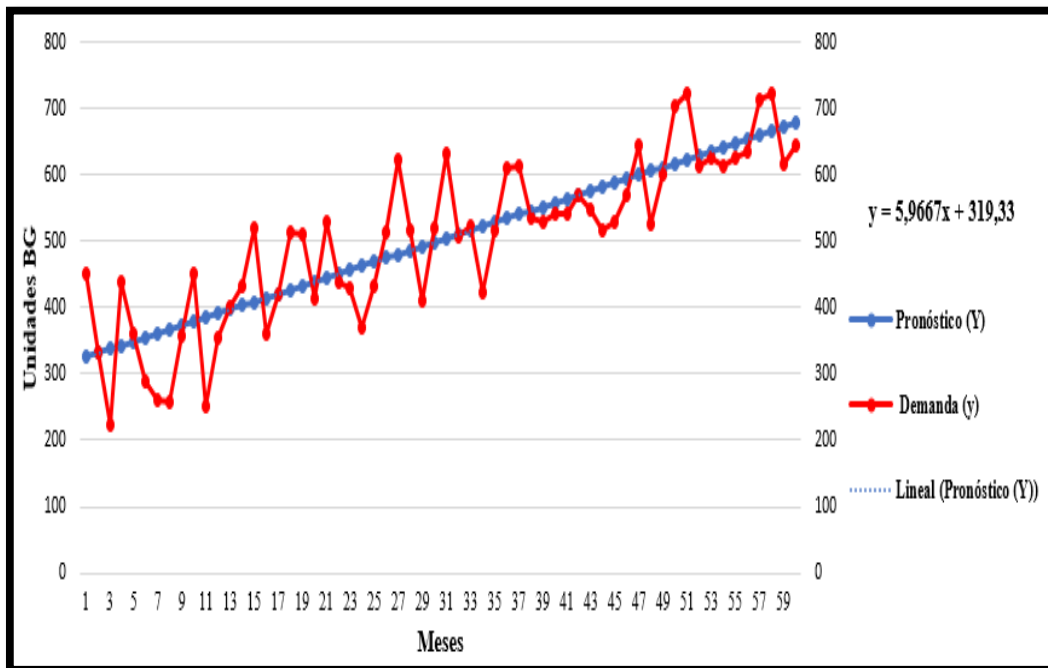
$$n = 60$$

$$b = \frac{1024780,0 - 60(30,5)(501,3)}{73810,0 - 60(30,5^2)} = 5,96 \quad (29)$$

$$a = 501,3 - 5,96(30,5) = 319,52 \quad (30)$$

$$y_{61} = 5,96(61) + 319,52 = 683,08 \quad (31)$$

A continuación, se presenta el gráfico de la demanda pronosticada con la aplicación de método de regresión lineal simple.



**Figura 5. 8 Gráfico regresión lineal bandejas grandes.**

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016.

Una medida apropiada para medir el error en regresión lineal es el error estándar de estimación ( $S_{y,x}$ ), que nos permite determinar la variabilidad en torno a la recta de regresión (Betancourt, 2011). Con los datos obtenidos en nuestra tabla, se reemplaza en la fórmula para obtener lo siguiente:

$$s_{y,x} = 66,39 \quad (32)$$

Cuando se realiza un análisis de regresión, siempre se debe realizar el cálculo del coeficiente de correlación, este nos entregará una medida de asociación entre las variables X e Y.

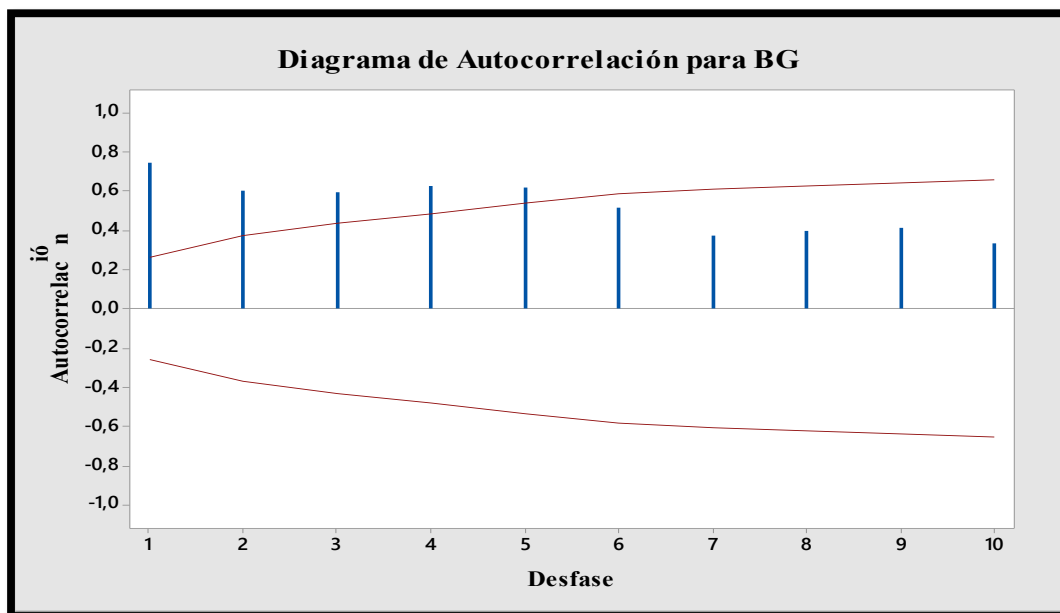
$$r = 0,846 \quad (33)$$

El resultado de este ejercicio es  $r = 0,846$ . Esto indica que la correlación es muy fuerte y positiva porque está cercana a 1. Ambas variables presentan una relación lineal positiva, por lo tanto, si se obtienen valores altos en una variable, también se tiende a obtener valores altos en la otra variable siempre y cuando se cumpla que  $0 < r < 1$ . Cuando el valor está más próximo a cero, indica que existe una relación débil entre las variables.

## 5.7 Modelos Autorregresivos Integrados de Promedio Móvil, ARIMA

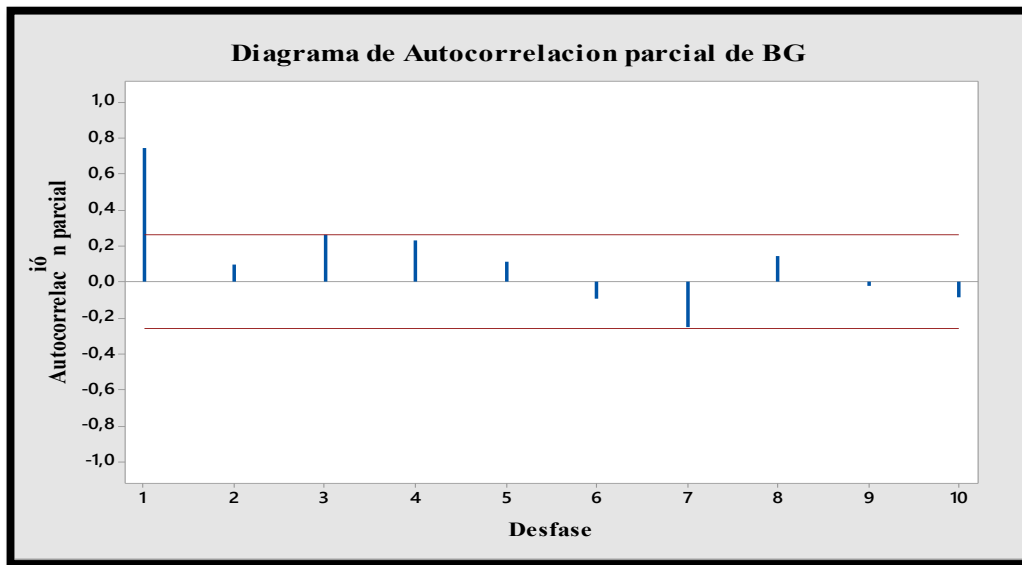
A continuación, se procede a utilizar el método de ARIMA para nuestra serie de datos de bandejas grandes.

**1.- Identificación Método ARIMA:** Se utilizan los diagramas de Autocorrelación (FAC) y Autocorrelación Parcial (FACP) para evaluar los valores de p, d, q.



**Figura 5. 9 Diagrama de Autocorrelación para Bandejas Grandes.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.



**Figura 5. 10 Diagrama de Autocorrelación Parcial para Bandejas Grandes.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

La línea roja en ambos diagramas representa el intervalo de confianza, en donde lo que se encuentra fuera de esta, es una autocorrelación significativa.

**2.- Estimación del modelo ARIMA:** Una vez que ya se cuenta con el FAC y FACP, se procede a estimar los valores  $p$ ,  $d$ ,  $q$ , al observar el FAC y el FACP, se concluye que la serie se ajusta al modelo AR (1) y MA (1) (Ver Anexo A3 ), debido a que el primer valor del FAC (Grafico 5.9) es el más significativo y se presenta un decrecimiento exponencial , para el FACP (grafico 5.10) se da el primer valor que sale de la línea de confianza y los demás valores presentan un comportamiento sinusoidal.

**3.- Validación Modelo ARIMA:** Una vez seleccionado el modelo ARIMA particular y tener estimados sus parámetros, se comprueba que el modelo elegido se ajuste a los datos de mejor manera, ya que otro modelo también puede hacerlo.

Tabla 5. 7 Validación de los distintos modelos ARIMA para Bandejas Grandes.

Modelo ARIMA	MC	Prioridad
<b>(0,1,1) (1,1,1)</b>	<b>3910,05</b>	<b>1</b>
(0,1,1) (0,0,0)	4305,38	2
(1,0,0) (0,0,0)	6581,68	3
(0,0,1) (0,0,1)	6803,93	4
(0,1,0) (0,1,1)	6857,92	5
(0,1,1) (1,1,0)	7397,25	6
(0,0,1) (0,1,0)	8883,33	7
(0,0,1) (0,0,0)	9061,16	8
(0,1,0) (1,1,0)	11477,2	9

Fuente: Elaboración propia.

### 5.8 Resumen margen de error y validación de los modelos de pronósticos aplicados

De acuerdo con la tabla 5.9 podemos indicar que el modelo de pronóstico que más se ajusta a nuestros datos, presentando el menor margen de error corresponde al modelo promedio móvil ponderado el cual presenta un error MAPE: 9,08%, MAD:30,26 Y MSD:7760,82; le sigue el promedio móvil simple con un MAPE: 9,31%, MAD:43,77 Y MSD: 2994,49.

Tabla 5. 8 Resumen de errores.

Método de Pronostico	Márgenes de Error			
	MAPE	MAD	MSD	Sy,x
Descomposición de la serie (multiplicativo)	11,14%	47,83	3873	66,385
<b>Promedio Móvil simple (n=4)</b>	<b>9,31%</b>	<b>43,77</b>	<b>2994,49</b>	
<b>Promedio Móvil ponderado</b>	<b>9,08%</b>	<b>30,26</b>	<b>7760,82</b>	
Suavización Exponencial Simple	13,07%	58,61	50414,65	
Suavización exponencial Doble	15,99%	69,26	7218,08	
Método de Winters (aditivo)	13,32%	59,89	5374,89	
Regresión Simple	-	-	-	
Modelo ARIMA	11,22%	41,71	3910,05	

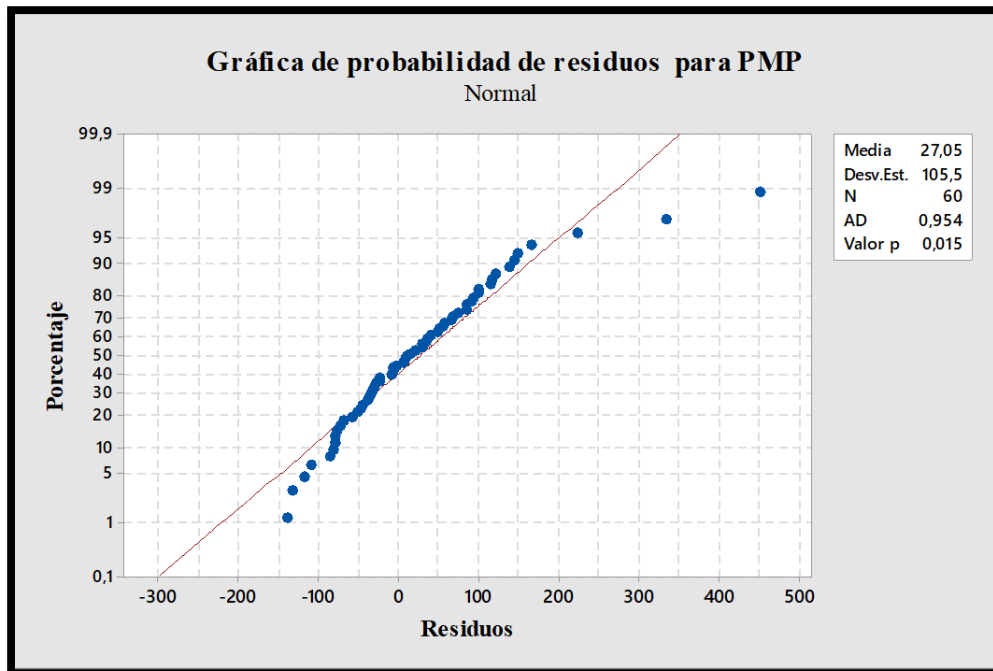
Fuente: Elaboración propia.

Mediante una gráfica de normalidad ambos modelos de pronósticos fueron evaluados para verificar cual presenta una mejor distribución. Los resultados de la prueba indican si se debe rechazar o no la hipótesis nula de que los datos proviene de una población distribuida normalmente. En nuestro caso se aplicó la prueba de Anderson-Darling y Durbin Watson.

### 5.8.1 Validación por Método de Anderson-Darling

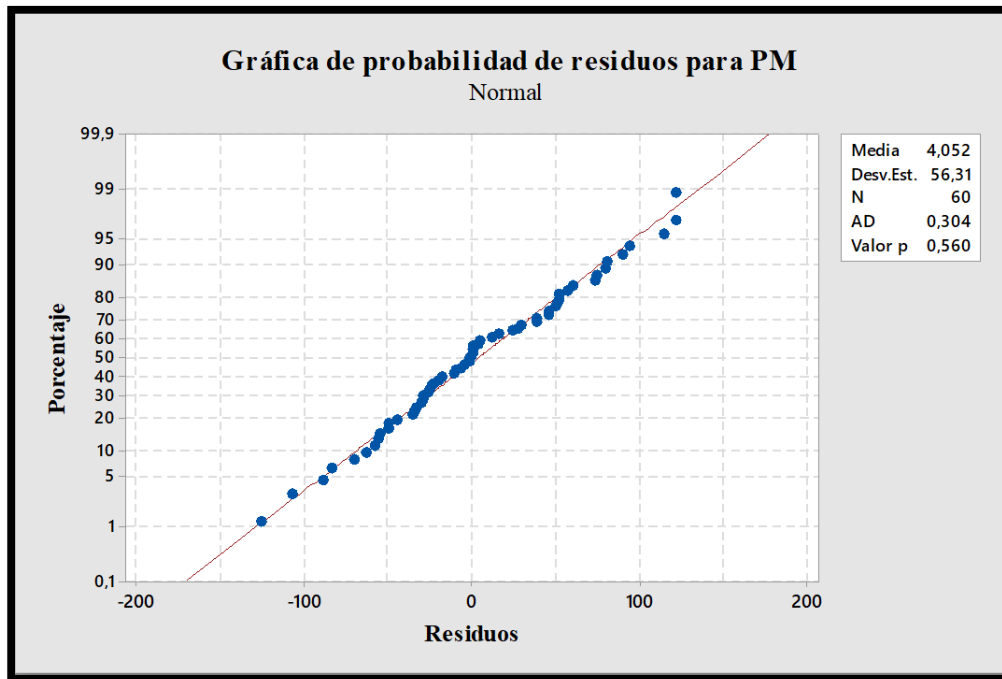
Al realizar una comparación entre las figuras 5.11 y 5.12, podemos observar que los datos de la desviación estándar del promedio móvil ponderado están más dispersos alrededor de la media, mientras que la figura de promedio móvil presenta una desviación casi a la mitad de la del promedio móvil ponderado (56,31). El valor p del promedio móvil simple es mayor al 5% de significancia, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis  $H_0$ . El modelo de pronósticos escogido para bandejas grandes es el promedio móvil simple.

- **Valor  $p \leq \alpha$ : Los datos no siguen una distribución normal (Rechaza  $H_0$ )**
- **Valor  $p > \alpha$ : no se puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (No puede rechazar  $H_0$ )**



**Figura 5. 11 Gráfico probabilidad de residuos para promedio móvil ponderado.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.



**Figura 5. 12 Gráfico probabilidad de residuos para promedio móvil simple.**  
Fuente: Elaboración propia - Minitab18.

## 5.8.2 Validación por Método de Durbin-Watson

Mediante la prueba de Durbin-Watson que permite la evaluación de la existencia de autocorrelación, es decir, calcula la independencia de los residuos, se somete a validación el promedio móvil simple y el promedio móvil ponderado, para el caso particular de las bandejas grandes, estableciendo la cantidad de observaciones y variables, se fija los límites superiores e inferiores proporcionados por la tabla estadística de Durbin-Watson y se evalúa dicho número, lo cual indica si se debe rechazar o no la hipótesis nula  $H_0$ .

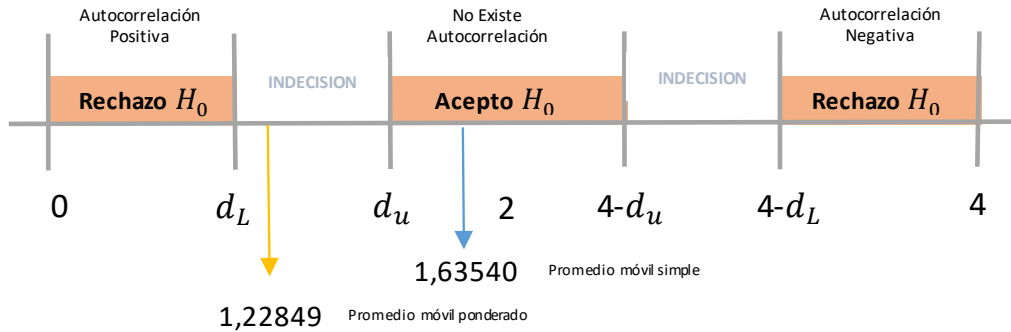
- **Promedio Móvil Simple**

El valor del Durbin-Watson es de 1,63540 para 27 observaciones y dos variables al 5% los valores de la tabla estadística son  $d_L=1,240$  y  $d_u=1.556$ . Lo cual evidencia la no existencia de autocorrelación como se muestra figura 5.13, por lo tanto, se acepta  $H_0$ , ya que la Hipótesis nula asegura que la autocorrelación es cero, versus la opción que asevera que es distinta de cero.

- **Promedio Móvil Ponderado**

El valor del Durbin-Watson es de 1,22849 para 11 observaciones y dos variables al 5% los valores de la tabla estadística son  $d_L=0,658$  y  $d_u=1,604$ . Lo cual evidencia indecisión, pero cercana a la autocorrelación positiva como se muestra figura 5.13, por lo tanto, se rechaza  $H_0$ , ya que la hipótesis nula es distinta de cero.

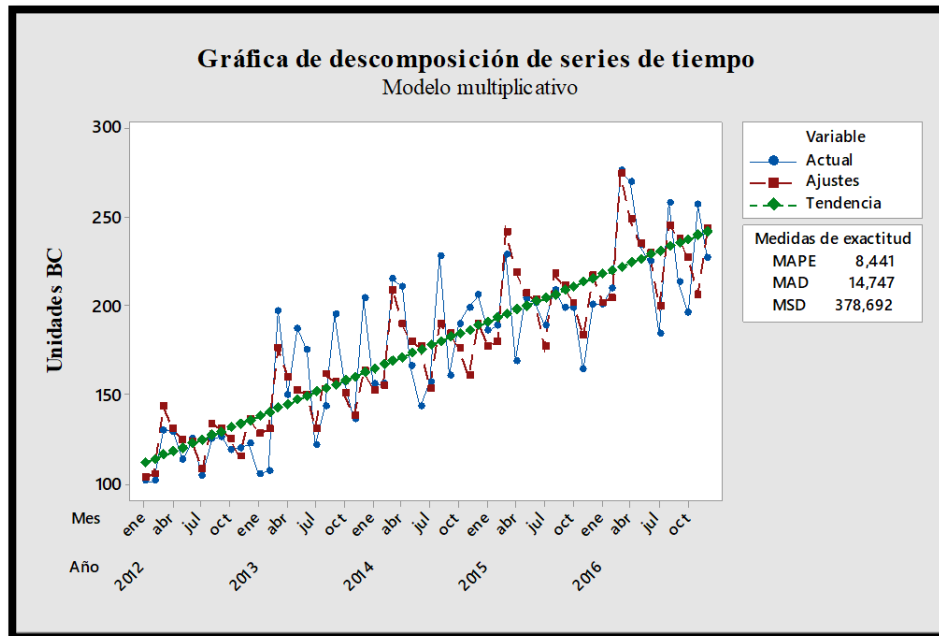
A través de este método se concluye que el pronóstico más adecuado es el promedio móvil simple, de la misma forma que se estableció con el método de Anderson-Darling.



**Figura 5. 13 Evaluación por método D-W**  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.9 Descomposición de la serie de tiempo para bandejas chicas

El modelo que mejor se ajusta es el multiplicativo, puesto que la serie tiene fluctuaciones crecientes y decrecientes lo que permite un mejor ajuste. La Figura 5.13 muestra la gráfica de la descomposición de la serie para unidades de bandejas chicas.



**Figura 5. 14 Gráfico de descomposición para datos de bandejas chicas.**  
Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

La ecuación de tendencia ajustada obtenida gracias al software es la siguiente:

$$y_t = 108,92 + 2,217 \cdot t \quad (34)$$

En la tabla 5.10 se muestra una comparación respecto de los tres tipos de errores (MAPE, MAD y MSD), en la cual se hace referencia a que el modelo multiplicativo tiene dos errores inferiores al del modelo aditivo.

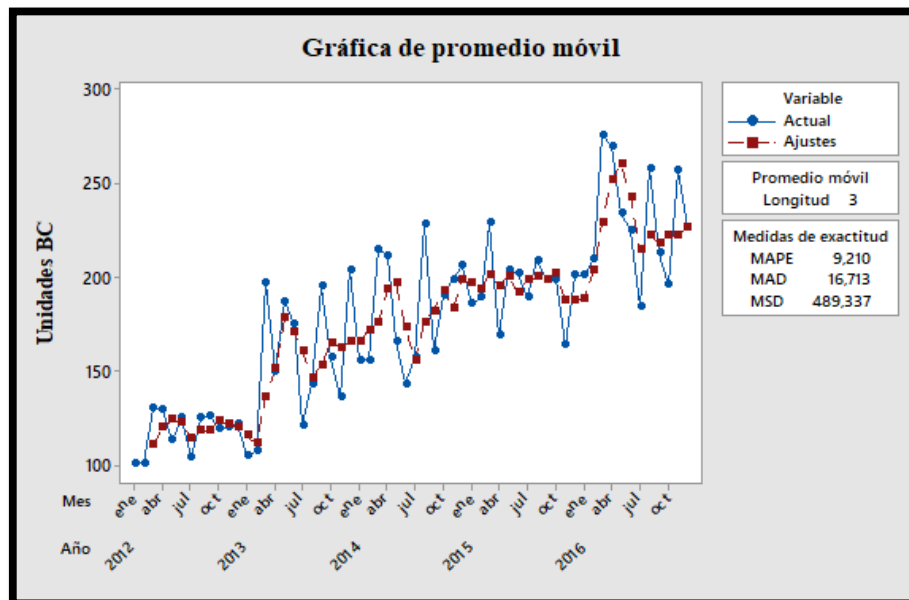
**Tabla 5. 9 Resumen margen de error.**

Error	Modelo multiplicativo	Modelo aditivo
MAPE	<b>8,441</b>	8,509
MAD	<b>14,747</b>	14,816
MSD	378,692	<b>377,037</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 5.10 Promedio móvil bandejas chicas

Se aplicaron medias móviles con longitudes de  $n = 2, 3, 4, 5$  y  $6$  resultando  $n = 3$  con el ajuste más adecuado para los datos redondeados de unidades de bandejas chicas. A continuación, se presenta la figura 5.14 y tabla 5.11, esta última representa un resumen de todos los márgenes de errores de las longitudes aplicadas.



**Figura 5. 15 Gráfico de promedio móvil de unidades de bandejas chicas.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

Tabla 5. 10 Resumen margen de error PMP.

Bandejas chicas	Longitud				
	2	3	4	5	6
Error					
MAPE	10,513	9,21	9,367	9,774	10,257
MAD	19,06	10,713	16,875	17,442	18,357
MSD	618,11	489,337	495,339	527,741	577,582

Fuente: Elaboración propia.

### 5.11 Promedio móvil ponderado bandejas chicas

Para el caso de los datos de bandejas chicas se mantuvieron las mismas ponderaciones señaladas con las bandejas grandes manteniendo la suma total equivalente al 100%.

- **Demanda más lejana:** 20%
- **Demanda intermedia:** 30%
- **Demanda más reciente:** 50%

En la figura 5.15 se muestran los datos redondeados de las unidades de bandejas chicas mediante un enfoque en periodos de demanda reciente.

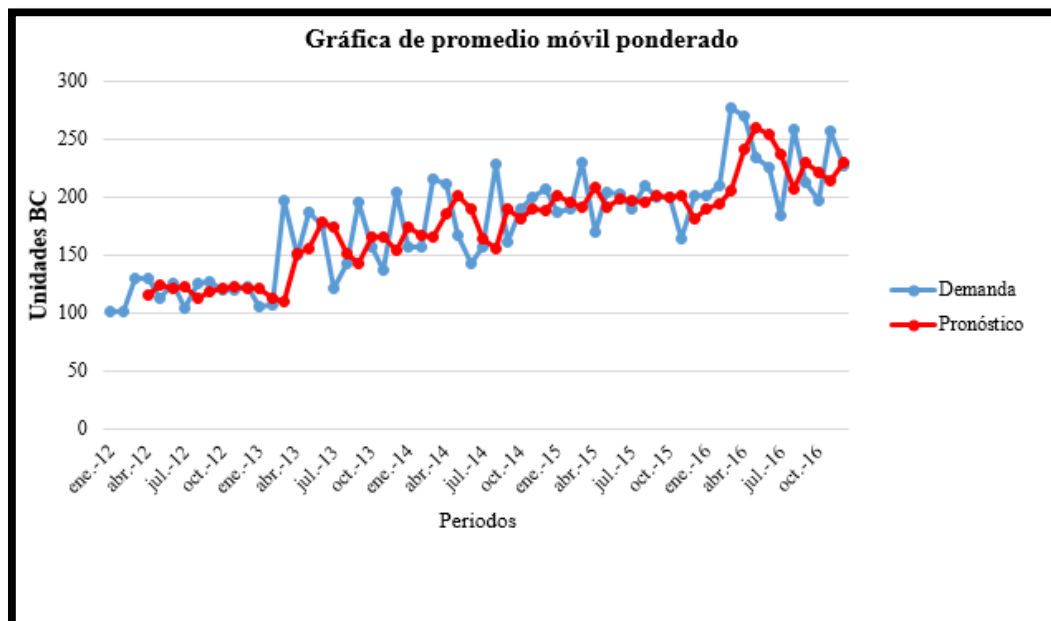


Figura 5. 16 Gráfico PMP bandejas chicas.

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016.

En la tabla 5.12 se presentan los errores obtenidos con la aplicación de este modelo.

**Tabla 5. 11 Resumen margen de error PMP.**

<b>MAD</b>	7,09
<b>MSE</b>	669,75
<b>MAPE</b>	6,34%

Fuente: Elaboración propia.

## 5.12 Suavizamiento exponencial simple y doble para bandejas chicas

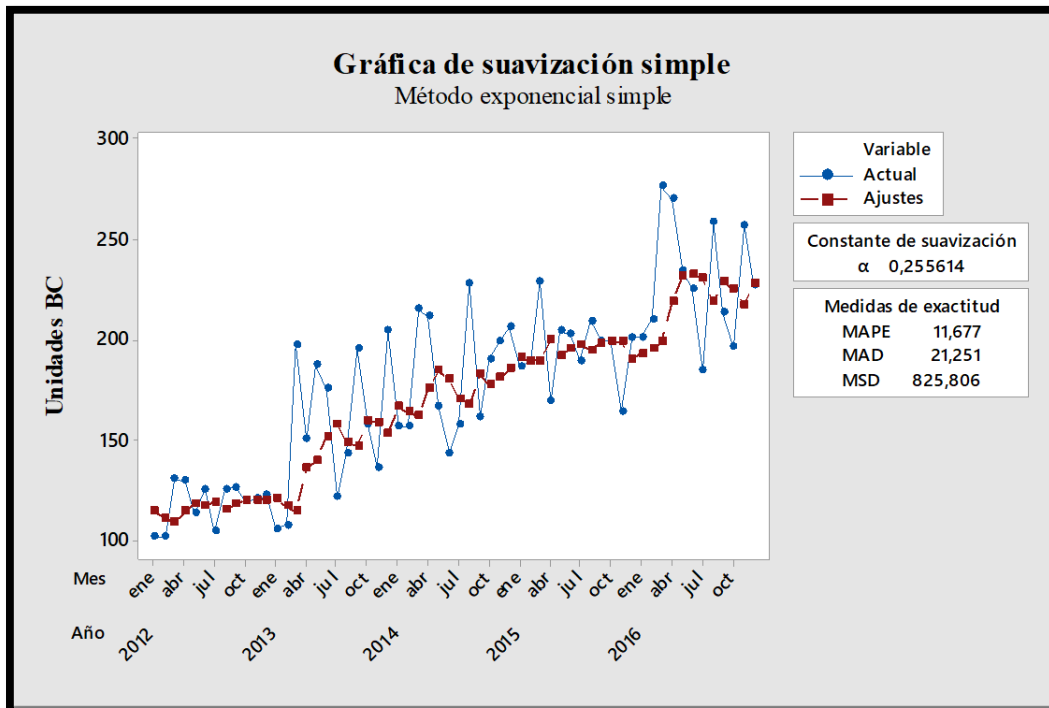
Se realizó una comparación, entre los métodos de suavizamiento exponencial simple y doble, para los datos de bandejas chicas.

**Tabla 5. 12 Comparación suavizamiento exponencial simple y doble de Bandejas Chicas.**

<b>Constante de suavización simple</b>		<b>Constante de suavización doble</b>	
$\alpha = 0,255614$		$\alpha = 0,665662$	$\gamma = 0,039725$
<b>Medidas de Exactitud</b>		<b>Medidas de Exactitud</b>	
<b>MAPE</b>	11,677	<b>MAPE</b>	13,88
<b>MAD</b>	21,251	<b>MAD</b>	24,63
<b>MSD</b>	825,81	<b>MSD</b>	1025,44

Fuente: Elaboración propia.

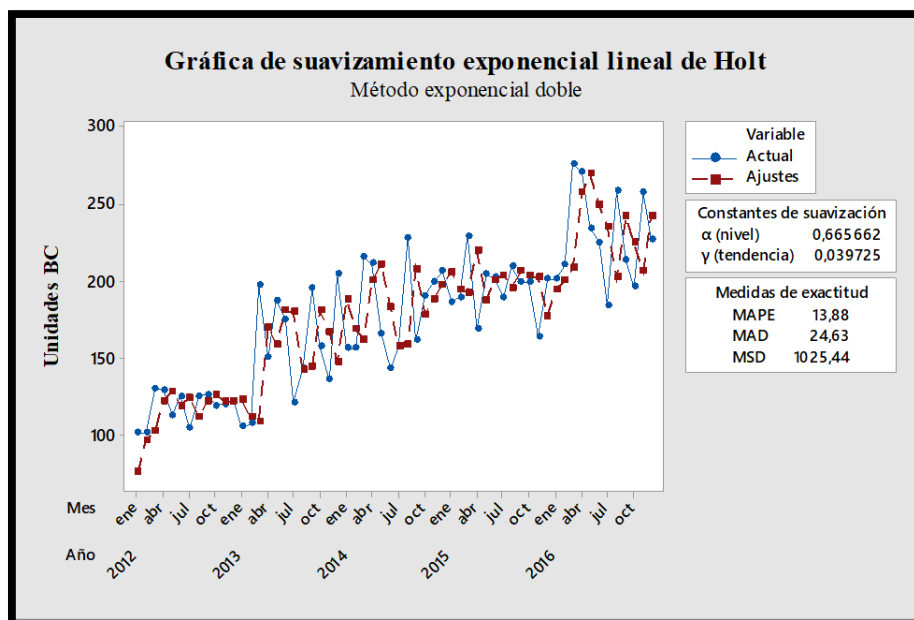
En estos resultados, los tres números son inferiores para el primer modelo en comparación con el segundo modelo. Por lo tanto, el primer modelo proporciona el mejor ajuste.



**Figura 5. 17 Suavizamiento exponencial simple.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

En esta gráfica de suavización simple, los ajustes no siguen estrechamente a los datos, lo cual indica que el modelo no se ajusta a los datos.



**Figura 5. 18 Suavizamiento exponencial doble o de Holt.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

El método de suavizamiento exponencial doble, a pesar de presentar márgenes de errores mayores al método de suavizamiento exponencial simple presenta un mejor ajuste en los datos, ya que estos siguen estrechamente a los datos. En definitiva, el modelo de que mejor se acopla a los datos utilizados, es el de suavizamiento exponencial simple, ya que presenta medidas de exactitud menores a las del suavizamiento exponencial doble.

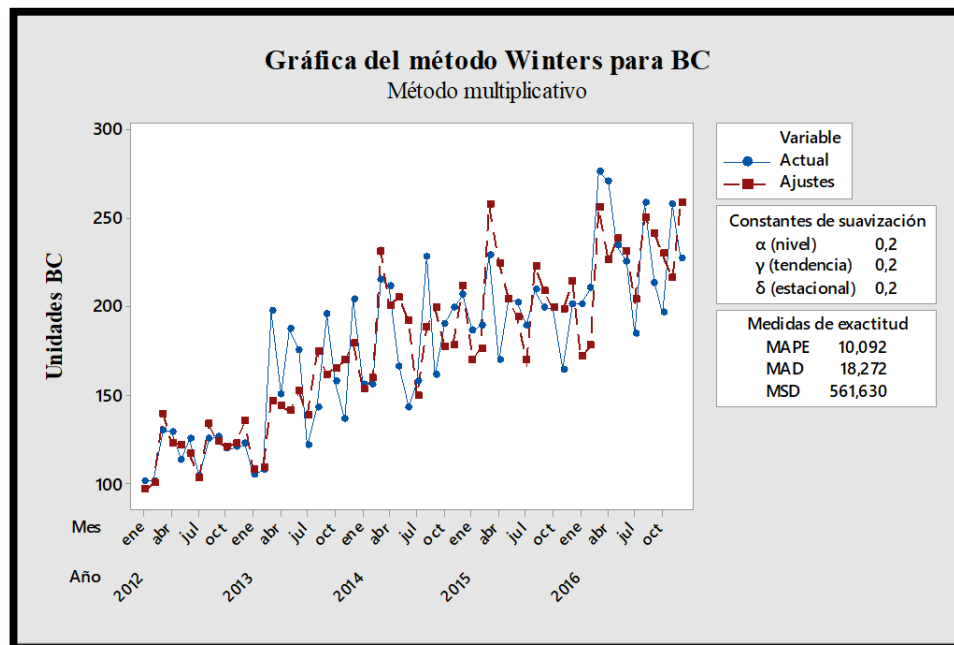
### 5.13 Suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional para bandejas chicas

Realizando una comparación entre los gráficos 5.18 y 5.19 ambos del método de Winters, con constantes óptimas de suavizamiento de 0,2 para  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\gamma$ . Se observa que en el gráfico del método aditivo, los ajustes siguen estrechamente a los datos y el patrón estacional y la tendencia son estables al final de los datos, por lo tanto, se puede concluir que es probable que los pronósticos sean exactos para el siguiente año, además del hecho que los márgenes de error presente en la tabla 5.15 son menores para el modelo aditivo, siendo este el que mejor se ajusta para pronosticar con nuestros datos, para las bandejas chicas.

**Tabla 5. 13 Márgenes de Error para el Método Winters.**

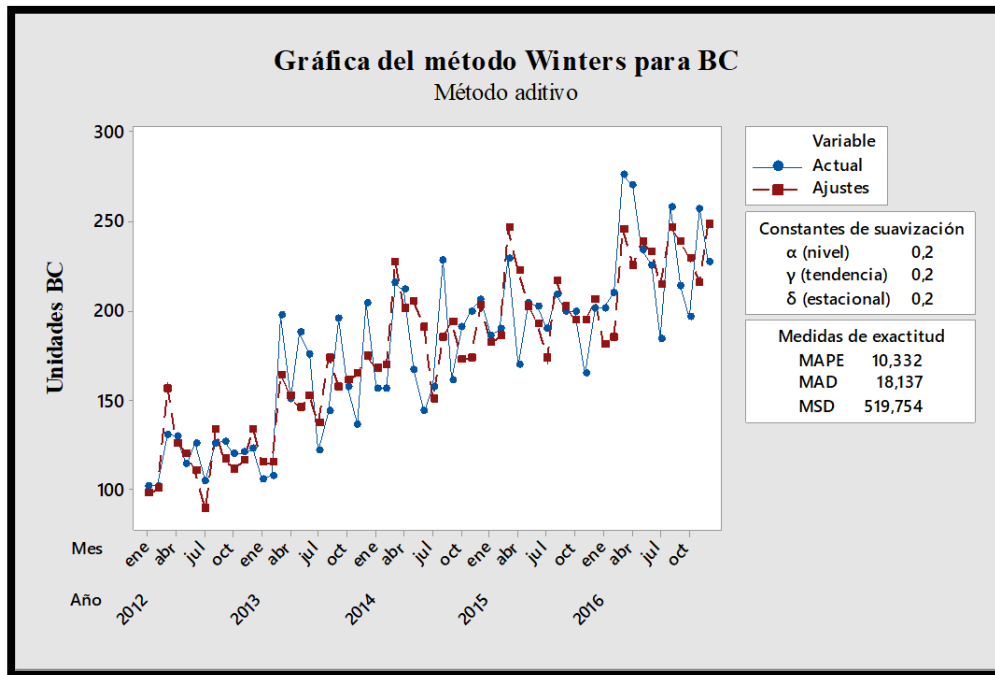
Error	Método Multiplicativo	Método Aditivo
MAPE	10,092	<b>10,332</b>
MAD	18,272	<b>18,137</b>
MSD	561,63	<b>519,754</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 5. 19 Método Winters (multiplicativo) para Bandejas Chicas.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.



**Figura 5. 20 Método Winters (aditivo) para Bandejas Chicas.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

#### 5.14 Análisis de regresión lineal simple para bandejas chicas

Como ocurrió en el caso de las unidades de bandejas grandes, se volverá a ocupar la variable independiente del tiempo abarcando desde el mes de enero 2012 hasta el mes de diciembre 2016. En la tabla 5.16 se encuentran los cálculos realizados para los respectivos periodos.

Tabla 5. 14 Datos de ventas de bandejas chicas.

Mes (x)	Demanda (y)	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	Pronóstico (Y)
1	101	101	1	10.201	113
2	101	202	4	10.201	115
3	130	390	9	16.900	117
4	129	516	16	16.641	119
5	113	565	25	12.769	122
6	125	750	36	15.625	124
7	104	728	49	10.816	126
8	125	1.000	64	15.625	128
9	126	1.134	81	15.876	130
10	119	1.190	100	14.161	132
11	120	1.320	121	14.400	134
12	122	1.464	144	14.884	137
13	105	1.365	169	11.025	139
14	107	1.498	196	11.449	141
15	197	2.955	225	38.809	143
16	150	2.400	256	22.500	145
17	187	3.179	289	34.969	147
18	175	3.150	324	30.625	149
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
60	227	13.620	3.600	51.529	239
<b>31</b>	<b>176</b>	<b>360.997</b>	<b>73.810</b>	<b>1.983.847</b>	

Fuente: Elaboración propia.

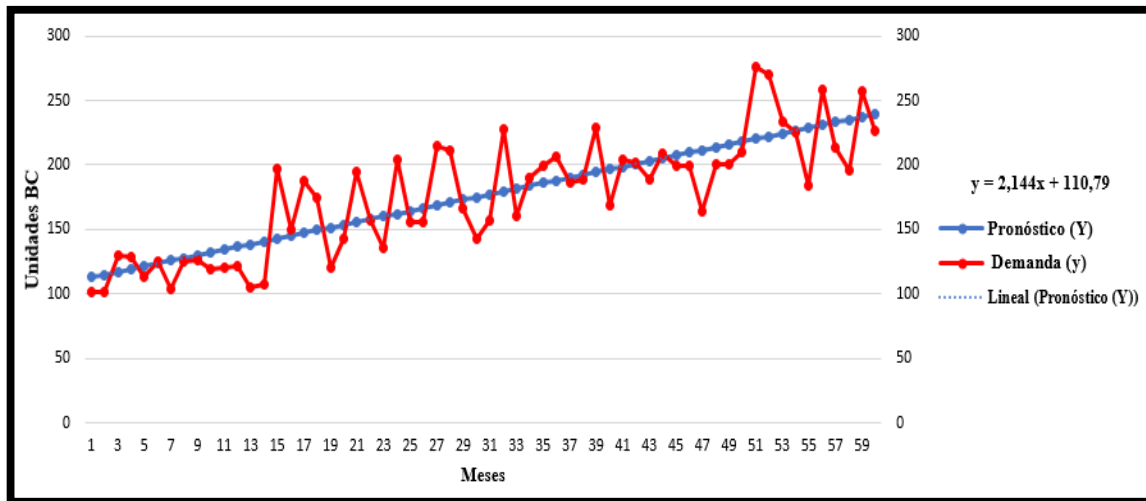
Con los valores que se presentan en la última fila de la tabla podemos calcular a y b, para así obtener los valores de la última columna (Y) que corresponde a la recta que más se ajusta a la demanda y; además de calcular el siguiente pronóstico. Cabe mencionar que las fórmulas fueron presentadas en el caso de las unidades de bandejas grandes.

$$b = 2,14 \quad (35)$$

$$a = 110,93 \quad (36)$$

$$y_{61} = 2,14(61) + 110,93 = 241,47 \quad (37)$$

A continuación, se presenta el gráfico de la demanda pronosticada con la aplicación de método de regresión lineal simple.



**Figura 5. 21 Gráfico regresión lineal bandejas chicas**

Fuente: Elaboración propia – Excel 2016.

Con el error estándar de estimación ( $S_{y,x}$ ), se puede determinar la variabilidad en torno a la recta de regresión. Con los datos obtenidos en nuestra tabla 5.16, reemplazamos en la siguiente fórmula y obtenemos:

$$s_{y,x} = 25,82 \quad (38)$$

Para conocer el coeficiente de correlación, el cual entregará una medida de asociación entre las variables X e Y, se debe realizar el siguiente cálculo:

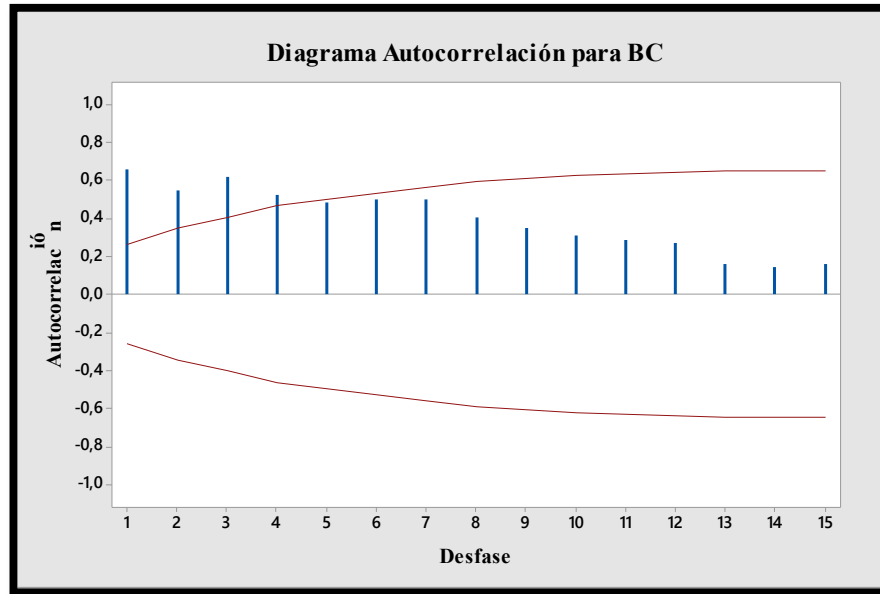
$$r = 0,83 \quad (39)$$

El resultado de este ejercicio es  $r = 0,825$ . Esto indica que la correlación es muy fuerte y positiva porque está cercana a 1. Como se explicó en el caso de las bandejas grandes, cuando  $r$  está entre 0 y 1, indica que existe una relación entre las variables.

### 5.15 Modelos Autorregresivos Integrados de Promedio Móvil, ARIMA

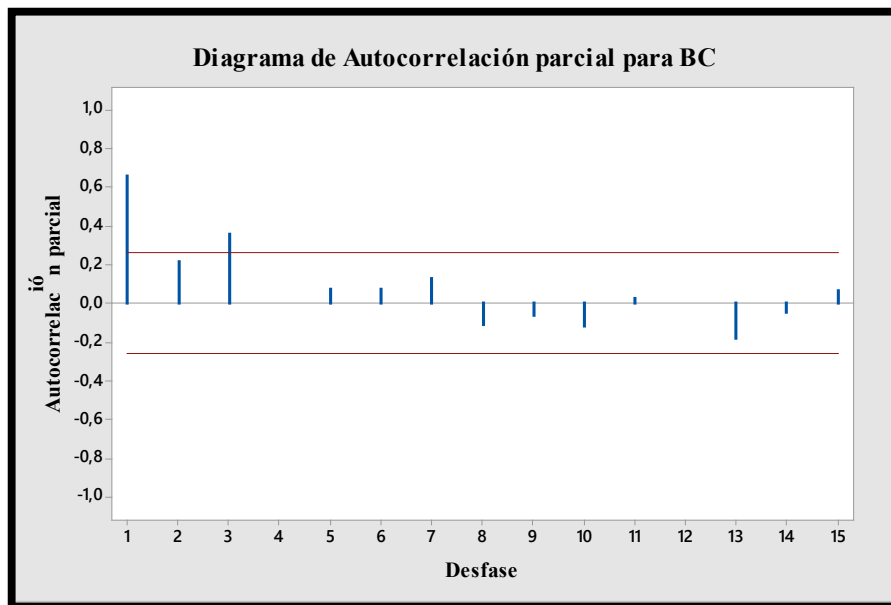
A continuación, se procede a utilizar el método de ARIMA para nuestra serie de datos de Bandejas Chicas.

**1.- Identificación Método ARIMA:** Se utilizan los diagramas de Autocorrelación (FAC) y Autocorrelación Parcial (FACP) para evaluar los valores de  $p$ ,  $d$ ,  $q$ .



**Figura 5. 22 Diagrama de Autocorrelación para bandejas chicas.**  
Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

La línea roja en ambos diagramas representa el intervalo de confianza, en donde lo que se encuentra fuera de esta, es una autocorrelación significativa.



**Figura 5. 23 Diagrama de Autocorrelación Parcial para Bandejas Chicas.**  
Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

**2.- Estimación del modelo ARIMA:** Una vez que se cuenta con el FAC y FACP, se procede a estimar los valores  $p$ ,  $d$ ,  $q$ , al observar el FAC y el FACP, se concluye que la serie se ajusta al modelo AR (1) y MA (1), debido a que el primer valor del FAC (Gráfico 6.21) es el más

significativo y se presenta un decrecimiento exponencial, para el FACP (grafico 6.22) se dan dos valores fuera del intervalo de confianza, pero el primero de mayor significancia y los demás valores presentan un comportamiento sinusoidal.

**3.- Validación Modelo ARIMA:** Una vez seleccionado el modelo ARIMA particular y tener estimados sus parámetros, se comprueba que el modelo elegido se ajuste a los datos de mejor manera para bandejas pequeñas, ya que otro modelo también puede hacerlo.

**Tabla 5. 15 Validación de los distintos modelos ARIMA para Bandejas Chicas.**

Modelo ARIMA	MC	Prioridad
<b>(0,1,1) (1,1,1)</b>	<b>333,165</b>	<b>1</b>
(0,1,1) (1,1,0)	517,73	2
(0,1,1) (1,0,1)	566,288	3
(0,1,1) (0,0,0)	697,092	4
(0,1,0) (1,1,0)	787,361	5
(1,0,0) (1,0,0)	1064,97	6
(0,1,0) (0,1,1)	1083,65	7
(1,1,0) (0,0,0)	1099,11	8
(1,0,0) (0,0,0)	1111,61	9
(0,0,1) (0,0,0)	1383,33	10

Fuente: Elaboración propia.

## 5.16 Resumen margen de error con modelos de pronósticos aplicados

De acuerdo con la tabla 5.18 podemos indicar que el modelo de pronóstico que más se ajusta a nuestros datos, presentando el menor margen de error corresponde al modelo ARIMA con un MSD: 333,165. Según los parámetros utilizados en el modelo, sólo arrojó un tipo de error con el cual pudimos evaluar, es por este motivo que se tomara en consideración el menor error que le sigue correspondiente al promedio móvil ponderado (MAPE: 6,34%, MAD: 7,09 Y MSD: 669,75). Para validar esta información se realizará una gráfica de probabilidad normal de residuos con ambos modelos.

**Tabla 5. 16 Resumen de errores.**

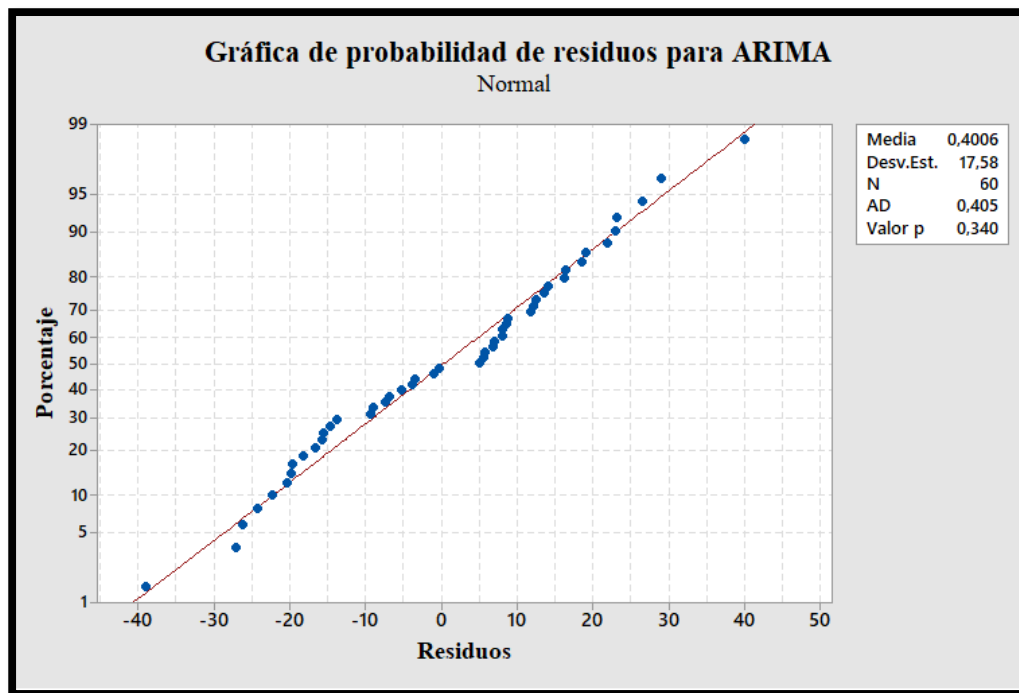
Método de Pronostico	Márgenes de Error			
	MAPE	MAD	MSD	Sy,x
Descomposición de la serie (multiplicativo)	8,44%	14,747	377,037	25,82
Promedio Móvil simple (n=3)	9,21%	10,713	489,337	
<b>Promedio Móvil ponderado</b>	<b>6,34%</b>	<b>7,09</b>	<b>669,75</b>	
Suavización Exponencial Simple	11,68%	21,251	825,806	
Suavización exponencial Doble	13,88%	24,63	1025,44	
Método de Winters (aditivo)	10,33%	18,137	519,754	
Regresión Simple				
<b>Modelo ARIMA</b>	<b>6,21%</b>	<b>6,73</b>	<b>333,165</b>	

Fuente: Elaboración propia.

### 5.16.1 Validación por Método de Anderson-Darling

Al comparar las gráficas, se puede apreciar claramente que los datos del modelo ARIMA están menos dispersos alrededor de la media; por lo tanto, su desviación estándar es bastante menor que en la gráfica de promedio móvil ponderado representado por un 17,58. Como el valor  $p$  es menor al nivel de significancia en el modelo de promedio móvil ponderado y mayor que el nivel de significancia (0.05) en modelo ARIMA, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. Por ende, el modelo que se ajusta mejor para las bandejas chicas corresponde a ARIMA.

- Valor  $p \leq \alpha$ : Los datos no siguen una distribución normal (Rechaza  $H_0$ )
- Valor  $p > \alpha$ : no se puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (No puede rechazar  $H_0$ )



**Figura 5. 24 Gráfico de probabilidad de residuos para ARIMA.**

Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

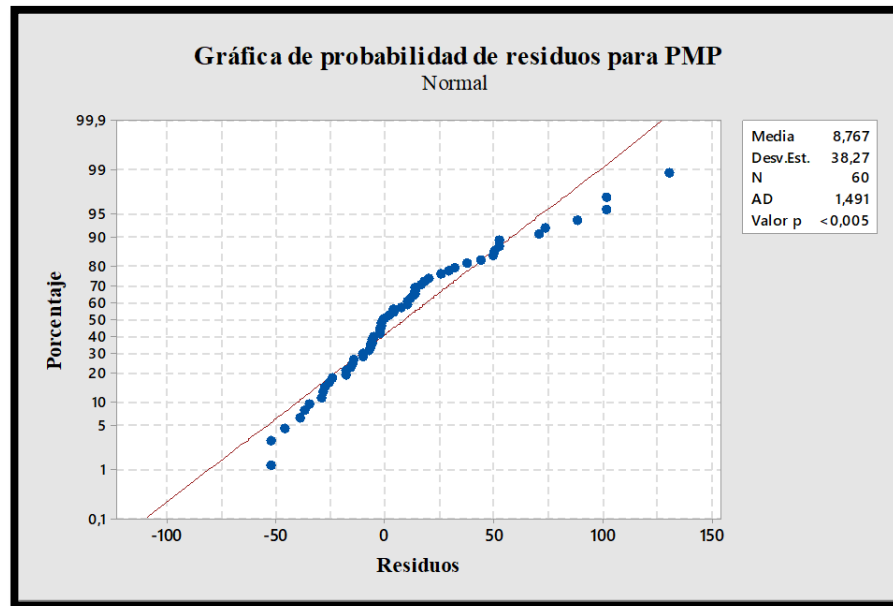


Figura 5. 25 Gráfico de probabilidad de residuos para promedio móvil ponderado.  
Fuente: Elaboración propia – Minitab18.

### 5.16.2 Validación por Método de Durbin-Watson

Al Igual que en el caso de las bandejas grandes se aplica Durbin-Watson para la evaluación de la existencia de autocorrelación, en los pronósticos de las bandejas chicas que arrojaron el menor error, promedio móvil ponderado y ARIMA, los cuales proyectaron los siguientes resultados:

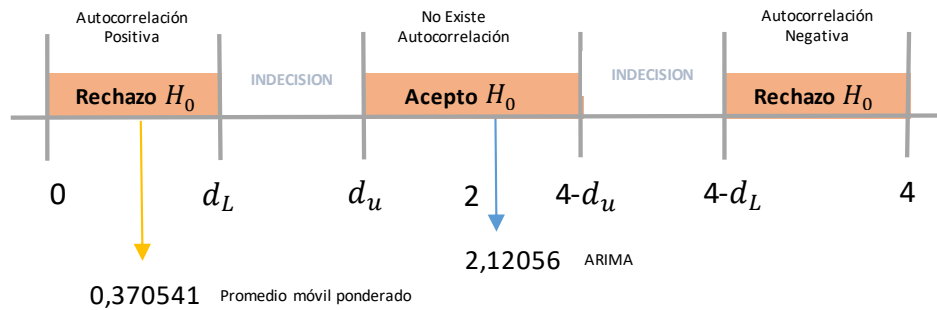
- **Promedio Móvil Ponderado**

El valor del Durbin-Watson es de 0,370541 para 52 observaciones y dos variables al 5% los valores de la tabla estadística son  $d_L=1,408$  y  $d_u=1.767$ . Lo cual evidencia una autocorrelación positiva como se muestra en la figura 5.26, por lo tanto, se rechaza  $H_0$ , debido a que la autocorrelación es distinta de cero.

- **ARIMA**

El valor del Durbin-Watson es de 2,12056 para 11 observaciones y dos variables al 5% los valores de la tabla estadística son  $d_L=0,697$  y  $d_u=1,641$ . Lo cual indica que no existe autocorrelación como se muestra en la figura 5.26, por ende, se acepta  $H_0$ , ya que la Hipótesis nula asegura que la autocorrelación es cero, versus la opción que asevera que es distinta de cero

A través de este método se concluye que el pronóstico más adecuado es el de ARIMA, de la misma forma que se estableció con el método de Anderson-Darling.



**Figura 5. 26 Evaluación método D-W**  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.17 Modelo gestión de abastecimiento de inventario para bandejas grandes

Para proceder con la construcción del modelo de inventario de periodo fijo, se realizarán los cálculos pertinentes para obtener la demanda mensual y diaria en unidades de bandejas grandes y desviación estándar presentado en la tabla 5.19:

- $d$  = Demanda mensual
- $\bar{d}$  = Demanda promedio

**Tabla 5. 17 Relación del consumo del producto en el periodo enero a diciembre 2016.**

Meses	Demanda mensual ( $d$ )	$(d - \bar{d})$	$(d - \bar{d})^2$
Enero-16	600.490	-2.089	4.362.946
Febrero-16	702.709	2.000	3.999.973
Marzo-16	722.412	2.788	7.773.576
Abril-16	613.284	-1.577	2.486.950
Mayo-16	625.284	-1.097	1.203.424
Junio-16	611.629	-1.643	2.700.128
Julio-16	626.215	-1.060	1.123.105
Agosto-16	635.269	-698	486.655
Septiembre-16	712.613	2.396	5.741.551
Octubre-16	722.736	2.801	7.846.012
Noviembre-16	616.583	-1.445	2.088.160
Diciembre-16	643.286	-377	142.074

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

La demanda promedio mensual es 652.709 unidades, por lo tanto, el coeficiente de variación es  $0,29\% < 20\%$ , lo que indica que es una demanda determinística estable. La desviación estándar es igual a  $\sigma_{T+L} = 8.523$  (40)

- P: Nivel de servicio deseado 95%
- Periodo de revisión (T): 15 días
- Periodo de reposición (L): 5 días

Finalmente, de acuerdo con los registros entregados por la empresa Ideal respecto del consumo de los productos críticos y sus fechas de pedidos, se muestra que el valor de  $q$  en relación con el inventario inicial corresponde a:

$$q = 26.128*(15+5) + 1,96*8.523 - 3.899 = 535.366 \quad (47)$$

Por lo tanto, es necesario recibir el pedido el día 16 de enero, por 517.422 unidades.

## 5.18 Modelo gestión de abastecimiento de inventario para bandejas chicas

Para el caso de las bandejas chicas se repiten los mismos pasos anteriormente descritos:

- $d$  = Demanda mensual
- $\bar{d}$  = Demanda promedio

**Tabla 5. 18 Relación del consumo del producto en el periodo enero a diciembre 2016.**

Meses	Demanda mensual (d)	Demanda diaria (d)	$(d - \bar{d})$	$(d - \bar{d})^2$
Enero-16	201.488	8.060	-1.114	1.240.305
Febrero-16	210.384	8.415	-758	574.337
Marzo-16	275.823	11.033	1.860	3.458.521
Abril-16	270.208	10.808	1.635	2.673.585
Mayo-16	233.599	9.344	171	29.156
Junio-16	224.506	8.980	-193	37.237
Julio-16	184.238	7.370	-1.804	3.253.298
Agosto-16	258.320	10.333	1.160	1.344.649
Septiembre-16	213.470	8.539	-634	402.476
Octubre-16	196.233	7.849	-1.324	1.752.685
Noviembre-16	256.637	10.265	1.092	1.193.054
Diciembre-16	227.057	9.082	-91	8.268

Fuente: Elaboración propia en base a información de KPI logísticos Ideal S.A.

La demanda promedio mensual corresponde a 229.330 unidades; por lo tanto, el coeficiente de variación es  $0,52\% < 20\%$ , lo que indica que es una demanda determinística estable.

La desviación estándar es igual a:

$$\sigma_{T+L} = 1.204,82 \quad (41)$$

- P: Nivel de servicio deseado 95%
- Periodo de revisión (T): 15 días
- Periodo de reposición (L): 5 días

Finalmente, de acuerdo con los registros entregados por la empresa Ideal respecto del consumo de los productos críticos y sus fechas de pedidos, se muestra que el valor de  $q$  corresponde a:

$$q = 184.910 \quad (42)$$

Es necesario recibir el pedido el día 23 de enero, por 156.552 unidades, ya que se mantiene un stock de inventario inicial.

### 5.19 Validación modelo de gestión de abastecimiento para bandejas grandes y chicas

Para poder validar el modelo de inventario de periodo fijo se efectuará una tabla comparativa para demostrar la situación de la empresa en la actualidad, frente a los cambios con la propuesta de mejor aplicada, los datos que se evaluaron pertenecen al periodo enero 2016 hasta diciembre 2016.

**Tabla 5. 19 Comparación modelos de inventario.**

Descripción	Situación actual	Situación con proyecto	Indicadores en %
Paralizaciones en horas	73	6,5	-91%
Costo de oportunidad	MM\$933	MM\$78	-92%
Quiebres en unidades	596.184	49.818	-84%
Stock promedio BG en \$	MM\$12.140	MM\$18.210	67%
Stock promedio BG en unidades	3.916.255	5.874.383	53%
Stock Promedio BC en \$	MM\$4.170	MM\$6.255	58%
Stock Promedio BC en unidades	1.489.510	2.234.265	49%

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el modelo propuesto; si se hubiera solicitado las 535.366 unidades de bandejas grandes y las 184.910 unidades de bandejas chicas, las paralizaciones de la planta productiva se hubieran reducido a 6,5 horas, producto de un 5% de margen de error de los pronósticos de la demanda, es decir, con la propuesta de mejora los quiebres de stock se reducen en un 91%.

## 6 Evaluación de la propuesta

El presente capítulo hace referencia a la viabilidad económica que presentan los modelos de proyección, las cuales fueron detalladas en el capítulo 5, con el fin de analizar las ventajas y desventajas de asignar al proyecto propuesto los recursos económicos que sean necesarios para su implementación. A lo largo de este estudio se ha manifestado el gran problema de la paralización de las líneas productivas producto de los quiebres de stock de bandejas de traslado y almacenamiento, con esto la compañía no lograba cumplir con las expectativas de la gerencia ni con la demanda solicitada por las agencias de ventas. Para evaluar el modelo matemático validado con el estadístico de bondad de ajuste de Anderson-Darling se utilizará un análisis costo/beneficio, el cual medirá la relación entre los costos y beneficios asociados a este proyecto con el fin de verificar su rentabilidad.

### 6.1 Análisis de gastos actuales

En la tabla 6.1 se pueden observar los gastos que posee actualmente Ideal S.A. esto incluye gastos por paralizaciones en las líneas productivas por quiebres de stock de bandejas y también compras de bandejas extras. El flujo fue realizado contemplando los productos que más incidencia tienen en los ingresos de la compañía obteniéndose la siguiente tabla:

**Tabla 6. 1 Flujo de gasto operacional sin proyecto.**

Años	0	1	2	3	4	5
Compra de bandejas	-	\$-226.500.000	\$-237.825.000	\$-252.094.500	\$-269.741.115	\$-291.320.404
Gasto paralización	-	\$-747.018.176	\$-784.369.085	\$-791.839.267	\$-799.309.448	\$-806.779.630
Compra de bandejas extras	-	\$-550.794.700	\$-578.334.435	\$-583.842.382	\$-589.350.329	\$-594.858.276
<b>Subtotal</b>	-	<b>\$-1.524.312.876</b>	<b>\$-1.600.528.520</b>	<b>\$-1.627.776.149</b>	<b>\$-1.658.400.892</b>	<b>\$-1.692.958.310</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2 Análisis de gastos con mejora

Para la implementación en la compañía de los métodos de pronósticos validados (ARIMA y promedio móvil simple), se sugiere comprar la licencia del software Minitab18. El software se presenta como una útil herramienta, la cual les otorga un análisis completo de los datos a los usuarios, así como también un fácil uso. Se debe adquirir la licencia avanzada que posee mayor número de funcionalidades y que permiten obtener mejor gráficas, a diferencia de la versión básica que sólo permite visualizar contenido, la cual tiene costo de \$2.358.000 con duración de 2 años, la que se debe renovar cada período. Además, considerar una capacitación para el uso de estas funcionalidades avanzadas, la que también debiese realizarse al momento de adquirir una nueva licencia, y que cuesta \$1.000.000. En el caso del modelo de inventario de periodo fijo no se incurren en gastos, puesto que la empresa cuenta con bodegas específicas para los productos críticos. Los gastos presentados en la tabla 6.2 son valores aproximados otorgados por el área control de equipos, debido a confidencialidad de información respecto de valor exacto de sueldos y otros.

**Tabla 6. 2 Flujo de gasto operacional con proyecto.**

<b>Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Compra de bandejas	-	\$-226.500.000	\$-237.825.000	\$-252.094.500	\$-269.741.115	\$-291.320.404
Gasto paralización	-	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Compra de bandejas extras	-	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Modelo de inventario	-	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Subtotal</b>	<b>-</b>	<b>\$-226.499.999</b>	<b>\$-237.825.000</b>	<b>\$-252.094.500</b>	<b>\$-269.741.115</b>	<b>\$-291.320.404</b>
Software Minitab18	<b>\$-2.358.000</b>					
Capacitación Minitab18	<b>\$-1.000.000</b>					

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3 Análisis de flujo diferencial del proyecto

Se puede indicar que este flujo de ahorros positivo es la diferencia del flujo de gastos operacional con y sin proyecto, el cual se evaluó como ingresos en función de la inversión para compensar la inversión de este software puesto que aquí ya no hay gastos en paralizaciones de las líneas productivas ni tampoco compra de bandejas extras gracias a esta herramienta. En un horizonte de 5 años, el VAN es \$4.373.902.508, lo que indica el beneficio adquirido si se implementa el proyecto generando un ahorro al primer año igual a \$1.297.812.877, y una TIR de 38.653%, la cual indica un alto porcentaje de rentabilidad. Por lo tanto, estos datos nos muestran que es totalmente beneficioso y rentable para la compañía hacer la transformación.

**Tabla 6. 3 Flujo diferencial del proyecto con mejora.**

<b>Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Flujo diferencial	<b>\$-3.358.000</b>	\$1.297.812.877	\$1.362.703.520	\$1.375.681.649	\$1.388.659.777	\$1.401.637.906
VAN del proyecto	<b>4.373.902.508</b>					
TIR del proyecto	<b>38653%</b>					

Fuente: Elaboración propia.

## 7 Diseño de la propuesta de mejora

Es imprescindible conocer el conjunto de limitaciones que determinan la viabilidad de la propuesta seleccionada. Definir el mejor orden de prioridad no es tan fácil como proponer, en primer lugar, la realización de acciones asociadas a los factores más inmediatos, sino que se deben tener en cuenta otros criterios en la decisión. Entre los primordiales podemos encontrar:

### 7.1 Propuesta 1 – Pronósticos

De acuerdo con los diferentes métodos de pronósticos aplicados, se establecieron los siguientes pasos para llevar a cabo la propuesta.

#### 7.1.1 Capacitación del personal

El obstáculo en la implementación de una acción de mejora puede ser un factor clave, ya que puede llegar a establecer la consecución, o no, del mismo. A continuación, se muestran los grados de dificultad:



**Figura 7. 1 Capacitación de Personal.**  
Fuente: Elaboración propia.

Para la implementación del software Minitab18 es necesario validar la herramienta con la gerencia y jefatura del área control de equipos, cotizar diversas entidades que realicen la capacitación de ese software en específico para personal de Ideal y a la vez realizar la modificación del sistema actual. Es por esta razón que se le otorgará un orden de priorización correspondiente a regular (2).

#### 7.1.2 Tiempos de capacitación

Se debe tener en consideración el tiempo que dure la capacitación el cual corresponde aproximadamente a una semana, también se debe tomar en cuenta que esta nueva herramienta afectará a toda la compañía, evitando los tiempos muertos en los cuales se generará mayor producción.



**Figura 7. 2 Tiempos de capacitación.**

Fuente: Elaboración propia.

La búsqueda de este software puede ser encontrada fácilmente, así como su licencia por los años que se requiera. Se necesitan 3 semanas más para poder iniciar al personal con estos nuevos cambios de herramientas para el control exhaustivo de la compra de bandejas grandes y chicas. Es por esta razón que se le otorgará un orden de priorización correspondiente a medio (2).

### 7.1.3 Proceso de adaptación

La puesta en marcha del software en la compañía compromete a todo el personal, en especial al encargado del área, además se necesita agregar y modificar actividades del proceso, cambiando la forma de compras de bandejas y control en la recepción de estas. Se decidió otorgarle un orden de priorización correspondiente a mucho (4).



**Figura 7. 3 Proceso de adaptación.**

Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.4 Seguimiento de la propuesta

En esta etapa se debe elaborar un cronograma para el seguimiento e implementación de las acciones de mejora. En el mismo, se dispondrán de manera ordenada las prioridades con los plazos establecidos para el desarrollo de estas. Así como también el control del funcionamiento de las mejoras, el cual tiene por objetivo evaluar la efectividad y verificar su correcto uso. La administración estará a cargo de exponer mensualmente los indicadores de productividad y rendimiento.

**Tabla 7. 1 Carta Gantt para la implementación del proyecto.**

Nombre de la actividad	Semanas					
	1	2	3	4	5	6
Cotización del software						
Compra del Software y licencia						
Instalación software						
Capacitación del personal						
Ejecución del proyecto						
Marcha blanca						

Fuente: Elaboración propia.

## 7.2 Propuesta 2 – Gestión de abastecimiento de inventario

Para el modelo de inventario de periodo fijo, se debe contar con la información pertinente a la demanda mensual y diaria en unidades de bandejas, para ello se requiere que se incorporen procesos que permitan mantener un control de estas.

Para realizar una correcta gestión de abastecimiento de inventario se deberá realizar:



**Figura 7. 4 Propuesta gestión de abastecimiento de inventario**  
Fuente: Elaboración propia.

**1.-Inventario mensual:** Con esto se pretende determinar no solo la cantidad de bandejas con que se cuenta dentro de la empresa y en tránsito, sino que también dar conocimiento del estado de estas, para determinar la vida útil que posee.

**2.-Control de entrada:** Llevar una correcta base de información, con respecto a la cantidad de bandejas que entran constantemente, ya sea en retorno (devolución de productos) o solo vacías.

**3.-Control de salida:** Realizar un registro contante y correcto, de acuerdo con cuando salen las bandejas con productos de la fábrica, del centro de distribución y posteriormente de las agencias, y realizar un cruce de estas, para llevar un correcto control de estas.

Mediante las figuras 7.5 y 7.6 se muestra una planilla en la cual Ideal pueda mantener un registro exhaustivo del control de stock dentro del centro de distribución. De acuerdo con los datos se puede saber el día en que se necesita realizar un nuevo pedido para evitar las paralizaciones en las líneas productivas. También al tener un registro exacto de donde están ubicadas las bandejas, optimiza los tiempos de traslado.

INVENTARIO - PERIODO FIJO					
NUEVO PEDIDO (autollenado)	No. ARTÍCULO	FECHA DEL ÚLTIMO PEDIDO	NOMBRE DEL ARTÍCULO	PROVEEDOR	UBICACIÓN DE STOCK
OK	BG7#34	20-12-2016	BANDEJA GRANDE	WENCO S.A	BODEGA PAN
OK	BC9#101	28-12-2016	BANDEJA CHICA	WENCO S.A	BODEGA RETORNO
NUEVO PEDIDO	BC9#101	23-01-2017	BANDEJA CHICA	WENCO S.A	BODEGA DULCE
NUEVO PEDIDO	BG7#34	16-01-2017	BANDEJA GRANDE	WENCO S.A	BODEGA PAN
OK	BG7#34	16-01-2017	BANDEJA GRANDE	WENCO S.A	BODEGA AGENCIAS
OK	BC9#101	23-01-2017	BANDEJA CHICA	WENCO S.A	BODEGA DULCE
NUEVO PEDIDO	BG7#34	06-02-2017	BANDEJA GRANDE	WENCO S.A	BODEGA PAN
NUEVO PEDIDO	BC9#101	13-02-2017	BANDEJA CHICA	WENCO S.A	BODEGA RETORNO

**Figura 7. 5 Planilla para control de stock de inventario parte 1.**  
Fuente: Elaboración propia.

VALOR TOTAL DEL INVENTARIO				
527.963.200				
VALOR POR BANDEJA	CANTIDAD EN STOCK	VALOR TOTAL	DÍAS PARA NUEVO PEDIDO (T+L)	CANTIDAD DEL NUEVO PEDIDO
\$3.100,00	70.263	\$217.815.300,00	30	0
\$2.800,00	25.262	\$70.733.600,00	30	0
\$2.800,00	18.273	\$51.164.400,00	20	156.552
\$3.100,00	4.372	\$13.553.200,00	20	517.422
\$3.100,00	18.273	\$56.646.300,00	15	0
\$2.800,00	4.372	\$12.241.600,00	15	0
\$3.100,00	21.736	\$67.381.600,00	20	578.634
\$2.800,00	13.724	\$38.427.200,00	20	201.746

**Figura 7. 6 Planilla para control de stock de inventario parte 2.**  
Fuente: Elaboración propia.

## 8 Conclusiones y recomendaciones

### 8.1 Conclusión

El presente trabajo se realizó con la finalidad de poder proporcionar al área control de equipos de la empresa Ideal S.A una herramienta que permita poder pronosticar la demanda mensual de sus productos críticos, así como también un modelo de gestión de abastecimiento de inventario el cual indique las órdenes de pedido y stock de seguridad.

Se estudió el movimiento de las bandejas mensuales desde enero 2012 hasta diciembre de 2016, aplicando métodos estadísticos de series de tiempo como promedio móvil simple y ponderado, suavizamiento exponencial simple, doble y triple, descomposición de la serie, la metodología Box-Jenkins y también regresión lineal, estos métodos se implementaron con los programas computacionales: Minitab versión 18, además de tabular algunos datos y gráficos en Excel 2016. También se implementó el modelo de periodicidad fija en el caso de la construcción del modelo de gestión de abastecimiento.

En base a los gastos de la compra y licencia del software, queda demostrado que no es una gran inversión en comparación a todos los beneficios que este conlleva, ya que este gasto de \$2.358.000 más la capacitación de monto \$1.000.000 se traduce en la eliminación de compras extras de bandejas de traslado.

Gracias a las técnicas y modelos aplicados, pudimos observar que, si se puede pronosticar la demanda de bandejas grandes y chicas por medio de métodos de pronósticos cuantitativos, a pesar de las dificultades que los datos nos entregaron (por lo que se tuvo que redondear), se pudo obtener un modelo de pronóstico adecuado para cada tipo de bandeja. A continuación, se muestran los comentarios de los modelos obtenidos para bandejas grandes y chicas:

- **Bandejas chicas:** Para este caso se validaron los modelos que obtuvieron el menor error, los cuales fueron promedio móvil ponderado (MAPE: 6,34%; MAD: 7,09 Y MSE: 669,75) y modelo ARIMA (MAPE: 6,21%; MAD: 6,73 Y MSE: 333,165). El estadístico Anderson Darling, mide el área entre la línea ajustada y la función de distribución empírica. El modelo ARIMA se ajustó mejor a la distribución de los datos, por lo tanto, este estadístico fue menor para este caso.
- **Bandejas grandes:** El modelo que mejor se ajusta es el promedio móvil simple, a pesar de que el modelo de promedio móvil ponderado haya obtenido un menor error, mediante un análisis de normalidad se comprobó que con el promedio móvil simple no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, no se podría concluir que los datos no seguían una distribución normal, a diferencia del promedio móvil ponderado que obtuvo un valor P que supera el nivel de significancia de 0,05. Un valor menor al 0,05 implica que los datos si siguen una distribución normal.

Para el caso del modelo de periodo fijo nos entregó una información concreta respecto de cuantas ordenes de pedido y la cantidad que debe incluir cada una de ellas, así como también el stock que debe poseer el inventario de seguridad. De esta forma la empresa reduce al 95% sus problemas por estimaciones en las compras de bandejas. Este modelo indica que cuando las bandejas grandes lleguen a 16.705 unidades o menos se debe realizar un nuevo pedido, en el caso de las bandejas chicas, las unidades deben ser igual o menor a 9.173 para realizar un nuevo pedido, en ambos casos el periodo de revisión es cada 15 días y 5 días el tiempo de entrega de los nuevos productos críticos.

Mediante los resultados indicados por el software Minitab18 se concluye que, que al implementar esta herramienta en el área control de equipos y recepción de bandejas, eliminando los tiempos muertos ocasionados por las interrupciones temporales de las líneas productivas en la planta de Ideal, es posible aumentar los ingresos de la compañía en \$1.297.812.877, eliminando el 80,5% de los problemas dentro del área analizada.

Cabe señalar que la correcta e íntegra utilización del software, permitirá reducir totalmente el ocio en los trabajadores generado por las paralizaciones, y programar los pedidos de manera efectiva, logrando hacer llegar el producto a todos sus clientes, sin incurrir en gestiones extras por parte de las empresas que habían solicitado previamente el pedido en Ideal, ni gastos no contemplados.

Para finalizar, la perfección en una organización viene marcada por su capacidad de resolver los problemas claves y la mejora continua de cada uno de estos. Ésta mejora se origina cuando tal organización planifica su futuro teniendo en cuenta el entorno que la rodea.

## **8.2 Recomendaciones**

En observación de los resultados obtenidos en esta investigación y ante posibles estudios que faciliten una mejora en los pronósticos de bandejas, se hace mención a ciertas recomendaciones para tener presente, como:

- Contar con una cantidad importante de datos, para que de esta forma el pronóstico seleccionado, tenga una mayor precisión en su proyección.
- Realizar un análisis propicio del comportamiento de la información con la cual se cuenta, como también el tipo de relación del pronóstico se debe considerar en la elección.
- Establecer un control en el envío y recepción de los equipos más exhaustivo, para prevenir el extravío y no alterar los resultados de los pronósticos.

Es importante conservar el desarrollo de las propuestas realizadas, para ir obteniendo mejores resultados en los indicadores de progreso, hasta que se cuente con propuestas que demuestren ser más efectivas.

## Bibliografía

- ANECA. (20 de 12 de 2017). *Plan de mejoras*. Obtenido de Herramienta de trabajo:  
[http://www.uantof.cl/public/docs/universidad/direccion\\_docente/15\\_elaboracion\\_plan\\_de\\_mejoras.pdf](http://www.uantof.cl/public/docs/universidad/direccion_docente/15_elaboracion_plan_de_mejoras.pdf)
- Casimiro, M. P. (17 de 10 de 2017). *Análisis de series temporales: Modelos ARIMA*. Obtenido de Addi: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/12492/04-09gon.pdf;jsessionid=413BB14CE9CC0EBB59592E150C123996?sequence=1>
- Gremio industrial del pan Chile*. (28 de 10 de 2017). Obtenido de Sofo:  
[http://www.sofo.cl/\\_doc/gremial/seminario%20trigo/Fechipan.pdf](http://www.sofo.cl/_doc/gremial/seminario%20trigo/Fechipan.pdf)
- Hanke, W. (2010). *Pronosticos en los negocios*. México: Pearson Education.
- Hurtado, G. R. (19 de 10 de 2017). *Series de tiempo*. Obtenido de Universidad de Chile:  
[https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material\\_docente/](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material_docente/)
- J.R. Hilera González, V. M. (1995). *Redes neuronales artificiales: Fundamentos, metodos y aplicaciones*. Madrid: RA-MA.
- Jimenez J., G. J. (2006). La capacidad predictiva de los métodos Box-Jenkins y Holt Winters. *Revista Europea de dirección y economía de la empresa*, 185-198.
- Llanos, R. Q. (19 de 10 de 2017). *Técnicas de suavización*. Obtenido de Renanquispellanos:  
<http://renanquispellanos.com/recursos/aporte%20intelectual/tecnicas%20prediccion/12.unidad9.pdf>
- Mauricio, J. A. (9 de 10 de 2017). *Análisis de series temporales*. Obtenido de Página principal de E. Faleiro: <http://mandelbrot.fais.upm.es/html/timeseries/docs/JAM-IASST-Libro.pdf>
- Naihm Caba, O. C. (2011). *Gestión de la producción y operaciones*.
- Newbold, P. (s.f). *Estadística para administración y enocomía*. Madrid: Pearson.

- Posición de Fechipan*. (5 de 10 de 2017). Obtenido de Camara de diputados:  
<https://www.camara.cl/pdf.aspx?prmID=18731&prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION>
- Rafael de Arce, R. M. (5 de 10 de 2017). *Modelos Arima*. Obtenido de Universidad Autónoma de Madrid:  
[https://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/anadelsur/pdf/Box-Jenkins.PDF](https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/anadelsur/pdf/Box-Jenkins.PDF)
- Richard B. Chase, F. R. (2009). *Administración de operaciones, Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- Shroeder, R. G. (1998). Administración de operaciones. En R. G. Shroeder, *Administración de operaciones: Toma de decisiones en la función de las operaciones*. (págs. 52-91). México: MC-Graw-Hill.
- Taha, H. A. (2012). *Investigación de operaciones*. México: Pearson.
- Vidal, T. A. (23 de 10 de 2017). *Introducción a las redes neuronales*. Obtenido de Universidad técnica Santa María:  
<http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/soft-comp/Introduccion%20a%20las%20redes%20neuronales.pdf>
- Webster, A. L. (2001). Estadística aplicada a los negocios y a la economía. En A. L. Webster, *Estadística aplicada a los negocios y a la economía* (págs. 412-446). Colombia.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría, un enfoque moderno*. México: Cengage Learning.

## Anexos

**Tabla A1 Distribución Chi Cuadrado  $\chi^2$**

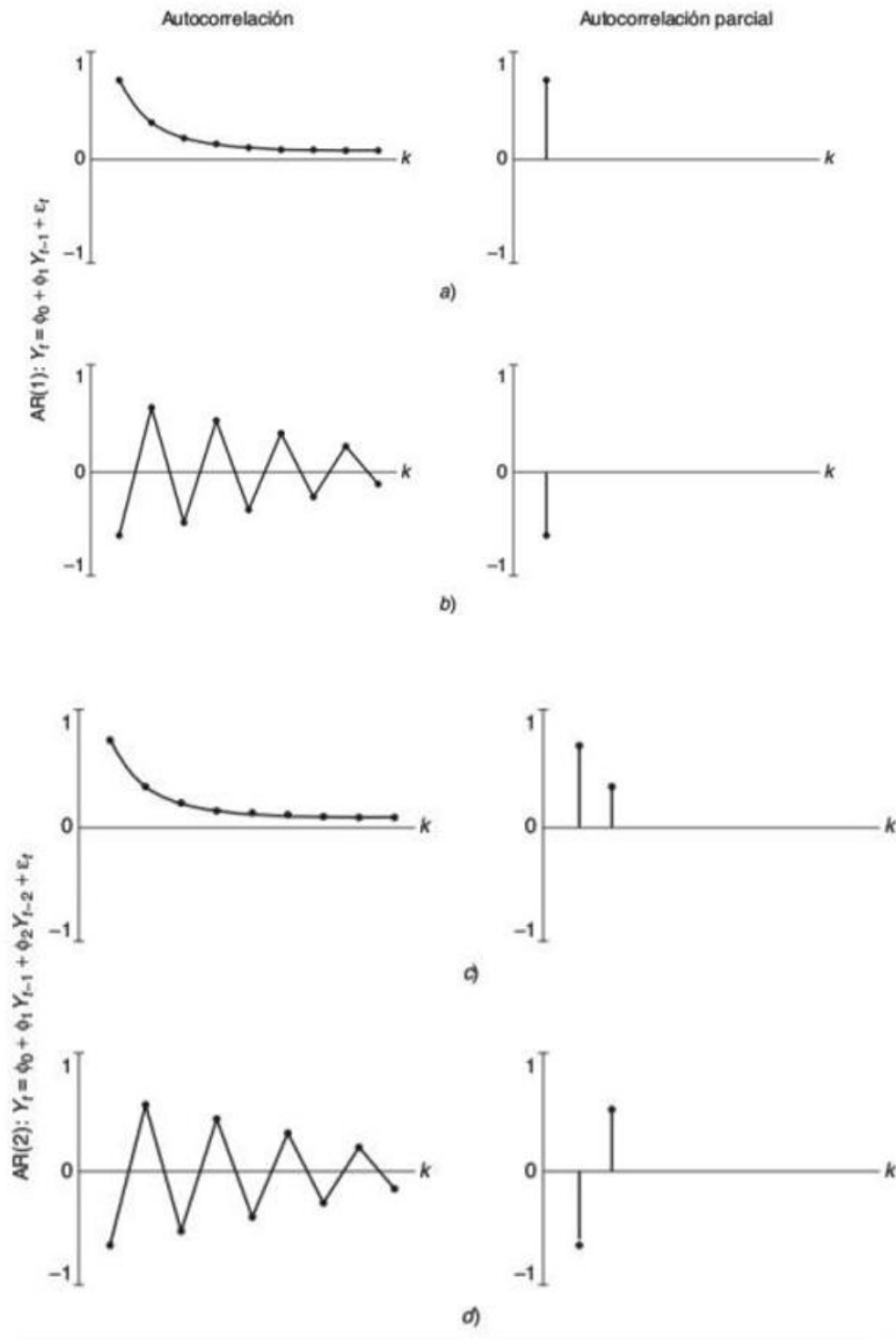
- P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado.
- v = Grados de Libertad.

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

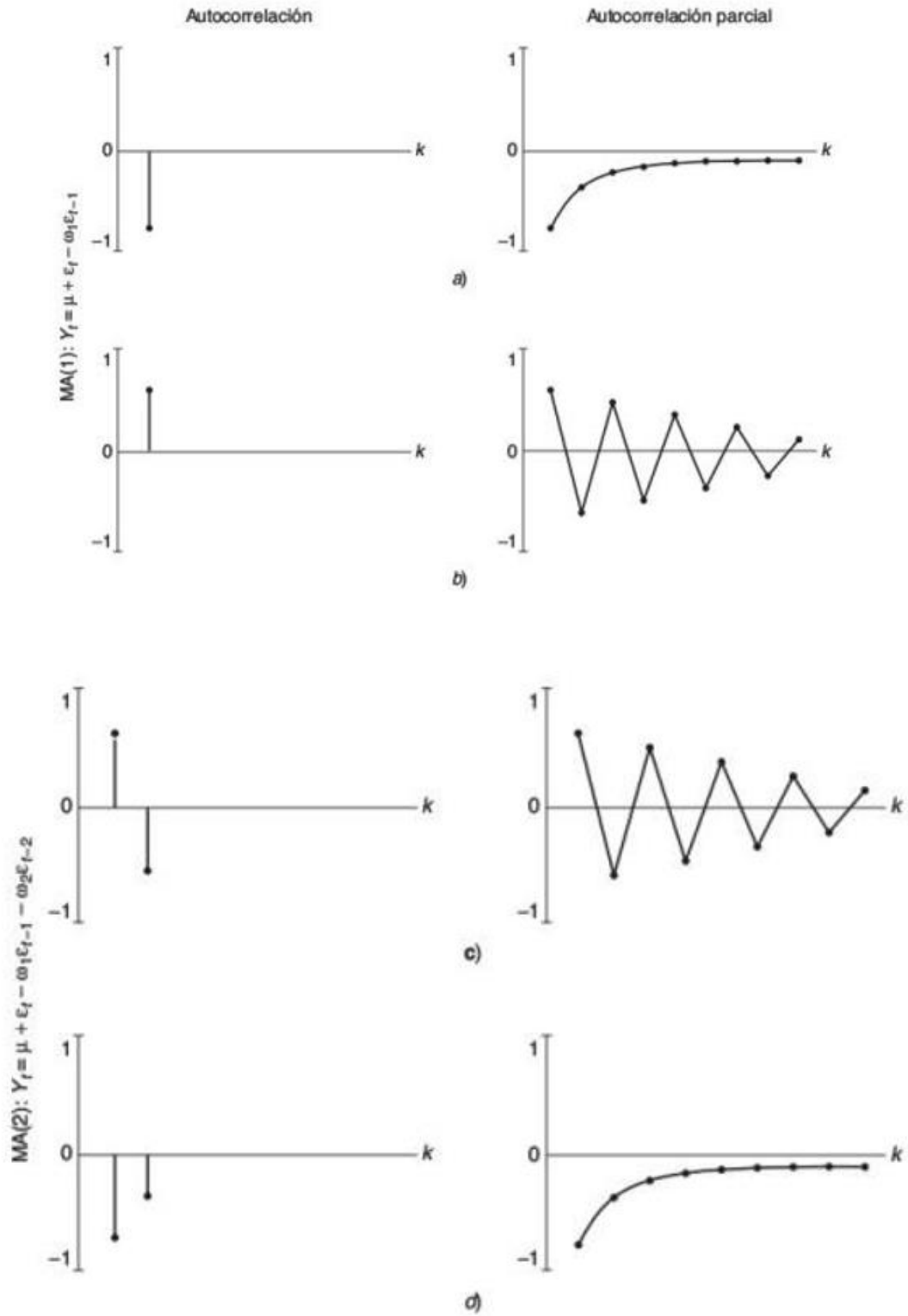
## Continuación

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
30	59,7022	56,3325	53,6719	50,8922	46,9792	43,7730	40,2560	37,9902	36,2502	34,7997	33,5302	32,3815	31,3159	30,3073	29,3360
31	61,0980	57,6921	55,0025	52,1914	48,2319	44,9853	41,4217	39,1244	37,3591	35,8871	34,5981	33,4314	32,3486	31,3235	30,3359
32	62,4873	59,0461	56,3280	53,4857	49,4804	46,1942	42,5847	40,2563	38,4663	36,9730	35,6649	34,4804	33,3809	32,3394	31,3359
33	63,8694	60,3953	57,6483	54,7754	50,7251	47,3999	43,7452	41,3861	39,5718	38,0575	36,7307	35,5287	34,4126	33,3551	32,3358
34	65,2471	61,7382	58,9637	56,0609	51,9660	48,6024	44,9032	42,5140	40,6756	39,1408	37,7954	36,5763	35,4438	34,3706	33,3357
35	66,6192	63,0760	60,2746	57,3420	53,2033	49,8018	46,0588	43,6399	41,7780	40,2228	38,8591	37,6231	36,4746	35,3858	34,3356
36	67,9850	64,4097	61,5811	58,6192	54,4373	50,9985	47,2122	44,7641	42,8788	41,3036	39,9220	38,6693	37,5049	36,4008	35,3356
37	69,3476	65,7384	62,8832	59,8926	55,6680	52,1923	48,3634	45,8864	43,9782	42,3833	40,9839	39,7148	38,5348	37,4156	36,3355
38	70,7039	67,0628	64,1812	61,1620	56,8955	53,3835	49,5126	47,0072	45,0763	43,4619	42,0450	40,7597	39,5643	38,4302	37,3354
39	72,0550	68,3830	65,4753	62,4281	58,1201	54,5722	50,6598	48,1263	46,1730	44,5395	43,1053	41,8040	40,5935	39,4446	38,3354
40	73,4029	69,6987	66,7660	63,6908	59,3417	55,7585	51,8050	49,2438	47,2685	45,6160	44,1649	42,8477	41,6222	40,4589	39,3353
45	80,0776	76,2229	73,1660	69,9569	65,4101	61,6562	57,5053	54,8105	52,7288	50,9849	49,4517	48,0584	46,7607	45,5274	44,3351
50	86,6603	82,6637	79,4898	76,1538	71,4202	67,5048	63,1671	60,3460	58,1638	56,3336	54,7228	53,2576	51,8916	50,5923	49,3349
55	93,1671	89,0344	85,7491	82,2920	77,3804	73,3115	68,7962	65,8550	63,5772	61,6650	59,9804	58,4469	57,0160	55,6539	54,3348
60	99,6078	95,3443	91,9518	88,3794	83,2977	79,0820	74,3970	71,3411	68,9721	66,9815	65,2265	63,6277	62,1348	60,7128	59,3347
70	112,3167	107,8079	104,2148	100,4251	95,0231	90,5313	85,5270	82,2553	79,7147	77,5766	75,6893	73,9677	72,3583	70,8236	69,3345
80	124,8389	120,1018	116,3209	112,3288	106,6285	101,8795	96,5782	93,1058	90,4053	88,1303	86,1197	84,2840	82,5663	80,9266	79,3343
90	137,2082	132,2554	128,2987	124,1162	118,1359	113,1452	107,5650	103,9040	101,0537	98,6499	96,5238	94,5809	92,7614	91,0234	89,3342
100	149,4488	144,2925	140,1697	135,8069	129,5613	124,3421	118,4980	114,6588	111,6667	109,1412	106,9058	104,8615	102,9459	101,1149	99,3341
120	173,6184	168,0814	163,6485	158,9500	152,2113	146,5673	140,2326	136,0620	132,8063	130,0546	127,6159	125,3833	123,2890	121,2850	119,3340
140	197,4498	191,5653	186,8465	181,8405	174,6478	168,6130	161,8270	157,3517	153,8537	150,8941	148,2686	145,8629	143,6043	141,4413	139,3339
160	221,0197	214,8081	209,8238	204,5300	196,9152	190,5164	183,3106	178,5517	174,8283	171,6752	168,8759	166,3092	163,8977	161,5868	159,3338
180	244,3723	237,8548	232,6198	227,0563	219,0442	212,3039	204,7036	199,6786	195,7434	192,4086	189,4462	186,7282	184,1732	181,7234	179,3338
200	267,5388	260,7350	255,2638	249,4452	241,0578	233,9942	226,0210	220,7441	216,6088	213,1022	209,9854	207,1244	204,4337	201,8526	199,3337
250	324,8306	317,3609	311,3460	304,9393	295,6885	287,8815	279,0504	273,1944	268,5987	264,6970	261,2253	258,0355	255,0327	252,1497	249,3337
300	381,4239	373,3509	366,8439	359,9064	349,8745	341,3951	331,7885	325,4090	320,3971	316,1383	312,3460	308,8589	305,5741	302,4182	299,3336
500	603,4458	593,3580	585,2060	576,4931	563,8514	553,1269	540,9303	532,8028	526,4014	520,9505	516,0874	511,6081	507,3816	503,3147	499,3335
600	712,7726	701,8322	692,9809	683,5155	669,7690	658,0936	644,8004	635,9329	628,8157	622,9876	617,6713	612,7718	608,1468	603,6942	599,3335

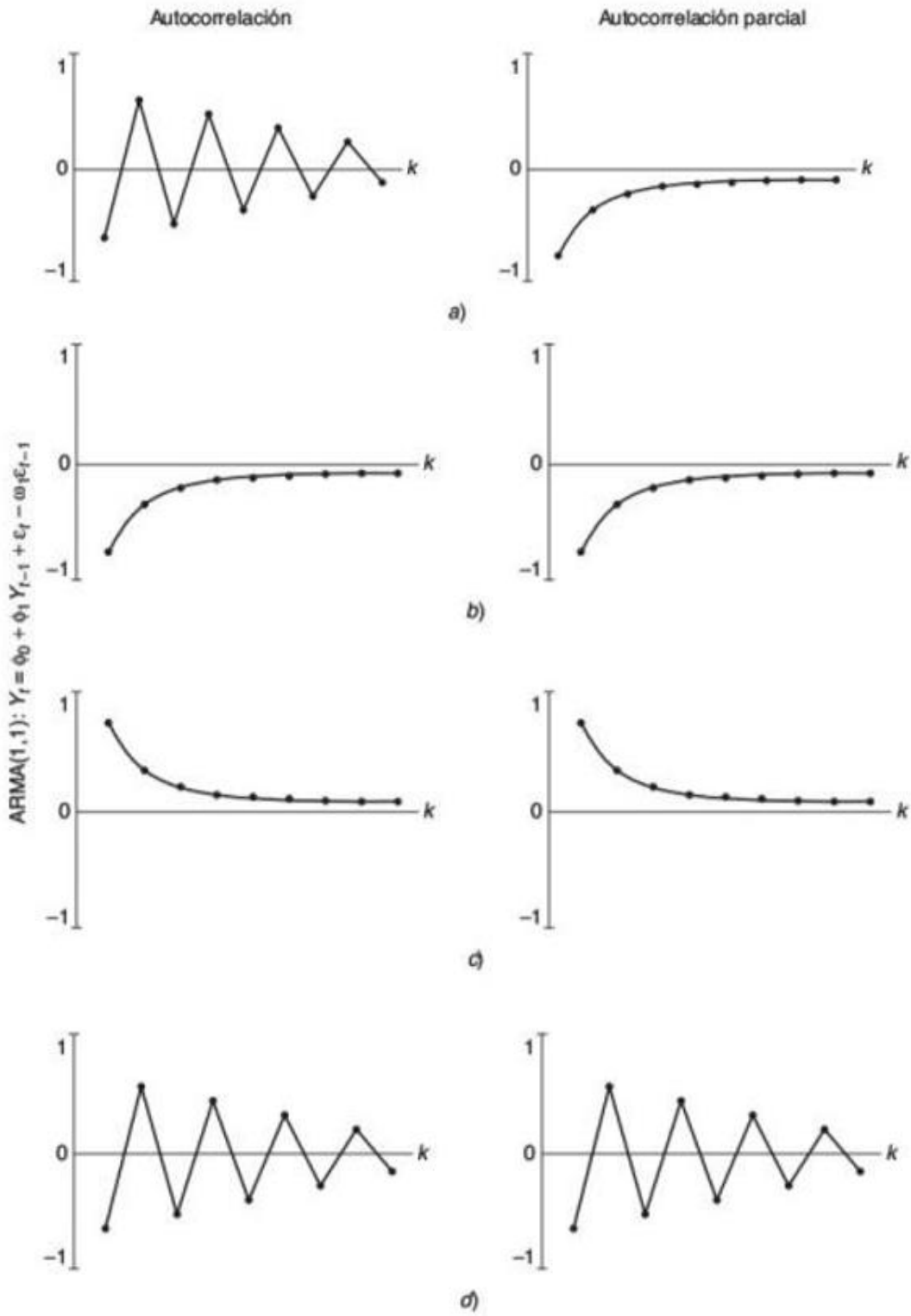
**Coefficiente de autocorrelación y autocorrelación parcial de los modelos AR (1) y AR (2).**



**Coefficiente de autocorrelación y autocorrelación parcial de los modelos MA (1) y MA (2)**



**Coefficiente de autocorrelación y autocorrelación parcial de un modelo mixto ARMA (1,1)**



**Cálculo del coeficiente de autocorrelación del primer retraso para bandejas grandes.**

Tiempo $t$	$y_t$	$y_{t-1}$	$(y_t - \bar{y})$	$(y_{t-1} - \bar{y})$	$(y_t - \bar{y})^2$	$(y_t - \bar{y})(y_{t-1} - \bar{y})$
1	450	-	(51)	-	2.633	-
2	334	450	(167)	(51)	27.995	8.586
3	222	334	(279)	(167)	78.018	46.734
4	440	222	(61)	(279)	3.760	17.127
5	362	440	(139)	(61)	19.409	8.542
6	289	362	(212)	(139)	45.078	29.579
7	260	289	(241)	(212)	58.234	51.236
8	257	260	(244)	(241)	59.691	58.958
9	357	257	(144)	(244)	20.827	35.259
10	452	357	(49)	(144)	2.432	7.117
11	252	452	(249)	(49)	62.159	12.295
12	353	252	(148)	(249)	21.998	36.978
13	400	353	(101)	(148)	10.265	15.027
14	431	400	(70)	(101)	4.944	7.124
15	521	431	20	(70)	387	(1.384)
16	361	521	(140)	20	19.689	(2.762)
17	421	361	(80)	(140)	6.451	11.270
18	513	421	12	(80)	137	(938)
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
60	643	616	142	115	20.074	16.249
<b>Total</b>	<b>30.079</b>				<b>895.037</b>	<b>668.581</b>

**Cálculo del coeficiente de autocorrelación del primer retraso para bandejas chicas.**

Tiempo $t$	$y_t$	$y_{t-1}$	$(y_t - \bar{y})$	$(y_{t-1} - \bar{y})$	$(y_t - \bar{y})^2$	$(y_t - \bar{y})(y_{t-1} - \bar{y})$
1	101	-	(75)	-	5.653	-
2	101	101	(75)	(75)	5.653	5.653
3	130	101	(46)	(75)	2.133	3.472
4	129	130	(47)	(46)	2.226	2.179
5	113	129	(63)	(47)	3.992	2.981
6	125	113	(51)	(63)	2.620	3.234
7	104	125	(72)	(51)	5.210	3.695
8	125	104	(51)	(72)	2.620	3.695
9	126	125	(50)	(51)	2.518	2.569
10	119	126	(57)	(50)	3.270	2.870
11	120	119	(56)	(57)	3.157	3.213
12	122	120	(54)	(56)	2.936	3.044
13	105	122	(71)	(54)	5.067	3.857
14	107	105	(69)	(71)	4.786	4.925
15	197	107	21	(69)	433	(1.440)
16	150	197	(26)	21	686	(545)
17	187	150	11	(26)	117	(283)
18	175	187	(1)	11	1	(13)
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
60	227	257	51	81	2.582	4.107
<b>Total</b>	<b>10.571</b>				<b>121.413</b>	<b>79.295</b>

**Aplicación de modelos a los datos de redondeados de unidades de bandejas grandes.**

Tabla de autocorrelaciones para datos de bandejas grandes con 25 desfases.

Desfase	ACF	T	LBQ
1	0,747025	5,79	35,19
2	0,601761	3,20	58,41
3	0,592500	2,72	81,32
4	0,625479	2,57	107,31
5	0,614728	2,29	132,87
6	0,517252	1,78	151,30
7	0,368184	1,20	160,82
8	0,398946	1,27	172,20

9	0,410190	1,28	184,47
10	0,333584	1,01	192,75
11	0,255546	0,76	197,71
12	0,200157	0,59	200,82
13	0,203913	0,60	204,11
14	0,187705	0,55	206,96
15	0,142898	0,41	208,64
16	0,126726	0,37	210,00
17	0,136251	0,39	211,61
18	0,118325	0,34	212,85
19	0,062305	0,18	213,20
20	0,055016	0,16	213,48
21	0,075869	0,22	214,03
22	0,045029	0,13	214,23
23	0,004433	0,01	214,23
24	-0,088886	-0,25	215,05
25	-0,130236	-0,37	216,85

Gráficos para datos de bandejas grandes con metodología de descomposición de serie de tiempo (modelo multiplicativo y aditivo).

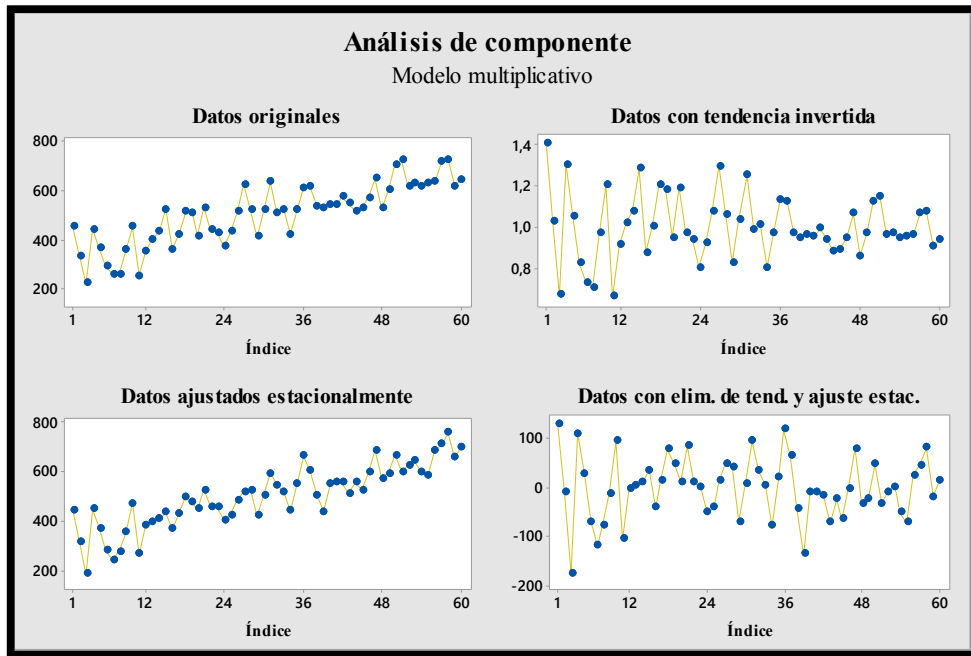


Gráfico análisis de componente con modelo multiplicativo.  
Fuente: Elaboración propia.

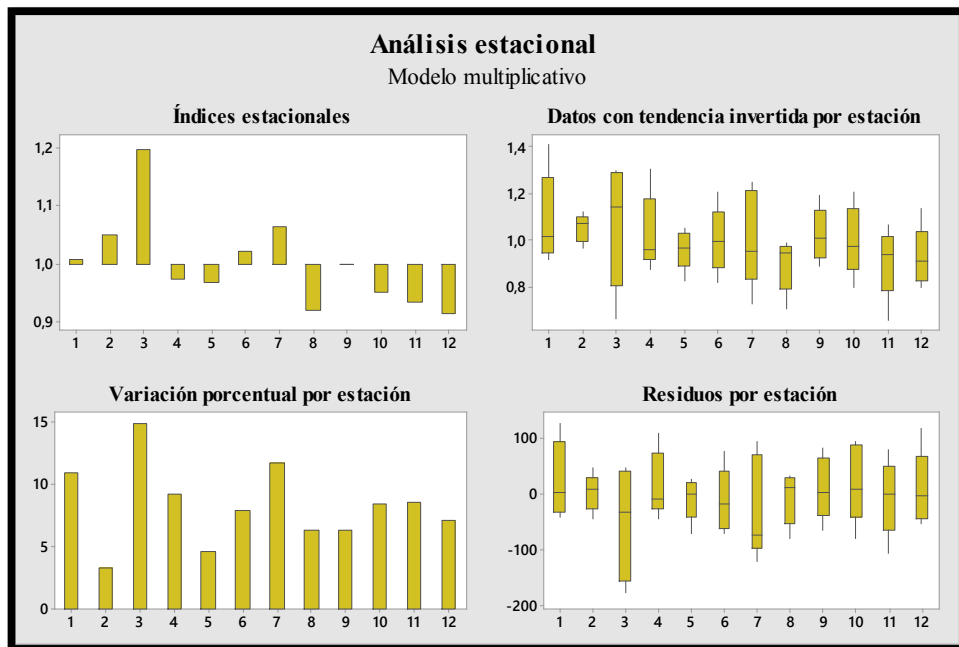
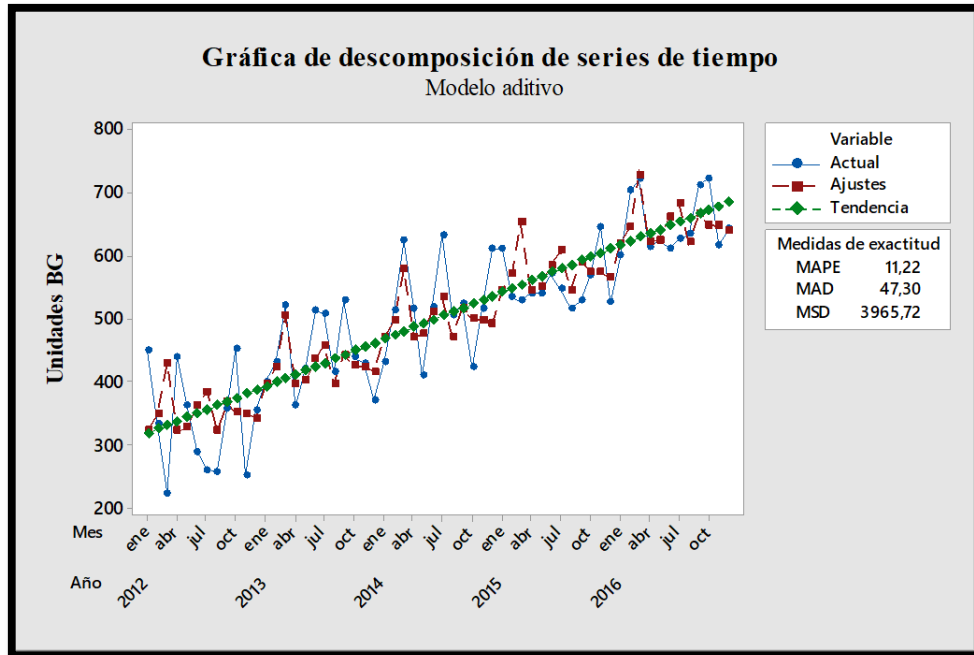
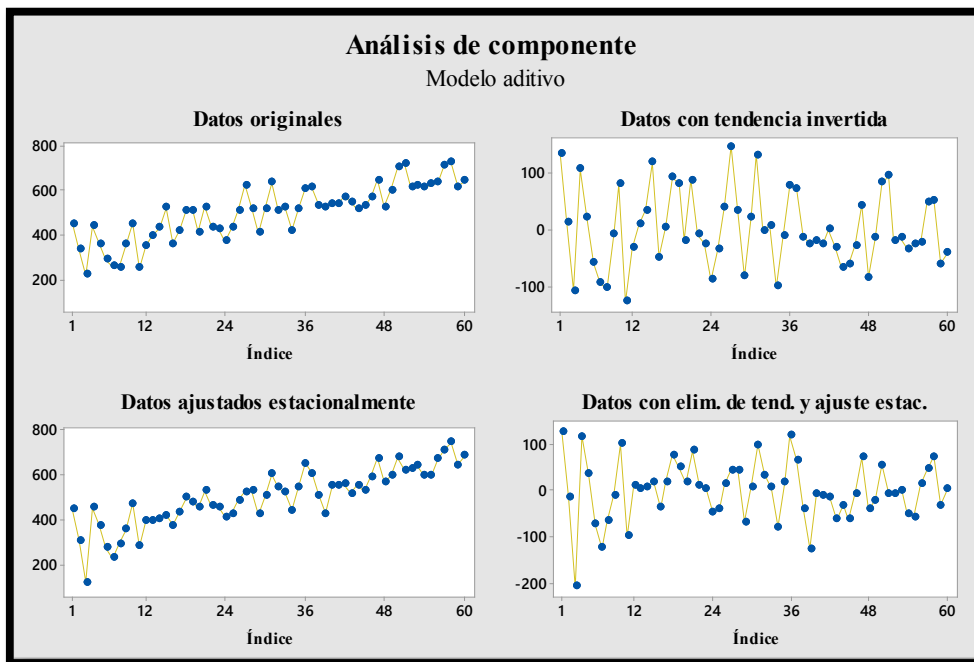


Gráfico análisis estacional modelo multiplicativo.  
Fuente: Elaboración propia.

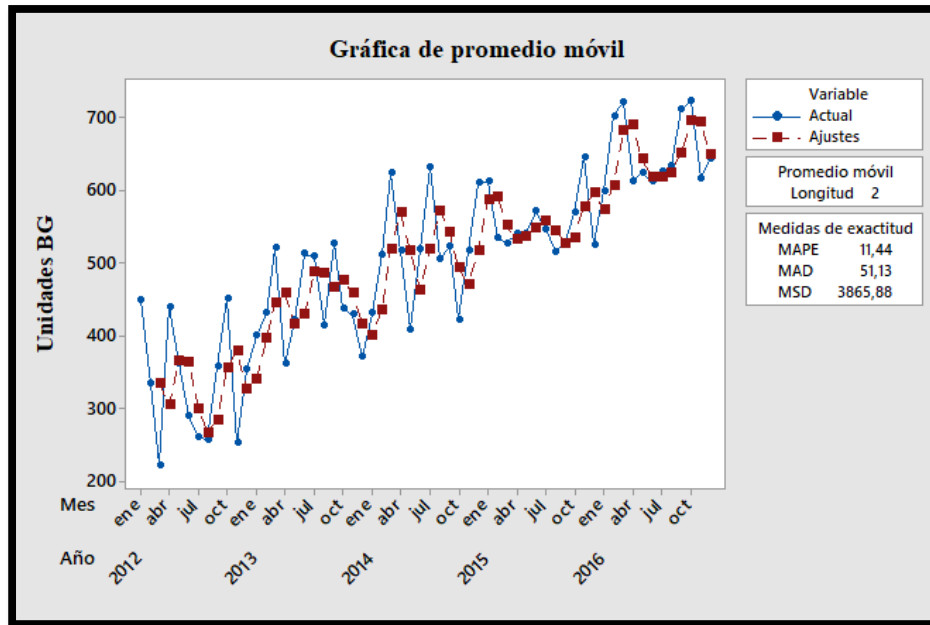


**Gráfico descomposicion con modelo aditivo.**  
Fuente: Elaboración propia.

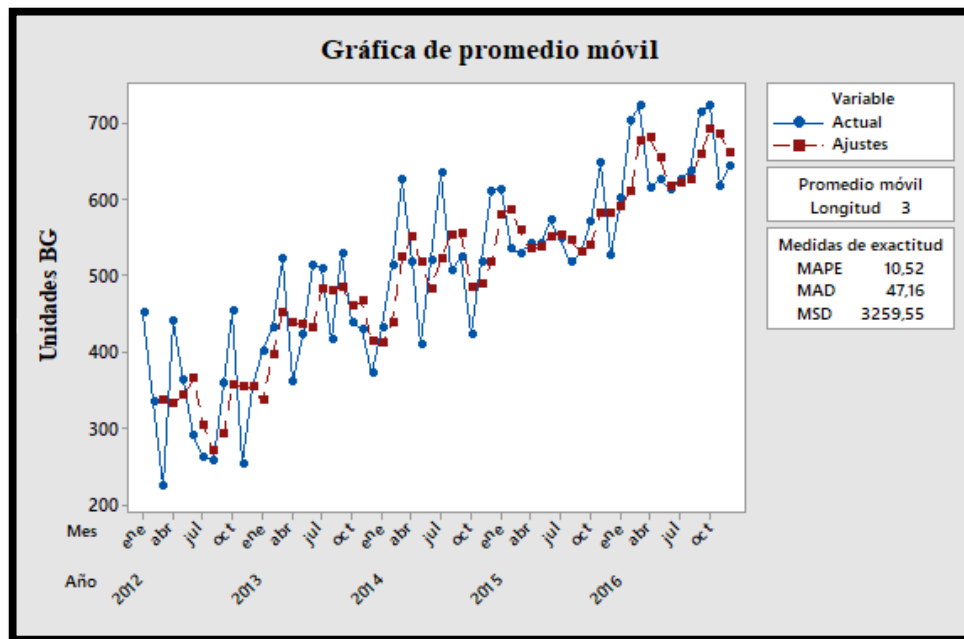


**Gráfico análisis de componente con modelo aditivo.**  
Fuente: Elaboración propia.

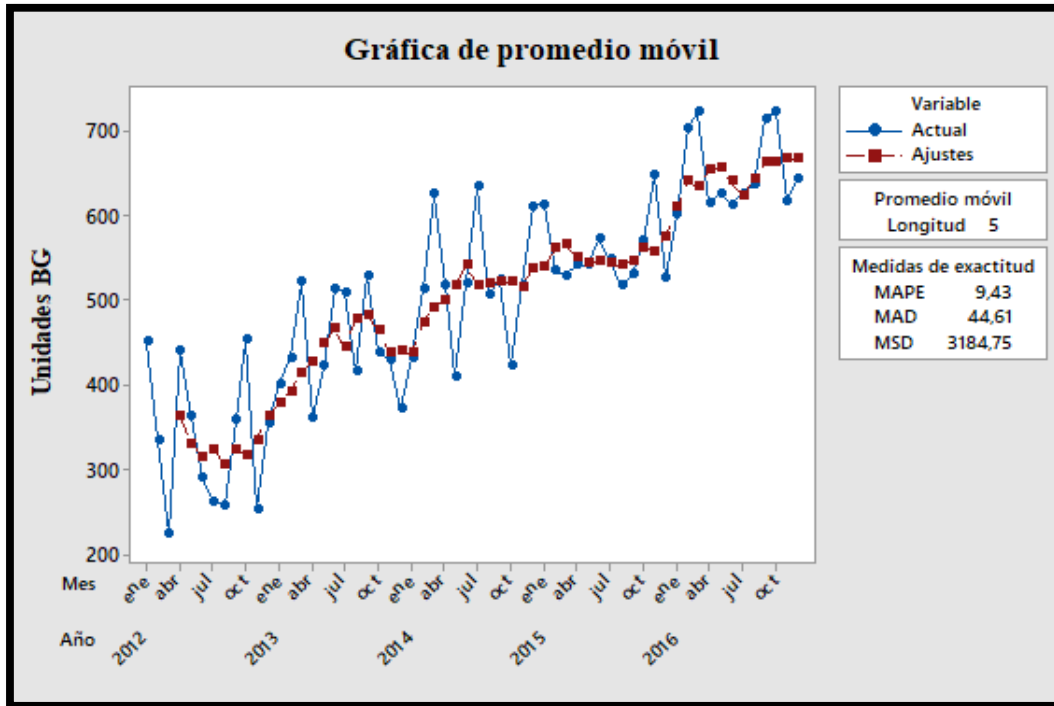
A3. Gráficos para datos de bandejas grandes con metodología de promedio móvil simple.



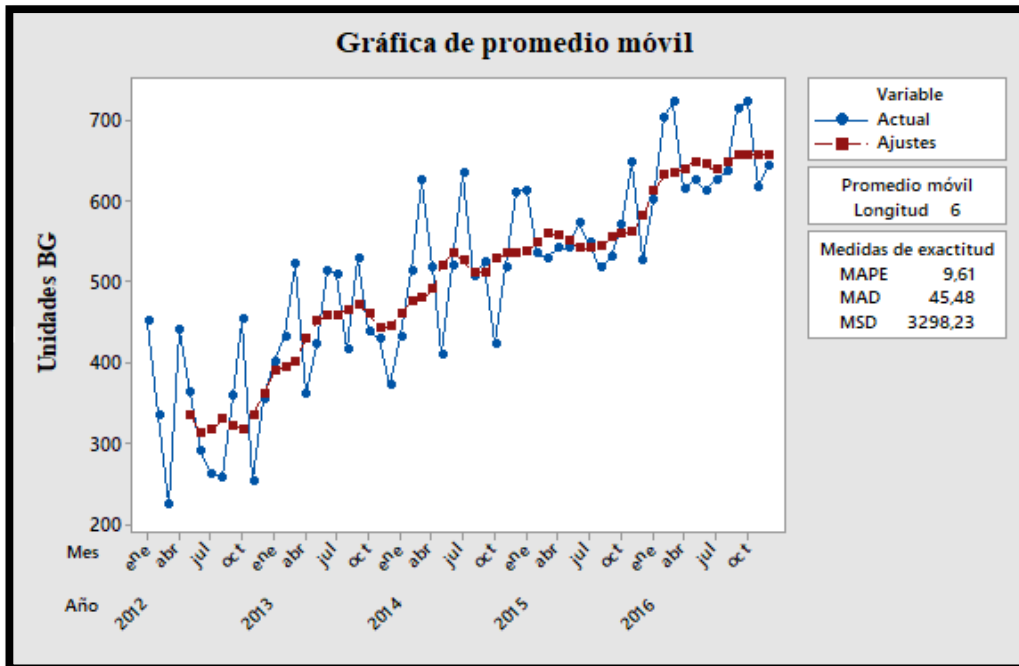
**Gráfico PM longitud =2**  
Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico PM longitud = 3**  
Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico PM longitud = 5**  
Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico PM longitud = 6**  
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla pronósticos de demanda para metodología de promedio móvil ponderado con datos de bandejas grandes.**

En la tabla se muestra el pronóstico obtenido a partir del cuarto mes acorde a los tres factores de ponderación, 20%, 30% y 50%. Se pronostica mediante la multiplicación de la demanda más lejana (enero 2012) con el factor más pequeño y así respectivamente.

<b>Periodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Pronóstico</b>
<b>ene.-12</b>	450	-
<b>feb-12</b>	334	-
<b>mar.-12</b>	222	-
<b>abr-12</b>	440	301,2
<b>may.-12</b>	362	353,4
<b>jun-12</b>	289	357,4
<b>jul.-12</b>	260	341,1
<b>ago-12</b>	257	289,1
<b>sep.-12</b>	357	264,3
<b>oct-12</b>	452	307,6
<b>nov.-12</b>	252	384,5
<b>dic-12</b>	353	333
<b>ene.-13</b>	400	342,5
<b>feb-13</b>	431	356,3
<b>mar.-13</b>	521	406,1
<b>abr-13</b>	361	469,8
<b>may.-13</b>	421	423
<b>jun-13</b>	513	423
<b>jul.-13</b>	509	455
<b>ago-13</b>	415	492,6
<b>sep.-13</b>	528	462,8
<b>oct-13</b>	438	490,3
<b>nov.-13</b>	429	460,4
<b>dic-13</b>	371	451,5
<b>ene.-14</b>	431	401,8
<b>feb-14</b>	512	412,6
<b>mar.-14</b>	624	459,5
<b>abr-14</b>	517	551,8
<b>may.-14</b>	409	548,1
<b>jun-14</b>	519	484,4
<b>jul.-14</b>	633	485,6
<b>ago-14</b>	506	554
<b>sep.-14</b>	523	546,7
<b>oct-14</b>	422	539,9
<b>nov.-14</b>	517	469,1
<b>dic-14</b>	610	489,7

<b>ene.-15</b>	612	544,5
<b>feb-15</b>	534	592,4
<b>mar.-15</b>	528	572,6
<b>abr-15</b>	540	546,6
<b>may.-15</b>	541	535,2
<b>jun-15</b>	571	538,1
<b>jul.-15</b>	547	555,8
<b>ago-15</b>	516	553
<b>sep.-15</b>	529	536,3
<b>oct-15</b>	569	528,7
<b>nov.-15</b>	646	546,4
<b>dic-15</b>	526	599,5
<b>ene.-16</b>	600	570,6
<b>feb-16</b>	703	587
<b>mar.-16</b>	722	636,7
<b>abr-16</b>	613	691,9
<b>may.-16</b>	625	663,7
<b>jun-16</b>	612	640,8
<b>jul.-16</b>	626	616,1
<b>ago-16</b>	635	621,6
<b>sep.-16</b>	713	627,7
<b>oct-16</b>	723	672,2
<b>nov.-16</b>	617	702,4
<b>dic-16</b>	643	668

Para los siguientes meses el pronóstico se continúa calculando de la misma forma, tomando la demanda de octubre, noviembre y diciembre multiplicado por los pesos otorgados arbitrariamente.

**Tabla errores de medición con metodología promedio móvil ponderado para datos de bandejas grandes.**

Para realizar la tabla comparativa de márgenes de error de PMP se ocuparon las sumas totales de desviación absoluta media (MAD), error cuadrático medio (MSE) y error porcentual absoluto medio (MAPE) divididos por el número de periodos, el cual corresponde a 57 observaciones. El valor original de periodos corresponde a 60, pero debido a los tres factores de ponderación se provocan los tres atrasos por ende se toman sólo 57.

Período	Demanda	Pronóstico	Error de pronóstico	Desviación absoluta media (MAD)	Error cuadrático medio (MSE)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
1	450	0	450,00	450,00	202500,00	100,00%
2	334	0	334,00	334,00	111556,00	100,00%
3	222	0	222,00	222,00	49284,00	100,00%
4	440	301	138,80	138,80	19265,44	31,55%
5	362	353	8,60	8,60	73,96	2,38%
6	289	357	-68,40	68,40	4678,56	23,67%
7	260	341	-81,10	81,10	6577,21	31,19%
8	257	289	-32,10	32,10	1030,41	12,49%
9	357	264	92,70	92,70	8593,29	25,97%
10	452	308	144,40	144,40	20851,36	31,95%
11	252	385	-132,50	132,50	17556,25	52,58%
12	353	333	20,00	20,00	400,00	5,67%
13	400	343	57,50	57,50	3306,25	14,38%
14	431	356	74,70	74,70	5580,09	17,33%
15	521	406	114,90	114,90	13202,01	22,05%
16	361	470	-108,80	108,80	11837,44	30,14%
17	421	423	-2,00	2,00	4,00	0,48%
18	513	423	90,00	90,00	8100,00	17,54%
19	509	455	54,00	54,00	2916,00	10,61%
20	415	493	-77,60	77,60	6021,76	18,70%
21	528	463	65,20	65,20	4251,04	12,35%
22	438	490	-52,30	52,30	2735,29	11,94%
23	429	460	-31,40	31,40	985,96	7,32%
24	371	452	-80,50	80,50	6480,25	21,70%
25	431	402	29,20	29,20	852,64	6,77%
26	512	413	99,40	99,40	9880,36	19,41%
27	624	460	164,50	164,50	27060,25	26,36%
28	517	552	-34,80	34,80	1211,04	6,73%
29	409	548	-139,10	139,10	19348,81	34,01%
30	519	484	34,60	34,60	1197,16	6,67%

31	633	486	147,40	147,40	21726,76	23,29%
32	506	554	-48,00	48,00	2304,00	9,49%
33	523	547	-23,70	23,70	561,69	4,53%
34	422	540	-117,90	117,90	13900,41	27,94%
35	517	469	47,90	47,90	2294,41	9,26%
36	610	490	120,30	120,30	14472,09	19,72%
37	612	545	67,50	67,50	4556,25	11,03%
38	534	592	-58,40	58,40	3410,56	10,94%
39	528	573	-44,60	44,60	1989,16	8,45%
40	540	547	-6,60	6,60	43,56	1,22%
41	541	535	5,80	5,80	33,64	1,07%
42	571	538	32,90	32,90	1082,41	5,76%
43	547	556	-8,80	8,80	77,44	1,61%
44	516	553	-37,00	37,00	1369,00	7,17%
45	529	536	-7,30	7,30	53,29	1,38%
46	569	529	40,30	40,30	1624,09	7,08%
47	646	546	99,60	99,60	9920,16	15,42%
48	526	600	-73,50	73,50	5402,25	13,97%
49	600	571	29,40	29,40	864,36	4,90%
50	703	587	116,00	116,00	13456,00	16,50%
51	722	637	85,30	85,30	7276,09	11,81%
52	613	692	-78,90	78,90	6225,21	12,87%
53	625	664	-38,70	38,70	1497,69	6,19%
54	612	641	-28,80	28,80	829,44	4,71%
55	626	616	9,90	9,90	98,01	1,58%
56	635	622	13,40	13,40	179,56	2,11%
57	713	628	85,30	85,30	7276,09	11,96%
58	723	672	50,80	50,80	2580,64	7,03%
59	617	702	-85,40	85,40	7293,16	13,84%
60	643	668	-25,00	25,00	625,00	3,89%
<b>Suma de errores</b>			<b>1096,40</b>	<b>1724,60</b>	<b>442366,48</b>	<b>517,43%</b>

### Estimación de modelos ARIMA en software Minitab18 para bandejas grandes.

Para este caso se hará uso del software Minitab 18 en la estimación de los modelos y su validación se hará teniendo en cuenta el test t de nulidad, valor p y por último mínimo error cuadrado medio del modelo. Los resultados obtenidos se tabulan ajustando los parámetros (p, d, q) (P, D, Q). En caso de las bandejas chicas se procede a hacer lo mismo.

**Tabla de validación completa de los modelos ARIMA para bandejas grandes.**

Validación de los modelos ARIMA para BG						
Modelo ARIMA	Parámetro	Estimación	Error Estándar	t	P-valor < 0,05	Resultado
(1,0,0) (0,0,0)	AR	0,7665	0,0867	8,84	0,000	SI
(0,1,0) (1,0,0)	SAR	-0,18	0,137	-1,31	0,196	NO
(0,1,0) (1,1,0)	SAR	-0,721	0,120	-6,04	0,000	SI
(0,1,0) (0,1,1)	SMA	0,827	0,130	6,37	0,000	SI
(0,1,1) (0,0,0)	MA	0,9688	0,0786	12,33	0,000	SI
(0,0,1) (0,0,0)	MA	-0,611	0,105	-5,85	0,000	SI
(0,0,1) (0,1,0)	MA	-0,310	0,142	-2,18	0,035	SI
(1,1,0) (0,0,0)	AR	-0,240	0,129	-1,87	0,067	NO
(1,0,0) (0,1,0)	AR	0,124	0,147	0,85	0,400	NO
(1,0,0) (1,0,0)	AR	0,7815	0,0859	9,10	0,000	SI
	SAR	-0,113	0,144	-0,79	0,434	NO
(1,0,0) (0,0,1)	AR	0,7863	0,0854	9,21	0,000	SI
	SMA	0,158	0,143	1,11	0,273	NO
(1,0,0) (1,1,0)	AR	0,136	0,148	0,92	0,362	NO
	SAR	-0,621	0,127	-4,89	0,000	SI
(1,0,0) (1,1,1)	AR	0,138	0,150	0,92	0,361	NO
	SAR	-0,644	0,134	-4,81	0,000	SI
	SMA	0,843	0,140	6,00	0,000	SI
(1,0,0) (1,0,1)	AR	0,7732	0,0942	8,21	0,000	SI
	SAR	0,473	0,534	0,89	0,380	NO
	SMA	0,73	0,508	1,44	0,156	NO
(0,1,1) (1,0,1)	SAR	-0,056	0,704	-0,08	0,937	NO
	MA	0,9648	0,0806	11,98	0,000	SI
	SMA	0,155	0,700	0,22	0,826	NO
(0,1,1) (1,1,1)	SAR	-0,586	0,141	-4,16	0,000	SI
	MA	0,9862	0,0114	86,15	0,000	SI
	SMA	0,83	0,147	5,64	0,000	SI
(1,0,0) (0,1,1)	AR	0,099	0,149	0,66	0,511	NO

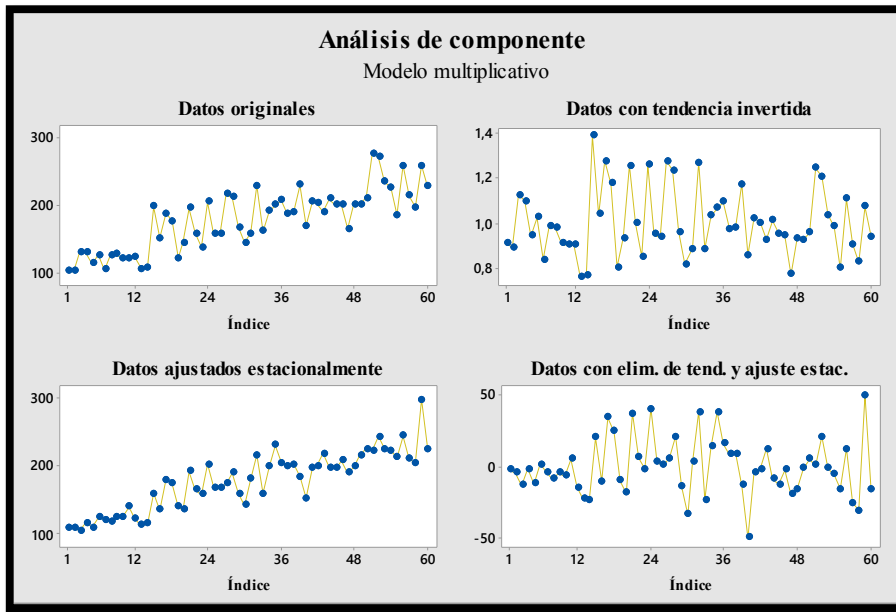
	SMA	0,83	0,137	6,04	0,000	SI
(0,0,1) (0,0,1)	MA	-0,556	0,114	-4,86	0,000	SI
	SMA	-0,657	0,129	-5,08	0,000	SI
(0,1,1) (1,1,0)	SAR	-0,641	0,130	-4,94	0,000	SI
	MA	0,9476	0,0999	9,48	0,000	SI
(1,1,1) (0,0,0)	AR	0,143	0,140	1,02	0,312	NO
	MA	0,9712	0,0911	10,67	0,000	SI
(1,1,1) (1,0,0)	AR	0,122	0,141	0,86	0,392	NO
	SAR	-0,163	0,138	-1,18	0,244	NO
	MA	0,9664	0,0904	10,69	0,000	SI
(1,1,1) (0,1,0)	AR	0,107	0,165	0,65	0,518	NO
	MA	0,958	0,109	8,83	0,000	SI
(1,1,1) (1,0,1)	AR	0,123	0,144	0,85	0,399	NO
	SAR	-0,060	0,745	-0,08	0,936	NO
	MA	0,9617	0,0962	10,00	0,000	SI
	SMA	0,140	0,742	0,19	0,851	NO

### Aplicación de modelos a los datos de redondeados de unidades de bandejas chicas.

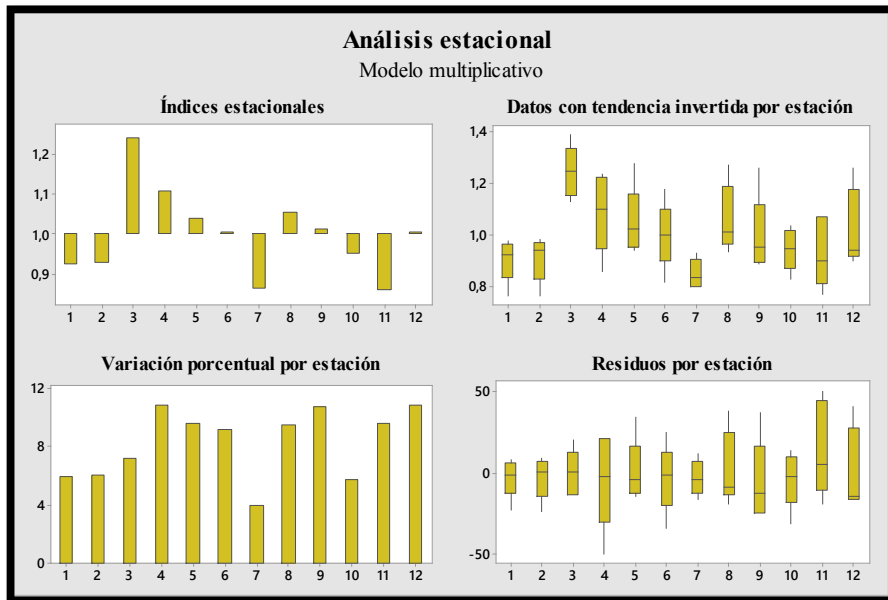
Tabla de resultados software Minitab con datos de bandejas chicas para modelos de series de tiempo con autocorrelaciones.

Desfase	ACF	T	LBQ
1	0,653098	5,06	26,89
2	0,548299	3,12	46,18
3	0,617437	3,05	71,06
4	0,523675	2,26	89,27
5	0,479746	1,92	104,84
6	0,494720	1,86	121,70
7	0,501357	1,79	139,34
8	0,401600	1,36	150,88
9	0,351894	1,16	159,91
10	0,311980	1,00	167,15
11	0,287056	0,91	173,41
12	0,269617	0,84	179,04
13	0,157079	0,49	181,00
14	0,138886	0,43	182,56
15	0,161948	0,50	184,72
16	0,088311	0,27	185,38
17	0,190244	0,58	188,52
18	0,133217	0,40	190,09
19	0,037573	0,11	190,21
20	0,037961	0,11	190,35
21	0,036290	0,11	190,47
22	-0,033931	-0,10	190,59
23	-0,061490	-0,19	190,97
24	0,065959	0,20	191,42
25	-0,078212	-0,24	192,07

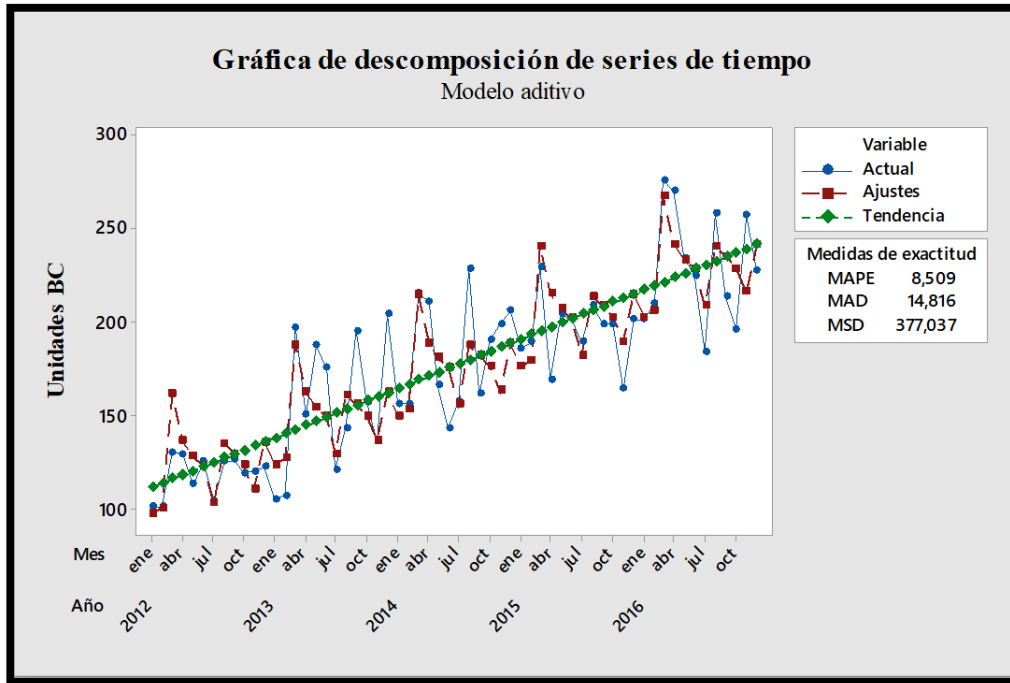
**Gráficos para datos de bandejas chicas con metodología de descomposición de serie de tiempo (modelo multiplicativo y aditivo).**



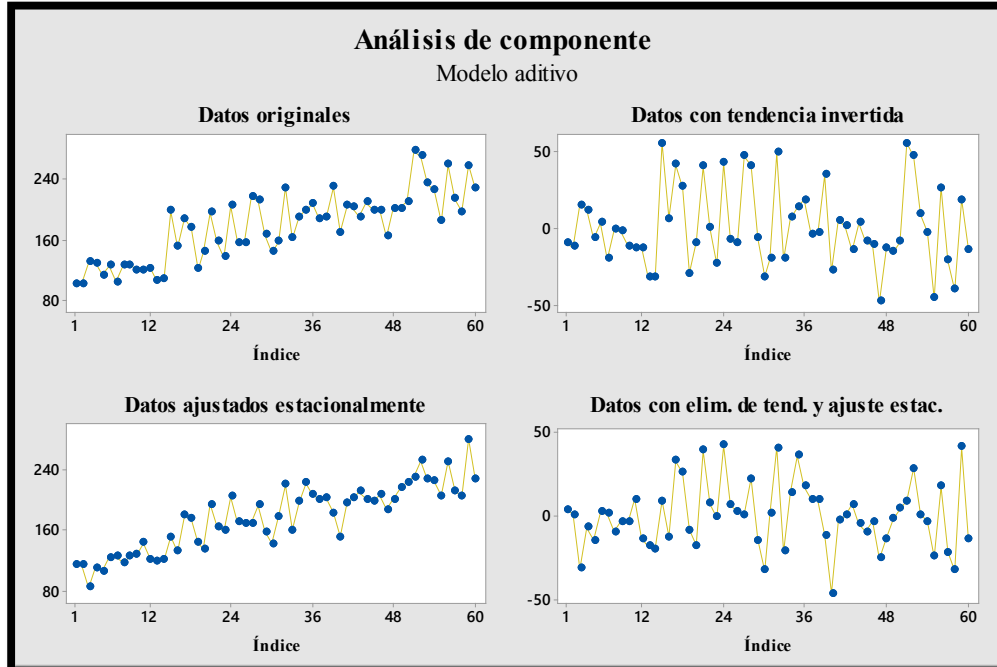
**Gráfico análisis de componente con modelo multiplicativo.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico análisis estacional con modelo multiplicativo.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico de descomposición con modelo aditivo.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico análisis de componente con modelo multiplicativo.**  
Fuente: Elaboración propia.

Gráficos para datos de bandejas chicas con metodología de promedio móvil simple.

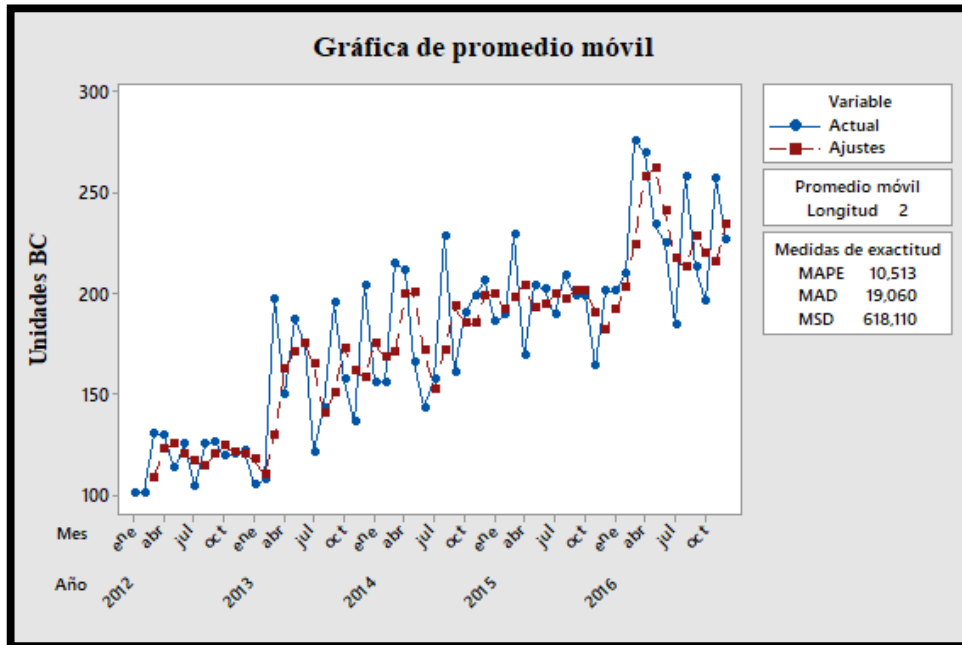


Gráfico PM longitud = 2  
Fuente: Elaboración propia.

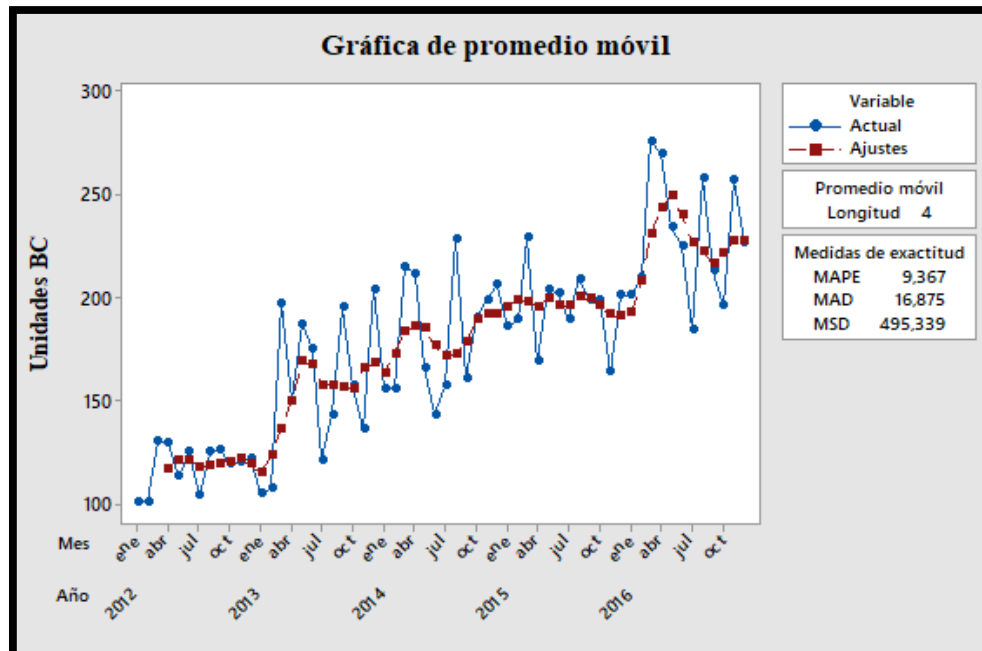
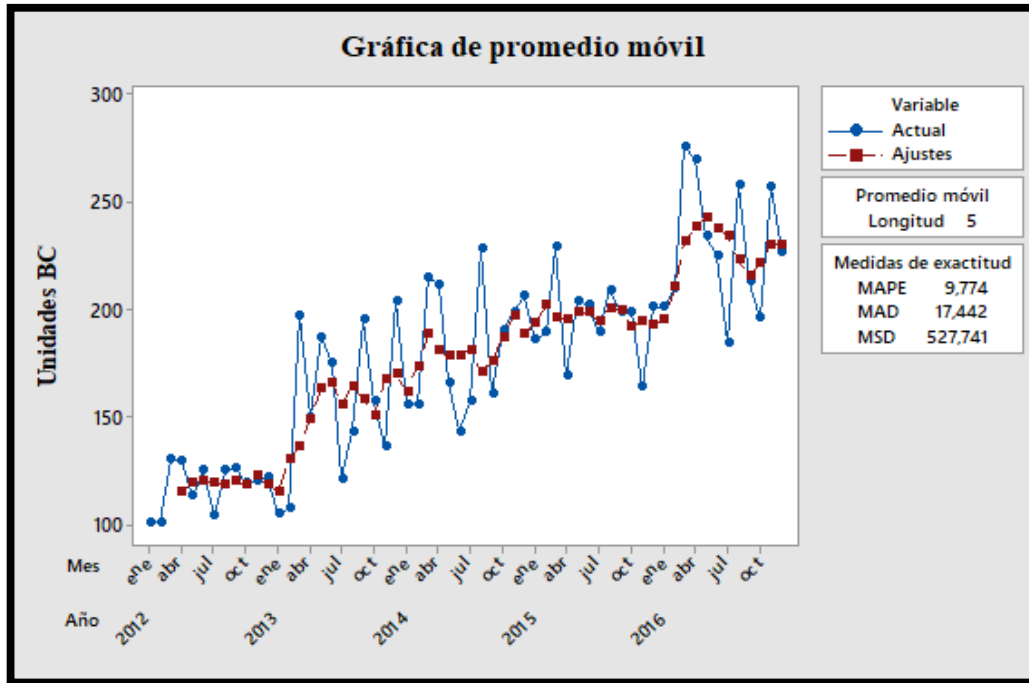
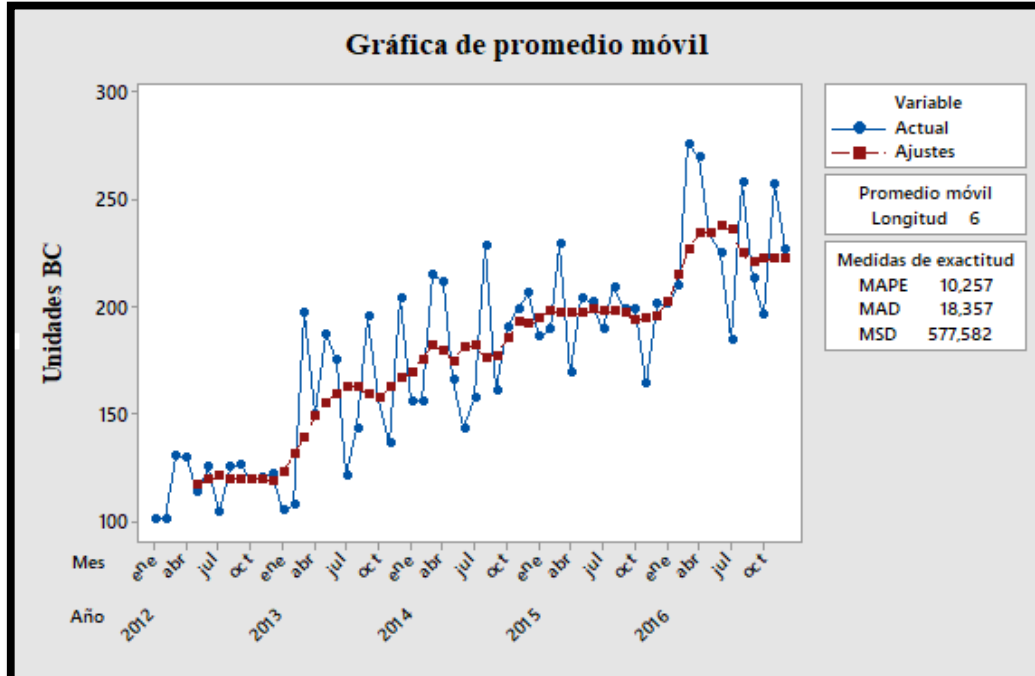


Gráfico PM longitud = 4  
Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico PM longitud = 5**  
Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico PM longitud = 6**  
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla pronósticos de demanda para metodología promedio móvil ponderado con datos de bandejas chicas.**

<b>Periodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Pronóstico</b>
ene.-12	450	
feb-12	334	
mar.-12	222	
abr-12	440	301,2
may.-12	362	353,4
jun-12	289	357,4
jul.-12	260	341,1
ago-12	257	289,1
sep.-12	357	264,3
oct-12	452	307,6
nov.-12	252	384,5
dic-12	353	333
ene.-13	400	342,5
feb-13	431	356,3
mar.-13	521	406,1
abr-13	361	469,8
may.-13	421	423
jun-13	513	423
jul.-13	509	455
ago-13	415	492,6
sep.-13	528	462,8
oct-13	438	490,3
nov.-13	429	460,4
dic-13	371	451,5
ene.-14	431	401,8
feb-14	512	412,6
mar.-14	624	459,5
abr-14	517	551,8
may.-14	409	548,1
jun-14	519	484,4
jul.-14	633	485,6
ago-14	506	554
sep.-14	523	546,7
oct-14	422	539,9
nov.-14	517	469,1
dic-14	610	489,7
ene.-15	612	544,5
feb-15	534	592,4

mar.-15	528	572,6
abr-15	540	546,6
may.-15	541	535,2
jun-15	571	538,1
jul.-15	547	555,8
ago-15	516	553
sep.-15	529	536,3
oct-15	569	528,7
nov.-15	646	546,4
dic-15	526	599,5
ene.-16	600	570,6
feb-16	703	587
mar.-16	722	636,7
abr-16	613	691,9
may.-16	625	663,7
jun-16	612	640,8
jul.-16	626	616,1
ago-16	635	621,6
sep.-16	713	627,7
oct-16	723	672,2
nov.-16	617	702,4
dic-16	643	668

---

Tabla errores de medición para promedio móvil ponderado con datos de bandejas chicas.

<b>Periodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Pronóstico</b>	<b>Error de pronóstico</b>	<b>Desviación absoluta media (MAD)</b>	<b>Error cuadrático medio (MSE)</b>	<b>Error porcentual absoluto medio (MAPE)</b>
1	101	0	101,00	101,00	10201,00	100,00%
2	101	0	101,00	101,00	10201,00	100,00%
3	130	0	130,00	130,00	16900,00	100,00%
4	129	116	13,50	13,50	182,25	10,47%
5	113	124	-10,70	10,70	114,49	9,47%
6	125	121	3,80	3,80	14,44	3,04%
7	104	122	-18,20	18,20	331,24	17,50%
8	125	112	12,90	12,90	166,41	10,32%
9	126	119	7,30	7,30	53,29	5,79%
10	119	121	-2,30	2,30	5,29	1,93%
11	120	122	-2,30	2,30	5,29	1,92%
12	122	121	1,10	1,10	1,21	0,90%
13	105	121	-15,80	15,80	249,64	15,05%
14	107	113	-6,10	6,10	37,21	5,70%
15	197	109	87,60	87,60	7673,76	44,47%
16	150	152	-1,60	1,60	2,56	1,07%
17	187	156	31,50	31,50	992,25	16,84%
18	175	178	-2,90	2,90	8,41	1,66%
19	121	174	-52,60	52,60	2766,76	43,47%
20	143	150	-7,40	7,40	54,76	5,17%
21	195	143	52,20	52,20	2724,84	26,77%
22	157	165	-7,60	7,60	57,76	4,84%
23	136	166	-29,60	29,60	876,16	21,76%
24	204	154	49,90	49,90	2490,01	24,46%
25	156	174	-18,20	18,20	331,24	11,67%
26	156	166	-10,40	10,40	108,16	6,67%
27	215	166	49,40	49,40	2440,36	22,98%
28	211	186	25,50	25,50	650,25	12,09%
29	166	201	-35,20	35,20	1239,04	21,20%
30	143	189	-46,30	46,30	2143,69	32,38%
31	157	164	-6,50	6,50	42,25	4,14%
32	228	155	73,40	73,40	5387,56	32,19%
33	161	190	-28,70	28,70	823,69	17,83%
34	190	180	9,70	9,70	94,09	5,11%
35	199	189	10,10	10,10	102,01	5,08%
36	206	189	17,30	17,30	299,29	8,40%
37	186	201	-14,70	14,70	216,09	7,90%

38	189	195	-5,60	5,60	31,36	2,96%
39	229	192	37,50	37,50	1406,25	16,38%
40	169	208	-39,40	39,40	1552,36	23,31%
41	204	191	13,00	13,00	169,00	6,37%
42	202	199	3,50	3,50	12,25	1,73%
43	189	196	-7,00	7,00	49,00	3,70%
44	209	196	13,10	13,10	171,61	6,27%
45	199	202	-2,60	2,60	6,76	1,31%
46	199	200	-1,00	1,00	1,00	0,50%
47	164	201	-37,00	37,00	1369,00	22,56%
48	201	182	19,50	19,50	380,25	9,70%
49	201	190	11,50	11,50	132,25	5,72%
50	210	194	16,40	16,40	268,96	7,81%
51	276	206	70,50	70,50	4970,25	25,54%
52	270	241	28,80	28,80	829,44	10,67%
53	234	260	-25,80	25,80	665,64	11,03%
54	225	253	-28,20	28,20	795,24	12,53%
55	184	237	-52,70	52,70	2777,29	28,64%
56	258	206	51,70	51,70	2672,89	20,04%
57	213	229	-16,20	16,20	262,44	7,61%
58	196	221	-24,70	24,70	610,09	12,60%
59	257	214	43,50	43,50	1892,25	16,93%
60	227	230	-2,90	2,90	8,41	1,28%
<b>Suma de errores</b>			<b>337,10</b>	<b>404,10</b>	<b>38175,91</b>	<b>361,34%</b>

Estimación de modelos ARIMA en software Minitab18 para bandejas chicas.

**Tabla de validación completa de los modelos ARIMA para bandejas chicas.**

Validación de los modelos ARIMA para BC						
Modelo ARIMA	Parámetro	Estimación	Error Estándar	t	P-valor < 0,05	Resultado
(1,0,0) (0,0,0)	AR	0,7006	0,0957	7,32	0,000	SI
(0,1,0) (1,0,0)	SAR	0,188	0,152	1,23	0,223	NO
(0,1,0) (1,1,0)	SAR	-0,9757	0,089	-10,98	0,000	SI
(0,1,0) (0,1,1)	SMA	0,810	0,207	3,92	0,000	SI
(0,1,1) (0,0,0)	MA	0,9687	0,0792	12,23	0,000	SI
(0,0,1) (0,0,0)	MA	-0,604	0,104	-5,79	0,000	SI
(0,0,1) (0,1,0)	MA	0,016	0,147	0,11	0,915	NO
(1,1,0) (0,0,0)	AR	-0,419	0,121	-3,45	0,001	SI
(1,0,0) (0,1,0)	AR	-0,009	0,147	-0,06	0,950	NO
(1,0,0) (1,0,0)	AR	0,651	0,109	6,00	0,000	SI
	SAR	0,300	0,158	1,90	0,063	NO
(1,0,0) (0,0,1)	AR	0,677	0,104	6,53	0,000	SI
	SMA	-0,145	0,162	-0,9	0,374	NO
(1,0,0) (1,1,0)	AR	0,269	0,152	1,77	0,084	NO
	SAR	-0,965	0,101	-9,59	0,000	SI
(1,0,0) (1,1,1)	AR	0,180	0,160	1,12	0,268	NO
	SAR	-0,675	0,154	-4,38	0,000	SI
	SMA	0,870	0,143	6,07	0,000	SI
(0,1,1) (1,0,1)	SAR	0,9869	0,0476	20,75	0,000	SI
	MA	0,8258	0,0945	8,74	0,000	SI
	SMA	0,728	0,179	4,07	0,000	SI
(0,1,1) (1,1,1)	SAR	-0,683	0,153	-4,47	0,000	SI
	MA	1,03243	0,0005	2048,9	0,000	SI
	SMA	0,873	0,150	5,82	0,000	SI
(1,0,0) (0,1,1)	AR	0,034	0,15	0,22	0,823	NO
	SMA	0,792	0,193	4,09	0,000	SI
(0,0,1) (0,0,1)	MA	-0,541	0,115	-4,69	0,000	SI
	SMA	-0,264	0,163	-1,62	0,112	NO
(0,1,1) (1,1,0)	SAR	-0,975	0,104	-9,38	0,000	SI
	MA	0,964	0,0905	10,65	0,000	SI
(1,1,1) (0,0,0)	AR	0,013	0,144	0,09	0,929	NO
	MA	0,9687	0,0878	11,04	0,000	SI
(1,1,1) (1,0,0)	AR	0,012	0,145	0,08	0,934	NO

	SAR	0,194	0,16	1,22	0,229	NO
	MA	0,9496	0,0849	11,18	0,000	SI
(1,1,1) (0,1,0)	AR	-0,029	0,162	-0,18	0,861	NO
	MA	0,948	0,106	8,92	0,000	SI
(1,1,1) (1,0,1)	AR	-0,061	0,165	-0,37	0,715	NO
	SAR	0,987	0,0467	21,13	0,000	SI
	MA	0,818	0,114	7,17	0,000	SI
	SMA	0,733	0,18	4,07	0,000	SI

**Recepción guía de bandejas entregado por Wenco S.A.**



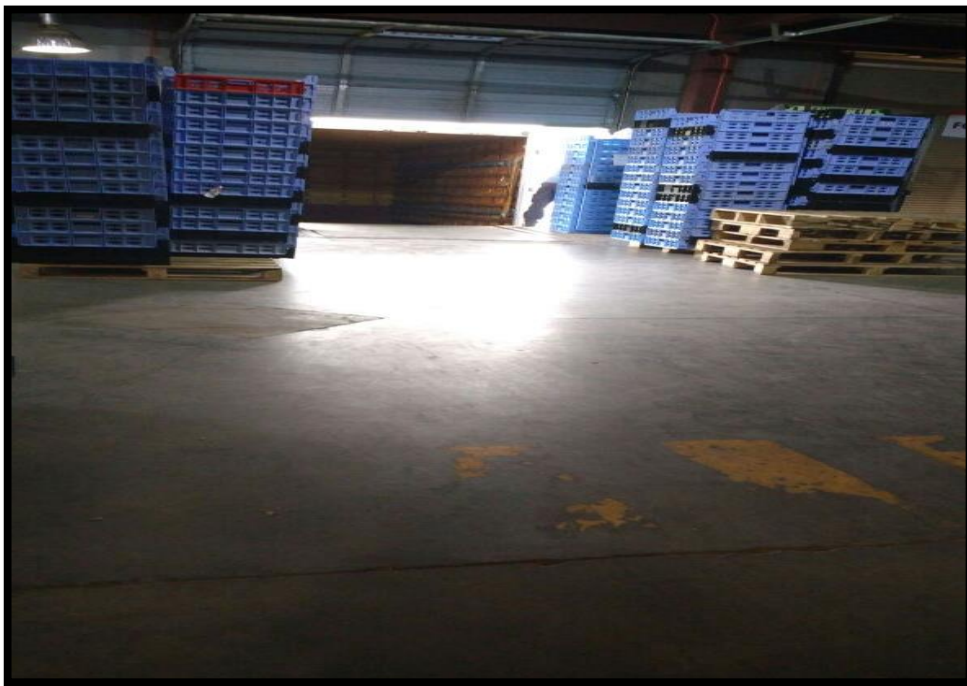
**Revisión física de bandejas en bodega**



**Lavado de bandejas con máquina Catcher**



**Traslado de bandejas vacías a planta**



**Preparación bandejas para agencia de ventas**



**Pedidos listos para ser cargados en camiones hacia consumidores mayoristas**



**Diagrama flujo de operación bandejas**

