

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE POSGRADO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN ESTADÍSTICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE  
LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD”**

**TEMA:**

DISEÑO DE UN MODELO DE PLANIFICACIÓN PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PANELES DE Balsa  
EN UNA EMPRESA UBICADA EN LA CIUDAD DE QUEVEDO

**AUTOR:**

EDGAR FERNANDO VACA CRIOLLO

Guayaquil - Ecuador

2018

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto va dedicado en primer lugar a mi familia, que gracias a ellos soy la persona que soy, quien con su apoyo, amor, sabios consejos y sobre todo con su ejemplo, siempre me han dado el aliento necesario para continuar hacia adelante y poder superar cualquier tipo de obstáculo que se me ha presentado en el camino.

**Econ. Edgar Fernando Vaca Criollo**

## **AGRADECIMIENTO**

En la culminación de este proyecto quiero agradecer de manera especial a Dios, por haberme brindado esta maravillosa oportunidad de poder alcanzar una nueva meta en mi vida, por cuidarme e iluminarme cada uno de mis pasos para lograr este objetivo.

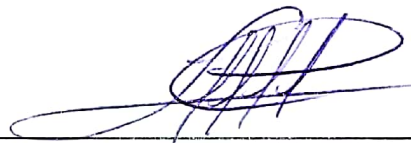
Quiero presentar mis sinceros agradecimientos a mis amigos y compañeros, ya que sin su valiosa ayuda me hubiera resultado imposible culminar de esta manera mi carrera.

Y por último y no menos importante quiero agradecer a la Ing. Wendy Plata quien fue mi tutora en la elaboración de este proyecto y gracias a su ayuda y constante empuje logré culminar este proyecto.

**Econ. Edgar Fernando Vaca Criollo**

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Postgrado** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



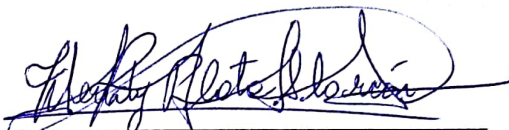
Econ. Edgar Fernando Vaca Criollo

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Omar Ruiz Barzola, PhD.

Presidente



Ing. Wendy Plata Alarcón, Mgtr.

Director



Ing. Sandra García Bustos, PhD.

Vocal 1



Ing. Dalton Noboa Macías, Mgtr.

Vocal 2

## AUTOR DEL PROYECTO



---

Econ. Edgar Fernando Vaca Criollo

# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
1. ANTECEDENTES, PROBLEMA, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA .....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4. ALCANCE .....	4
1.5. OBJETIVOS .....	4
1.5.1. OBJETIVO GENERAL .....	4
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.6. METODOLOGÍA.....	4
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	7
2. MARCO TEÓRICO, ESTADO DEL ARTE Y ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL.....	7
2.1. MARCO TEÓRICO.....	7
2.2. ESTADO DEL ARTE .....	9
2.3. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL.....	12
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	17
3. MODELO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA .....	17
3.1. ESTRATEGIAS DE SOLUCIÓN.....	17
3.2. DESARROLLO DE LAS ESTRATEGIAS DE SOLUCIÓN .....	18
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	43
4. DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE PLANIFICACIÓN Y PRODUCCIÓN .....	43
4.1. MODELO ACTUAL DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN .....	43
4.2. MODELO ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN .....	45
4.3. PROPUESTA DE MEJORA .....	46
4.4. EJECUCIÓN Y CONTROL DEL PLAN DE PRODUCCIÓN .....	53
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	60
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	60
5.1. CONCLUSIONES.....	60
5.2. RECOMENDACIONES .....	62
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	63
<b>ANEXOS</b> .....	66

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ciclo de Deming del proyecto .....	6
Ilustración 2: Organigrama de la empresa .....	13
Ilustración 3: Diagrama de Ishikawa .....	16
Ilustración 4 Ventas anuales por tipo de panel.....	20
Ilustración 5: Serie de Tiempo Panel A .....	21
Ilustración 6: Serie diferenciada Panel A .....	22
Ilustración 7: Función ACF Panel A .....	24
Ilustración 8: Función PACF Panel A .....	24
Ilustración 9: Test de Ljung - Box.....	25
Ilustración 10: Pronóstico de Ventas Panel A .....	27
Ilustración 11: Pronóstico de Ventas Panel A .....	27
Ilustración 12: Serie de Tiempo Panel B .....	29
Ilustración 13: Serie Diferenciada Panel B.....	30
Ilustración 14: Función ACF Panel B .....	31
Ilustración 15: Función PACF Panel B .....	32
Ilustración 16: Pronóstico de Ventas Panel B .....	34
Ilustración 17: Pronóstico de Ventas Panel B .....	34
Ilustración 18: Serie de Tiempo Panel C.....	36
Ilustración 19: Serie Diferenciada Panel C.....	37
Ilustración 20: Función ACF Panel C .....	38
Ilustración 21: Función PACF Panel C .....	38
Ilustración 22: Pronóstico de Ventas Panel C .....	40
Ilustración 23: Pronóstico de Ventas Panel C .....	40
Ilustración 24: Estimación de Ventas .....	42
Ilustración 25 Proceso de Planificación.....	44
Ilustración 26 Ficha del Proceso de Planificación .....	44
Ilustración 27 Proceso de Planificación.....	45
Ilustración 28 Ficha Proceso de Planificación .....	46
Ilustración 29 Macro de Procesos .....	47



Ilustración 30 Tendencia Ventas pronosticadas vs Ventas Reales .....	48
Ilustración 31 Tendencia Ventas pronosticadas vs Ventas Reales .....	49
Ilustración 26: Formato de Control Semanal de Producción .....	54
Ilustración 27: Proceso de Planificación mejorado .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de paneles .....	19
Tabla 2 Registro de ventas panel A .....	19
Tabla 3 Pronóstico de Ventas Panel A.....	28
Tabla 4 Pronóstico de Ventas Panel B.....	35
Tabla 5 Pronóstico de Ventas Panel C .....	41
Tabla 6 Panel A ventas pronosticadas vs ventas reales .....	48
Tabla 7 Panel B ventas pronosticadas vs ventas reales .....	49
Tabla 8 Panel C ventas pronosticadas vs ventas reales.....	50
Tabla 9 Panel C ventas pronosticadas vs ventas reales.....	50
Tabla 10 Pronóstico de producción por panel.....	51
Tabla 11 Pronóstico de producción Panel A .....	51
Tabla 12 Pronóstico de producción Panel B .....	51
Tabla 13 Pronóstico de producción Panel C .....	51
Tabla 14 Unidades pronosticadas y Producción real Panel A.....	52
Tabla 15 Unidades pronosticadas y Producción real Panel B.....	52
Tabla 15 Unidades pronosticadas y Producción real Panel C .....	53

## **CAPÍTULO 1**

### **1. ANTECEDENTES, PROBLEMA, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

La empresa en la cual se desarrolló este proyecto fue constituida en Guayaquil en 1945, la misma que fue una de las primeras empresas en fabricar productos que se derivan de la explotación de árboles de balsa cuyo hábitat se encuentra en la región costa del Ecuador. La empresa es la única que abarca todas las etapas del negocio, partiendo de la obtención de semillas de balsa, siembra de las mismas, cuidado y tala de los árboles de balsa, hasta la producción de los paneles que son exportados a diferentes países del mundo.

Los paneles de balsa se clasifican en *rígidos* o *flexibles* dependiendo de las necesidades del consumidor y son utilizados principalmente para la fabricación de partes de barcos, aviones y aspas de molino de viento, teniendo como mercado objetivo países como China, Alemania, Brasil y Estados Unidos, siendo este último el principal cliente.

Debido a los altos estándares de calidad que exigen los clientes de la empresa objeto de estudio, ésta cuenta con tecnología de última generación para la ejecución de los procesos de producción y control de los paneles de balsa, buscando el cumplimiento de tiempos de despacho de acuerdo a los

requerimientos de los clientes. Cabe recalcar que la empresa actualmente está interesada en la implementación de planes de mejora continua en sus procesos, por tal razón se ha identificado a la planificación como un proceso crítico dentro de la cadena de valor de la empresa a fin de optimizar el proceso de producción de los diferentes tipos de productos que se ofrecen.

El país cuenta actualmente con 2 empresas que se dedican a este tipo de negocio y esto se debe principalmente a la alta inversión que requiere la industria maderera.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El presente proyecto nace de la necesidad de atender el actual problema que tiene la empresa el cual radica en la falta de gestión por procesos en las fases de Planificación y Producción de los paneles de balsa, puesto que el esquema que se mantiene no es el adecuado, generando demoras en los tiempos de producción y en las entregas de los pedidos a los clientes, a esto se suma que no se ha tomado en cuenta una planificación de la demanda que contemple análisis estadístico para optimizar los procesos de producción.

Adicionalmente, se ha detectado un aumento en los tiempos de producción debido a la inadecuada gestión de las órdenes de compra, pues al consolidar las solicitudes de los clientes y decidir las órdenes que se van a producir en cada semana, no se considera la secuencia de producción de las órdenes, ni tampoco que los tiempos de corte de la madera varían significativamente de acuerdo al espesor, es decir, mientras más finos sean los cortes mayor será el tiempo de producción. Además, se debe considerar el tiempo muerto de máquinas mientras se calibran y se prueban y el de las personas mientras esperan que esto ocurra.

Todo lo antes mencionado tiene un impacto directo en los estándares de calidad de los productos y a su vez en los tiempos de entrega de los pedidos a los clientes, generando insatisfacción en los mismos.

A causa de esto se producen también reprocesos dentro de la organización que afectan a distintas áreas y varían desde la etapa de producción hasta anulaciones de facturas emitidas y aprobadas por la entidad correspondiente, además se incurre en pérdidas debido a las multas y sanciones por parte de las entidades regulatorias como la aduana, el Servicio de Rentas Internas, costos de espera y/o almacenamiento del contenedor en el puerto o en la planta. Estas pérdidas en el último año ascienden a un valor cercano a los \$250.000 (dólares).

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Los problemas detectados en la empresa productora de paneles de balsa guardan una estrecha relación con la mala gestión alrededor de la cadena de valor como tal, partiendo de esta premisa, se realizará el levantamiento de información en todas sus etapas: *recepción de órdenes de compra, planificación de producción semanal, producción y confirmación de producción en el sistema.*

Con la aplicación de lo desarrollado en el presente proyecto se mejorará el desempeño en el despacho de productos, facilitando la comunicación entre las áreas implicadas y de esta manera facilitar la planificación de la producción diaria de las órdenes de venta, tomando en cuenta estimaciones de ventas, existencia en inventarios y los tiempos de producción que requiere cada tipo de producto.

## **1.4. ALCANCE**

El presente proyecto se enfocará en el estudio, análisis y posterior presentación de una propuesta de mejora para los procesos de Planificación y Producción de una empresa cuya actividad comercial se enfoca en la producción de paneles de madera de balsa, dicha empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Quevedo en la provincia de Los Ríos. El período de recolección de los datos corresponde a los años 2014 hasta julio del 2017.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el modelo de planificación para optimizar el proceso de producción de paneles de madera de balsa.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Determinar un modelo de pronóstico de la demanda que sirva de base para la planificación de la producción de paneles.
- ✓ Definir un modelo de gestión que permita la interacción a los procesos de Planificación y Producción.
- ✓ Presentar la propuesta de valor en el proceso optimizando costos de producción.

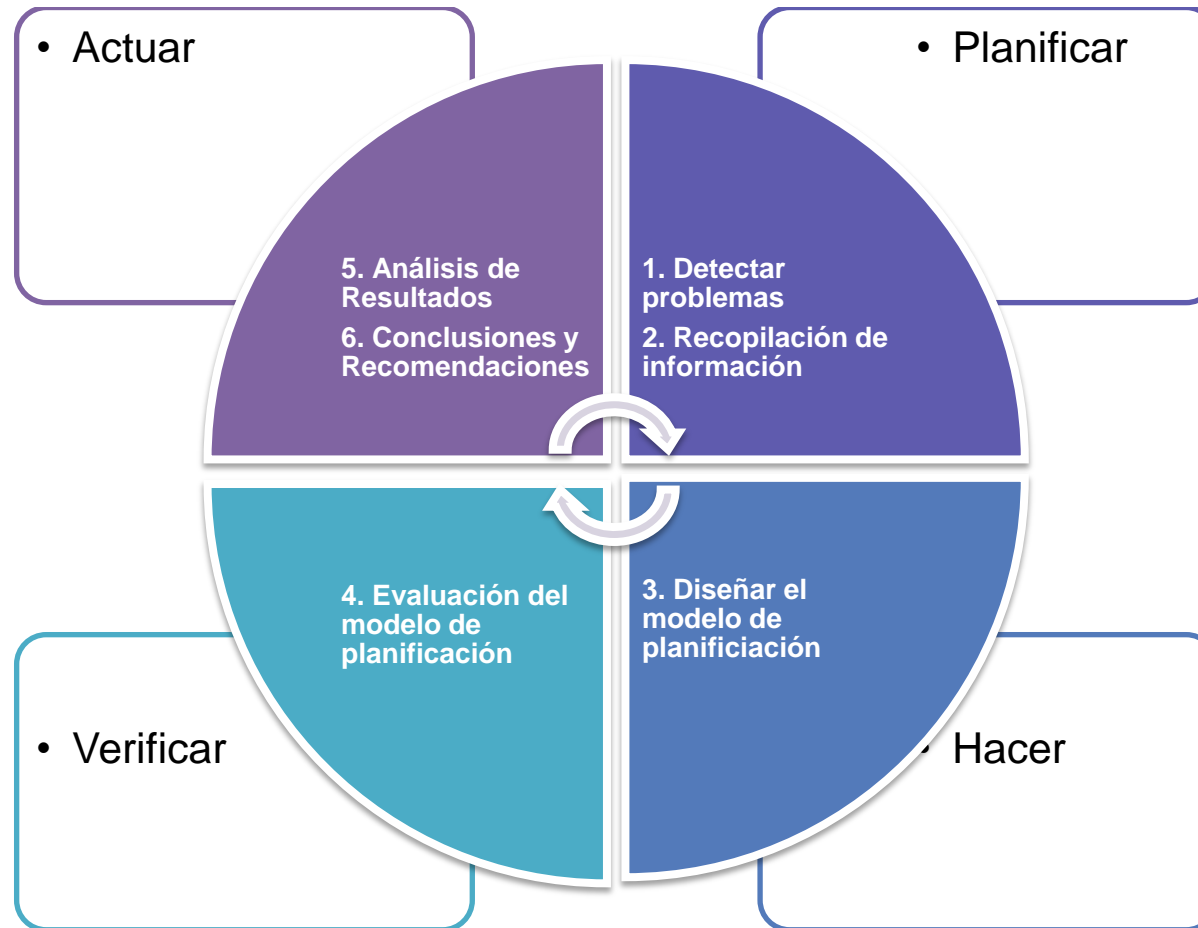
## **1.6. METODOLOGÍA**

Para poder definir la propuesta de optimización de los procesos se implementará una metodología basada en el Ciclo de Deming que es una

estrategia de mejora continua de la calidad que se compone de cuatro fases: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, bajo este esquema se realizará lo siguiente:

- 1) Análisis de la situación operacional de la empresa
  - a. Detectar problemas operacionales
  - b. Recopilar información para la elaboración del plan de producción
- 2) Diseño del modelo de Planificación de la Producción
- 3) Evaluación del Modelo de Planificación de la Producción
  - a. Análisis de los resultados
  - b. Planteamiento de conclusiones y recomendaciones

En este proyecto se identificarán las actividades que tienen un impacto directo en los tiempos de los procesos e identificar posibles oportunidades de mejora a fin de establecer una estructura procesal optimizando tiempos y costos de los procesos internos. Véase Ilustración 1.



**Ilustración 1: Ciclo de Deming del proyecto**



## **CAPÍTULO 2**

### **2. MARCO TEÓRICO, ESTADO DEL ARTE Y ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL**

#### **2.1. MARCO TEÓRICO**

Al desarrollar el presente proyecto, el punto medular del análisis se centrará en la detección de oportunidades de mejora que ayuden a la definición de un modelo estandarizado de gestión para la planificación de la producción. Partiendo de este contexto a continuación, se describe en qué consisten las herramientas a utilizar para el propósito antes mencionado.

#### **MODELO DE ESTIMACIÓN DE LAS VENTAS**

Una de las herramientas estadísticas que se incorporará dentro de la definición de un proceso óptimo de planificación para la producción, es la elaboración de un modelo de estimación de las ventas la cual es una herramienta comercial que permite estimar las ventas, con el fin de establecer metas en un determinado periodo, para su elaboración se tienen en cuenta los registros históricos y las tendencias de las ventas de la empresa. (SENA, 2014)

## **MODELOS ARIMA**

La palabra ARIMA significa Modelos Autorregresivos Integrados de Medias Móviles. Definimos un modelo como autorregresivo si la variable endógena de un período  $t$  es explicada por las observaciones de ella misma correspondientes a períodos anteriores añadiéndose, como en los modelos estructurales, un término de error. En el caso de procesos estacionarios con distribución normal, la teoría estadística de los procesos estocásticos dice que, bajo determinadas condiciones previas, toda  $Y_t$  puede expresarse como una combinación lineal de sus valores pasados (parte sistemática) más un término de error (innovación). Los modelos autorregresivos se abrevian con la palabra AR tras la que se indica el orden del modelo: AR(1), AR(2),....etc. El orden del modelo expresa el número de observaciones retasadas de la serie temporal analizada que intervienen en la ecuación. Así, por ejemplo, un modelo AR(1) tendría la siguiente expresión:

$$Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 Y_{t-1} + a_t$$

El término de error de los modelos de este tipo se denomina generalmente ruido blanco cuando cumple las tres hipótesis básicas tradicionales mencionadas al principio del texto: - media nula - varianza constante - covarianza nula entre errores correspondientes a observaciones diferentes La expresión genérica de un modelo autorregresivo, no ya de un AR(1) sino de un AR(p) sería la siguiente:

$$Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + a_t$$

pudiéndose escribir de forma abreviada como:

$$\Phi_p(L) = 1 - \Phi_0 + a_t$$

donde  $\Phi_p(L)$  es lo que se conoce como operador polinomial de retardos:

$$\Phi_p(L) = 1 - \Phi_1 L - \Phi_2 L^2 - \dots - \Phi_p L^p$$

y donde, a su vez, el término  $L$  es lo que se conoce como operador retardo tal que, aplicado al valor de una variable en  $t$ , dé como resultado el valor de esa misma variable en  $t-1$ :

$$LY_t = Y_{t-1}$$

y aplicado sucesivamente  $p$  veces retarda el valor en  $p$  períodos

$$L^p Y_t = Y_{t-p}$$

Normalmente, se suele trabajar con modelos autorregresivos de órdenes bajos: AR(1) o AR(2), o bien con órdenes coincidentes con la periodicidad de los datos de la serie analizada (si es trimestral AR(4), si es mensual AR(12)...). De Arce, R., & Mahía, R. (2003)

## **2.2. ESTADO DEL ARTE**

Dado que existe una continua búsqueda por parte de las organizaciones a nivel mundial de una metodología eficaz para optimizar la ejecución de sus procesos logrando una disminución de costos y una maximización de las ganancias, ahora se cuenta con una serie de teorías y metodologías propuestas por personas que ya sea por su nivel de experiencia en el tema o por investigaciones realizadas cuyo objetivo se ha enfocado en buscar la tan anhelada optimización, que de una u otra manera han contribuido al desarrollo de la industria como tal. Tales metodologías dicho sea de paso han sido diseñadas de tal manera que pueden ser utilizadas por todo tipo empresas sin

importar la actividad a la que se dediquen ni a los problemas operacionales con los que cuenten.

En las empresas de manufactura es común encontrar que los procesos sufren deficiencias ocasionando grandes pérdidas, estas deficiencias en su mayoría se deben a retrasos en los tiempos de entrega o mala optimización de los costos de producción. Estudios y análisis sobre el tema coinciden en que la gestión por procesos parte de la necesidad de alinear los procesos con la estrategia, la misión y los objetivos de la institución (Moreira, 2013) (Alonso Torres, 2014), Por ello, el punto de análisis lo constituye la gestión de la empresa basada en los procesos que la integran (Balcázar & Lagunas, 2013) (Hernández Nariño et al., 2013).

Por lo tanto, la gestión de las empresas, en la creciente complejidad de sus actividades, debe procurar la preparación de los componentes humanos, y la mejoría de los materiales. Resultan comunes los logros obtenidos en la gestión sobre la base de un enfoque por proceso (Nariño Hernández, Nogueira Rivera, & Medina León, 2014), fundamentalmente en el desarrollo de una cultura orientada a la mejora continua, la sistematización de los procesos, la participación del personal, el trabajo en equipo y la creatividad (Hernández Nariño, Medina León, Nogueira Rivera, & Marqués León, 2009).

Existen numerosos procedimientos y herramientas que permiten gestionar y obtener resultados en la mejora de procesos empresariales (Ricardo Cabrera, 2010), aplicables según las características de cada empresa. Estos para su desarrollo se apoyan en el levantamiento de las oportunidades de mejora, los mismos que necesitan de un equipo de trabajo que refuerce el liderazgo (Medina León, Nogueira Rivera, Hernández Nariño, & Viteri Moya, 2010) y actúe sobre ellos a fin de lograr optimizaciones que a la larga tendrán un efecto positivo en la economía de la empresa.

Las metodologías y herramientas de mejora impactan sobre las personas e introducen modificaciones en sus actitudes, aptitudes, comportamientos (Karapetrovic, 2003) (Abab Puente, Vilajosana Crusells, & Dalmau, 2014) y conllevan a un mejor aprovechamiento de los recursos de uno u otro tipo. Se proponen y diseñan para incrementar los resultados de los indicadores de gestión (IFA, 2010) (Cuendias de Armas et al., 2013) de eficiencia, de eficacia y mejorar los resultados para todos los grupos de interés de la empresa; así repercuten sobre los resultados claves de la organización (Medina León, Nogueira Rivera, & Hernández Nariño, 2012).

En el marco de la optimización y mejoramiento de los procesos podemos enumerar múltiples técnicas y teorías algunas de las cuales han sido probadas e implementadas por empresas de renombre que se han convertido en referencia a nivel mundial. Entre las más utilizadas se encuentra la metodología Six Sigma la cual es una metodología revolucionaria para la mejora de los procesos para todo tipo de empresa, desde una empresa de manufactura hasta el área comercial (marketing, finanzas, jurídica, etc.) que pretende alcanzar mejoras en la calidad y ganancias de productividad drásticas, con consecuente reducción de costos (Ramos, A. W., 2009).

Esta metodología permite incorporar un enfoque sistemático de reducción de defectos en los procesos, la misma que utiliza un sin número de herramientas estadísticas que permiten determinar y analizar posibles problemas que afectan a los procesos. El principal objetivo de la metodología 6 Sigma es que un proceso alcance una tasa de mínima de fallas (3,4 defectos por millón), lo que básicamente se interpreta como la búsqueda constante para alcanzar la perfección.

La metodología Six Sigma se sustenta en el ciclo DMAMC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), dentro de esta estructura se hace indispensable la definición de indicadores que permitan tomar decisiones basadas en hechos.

Los indicadores de gestión se convierten en los signos vitales de la organización, y su continuo monitoreo permite establecer las condiciones e identificar los diversos síntomas que se derivan del desarrollo normal de las actividades (García, L. A. M. ,2016).

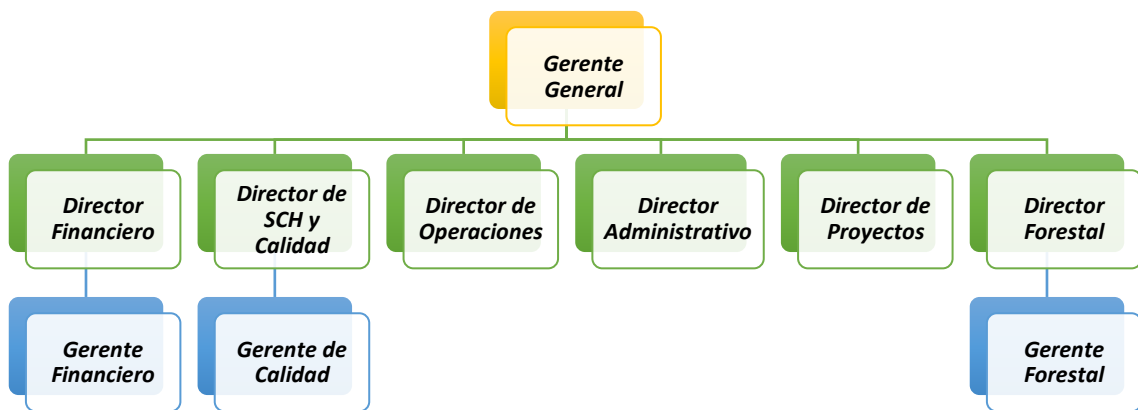
Una técnica necesaria que permitirá desarrollar y obtener una optimización de los procesos involucrados, es la estimación o pronósticos de las ventas futuras, con lo cual se podrá planificar de mejor manera la producción sin incurrir en sobre producción. En este contexto la elaboración de pronósticos de ventas precisos es uno de los retos más importantes en empresas. En un escenario inicial se tienen los depósitos llenos de productos listos para ser llevados a los mostradores. A medida que pasa el tiempo la cantidad en depósito va decreciendo por la demanda de los clientes y llegado un momento crítico hay que tomar la decisión de reponer el stock. Es ahí donde entra en juego los modelos de pronóstico de la demanda.

Estos modelos se basan en métodos de pronóstico estadísticos que a partir de los datos históricos de ventas y suponiendo que las tendencias históricas continuarán, son capaces de anticipar la demanda futura. En general, para modelar cuantitativamente se debe disponer de información sobre la variable a pronosticar, la información debe ser cuantificable y el patrón histórico de cierto modo se debe repetir en el futuro (A. Garcete, R. Benítez, D. Pinto-Roa, A. Vázquez., 2017)

### **2.3. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL**

La empresa en la actualidad se enmarca dentro de una estructura organizacional básica, la cual cuenta con un gerente general quien es el líder de la empresa y sobre el que recae la responsabilidad de la toma de las decisiones que impactan directamente el desempeño de la organización y que

a su vez permiten asegurar la continuidad el negocio promoviendo las acciones establecidas con la finalidad de que la empresa se adapte a los cambios que puede presentar el mercado. Adicionalmente, cada área de la organización cuenta con un director como responsable de la consecución de resultados y el cumplimiento de los objetivos definidos. Véase Ilustración 2.



**Ilustración 2: Organigrama de la empresa**

A continuación se detalla cómo se desenvuelve el proceso el cual inicia cuando la empresa recibe la orden de compra de los paneles por parte de los clientes de acuerdo a las especificaciones dentro de las que encuentran las medidas (espesor, largo, ancho); entre otras especificaciones se tiene: densidad de la madera y calidad. Posteriormente las órdenes de compra llegan al departamento de Supply Chain o se canalizan directamente al gerente de la planta, quien le comunica al director de Supply Chain las órdenes de compra que le hayan llegado, lo mismo ocurre con las modificaciones solicitadas por el cliente a dichas órdenes.

A medida que el departamento de Supply Chain o el gerente de la planta vayan recibiendo las órdenes de compra iniciales o los cambios, se van ingresando en un archivo de Excel con los códigos respectivos de los materiales. Tal archivo

es compartido por medio de la red interna para ser visualizado y consultado por los involucrados en el proceso. En caso de que algún código para algún material no exista, el responsable de su creación es el gerente del área.

Con el archivo que se encuentra en la red se procede a ingresar en el sistema las órdenes de compra como órdenes de venta para que estén disponibles para todo el personal de planta. El jefe de planificación es el encargado de revisar las órdenes ingresadas y planificar su producción durante el mes correspondiente.

Una vez que la orden es producida, se confirma la producción y se procede a liberar la orden para que el producto pueda salir al contenedor, dando de baja tanto el inventario físico como el del sistema y finalmente proceder con la facturación final al cliente.

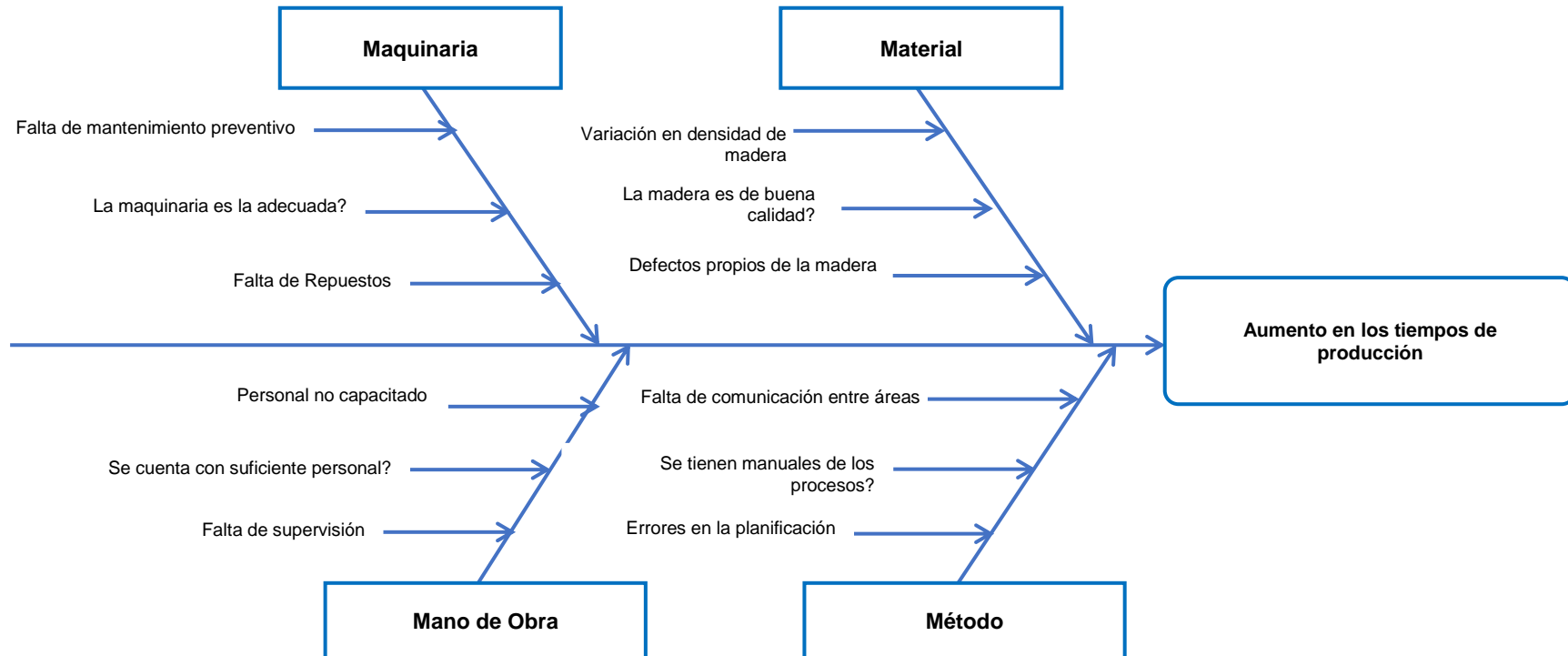
Las órdenes son producidas a medida que ingresan los pedidos, sin considerar la planificación anterior, es decir la producción del día puede ser de un espesor de una pulgada pero ingresó una orden media pulgada y se realiza el cambio para la nueva producción, esto ocasiona pérdida de tiempo y dinero puesto que las máquinas deben ser calibradas y probadas para la nueva medida, cuando se termine esta producción y poder regresar a la anterior se debe realizar el mismo procedimiento.

La planta trabaja dos turnos al día y el rendimiento de estos turnos se mide en base al volumen producido y no al número de órdenes terminadas, debido a esto la empresa tiene un inventario de madera valorado en 3 millones de dólares, la razón de este inventario es que los turnos buscan alcanzar su meta mensual de producción en base al volumen y prefieren hacer cortes gruesos porque este tipo de corte es más rápido de procesar.



Se pudo cuantificar una pérdida anual \$250.000 por devoluciones de órdenes, retraso en las salidas del contenedor en la planta, multas de la naviera por documentación errónea o incompleta, multas de aduana y otras entidades regulatorias por incumplimiento de normativas.

Para atender y dar solución al problema planteado, se realizó un análisis por medio del esquema de Causa – Efecto (Ishikawa) para poder identificar las posibles causas que originan los aumentos significativos en los tiempos de producción de los paneles de madera. Las causas identificadas a continuación se evaluarán para de esta manera detectar la causa raíz que origina el problema. Véase Ilustración 3.



**Ilustración 3: Diagrama de Ishikawa**

## **CAPÍTULO 3**

### **3. MODELO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA**

En el desarrollo de este capítulo se diseñará el modelo de planificación para optimizar el proceso de producción y así reducir los tiempos de producción y los costos implicados.

Cabe mencionar que para el diseño del modelo de planificación, se considerará las políticas establecidas por la empresa, la capacidad de producción de misma, y otros datos relevantes, que ayudarán a establecer oportunidades de mejora para la planificación de la producción.

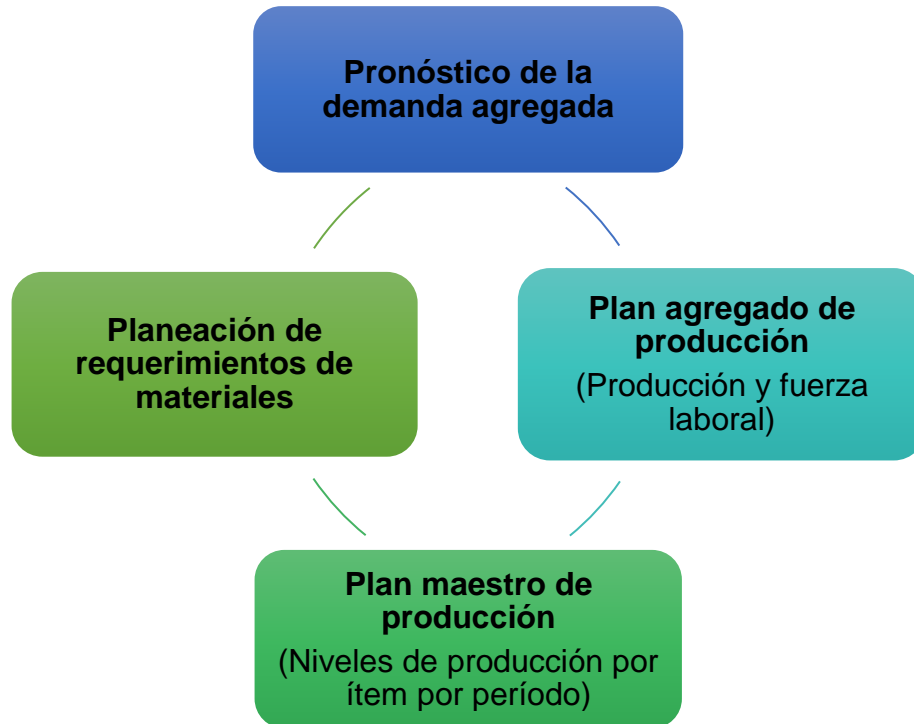
#### **3.1. ESTRATEGIAS DE SOLUCIÓN**

Para diseñar un proceso de planificación de la producción que permita disminuir tiempos y costos se utilizará la herramienta de la Planeación Agregada de la Producción la cual consiste en determinar la cantidad de producción y su ejecución a mediano plazo y cuyo objetivo es minimizar los costos en el periodo que se estableció la planificación.

La Planeación Agregada requiere de los siguientes elementos para su correcta utilización.

- Realizar un pronóstico de las ventas en un periodo determinado.
- Determinar un método para determinar los costos.

- Definir un modelo que combine los pronósticos de la demanda y los costos para ayudar a la alta dirección en la toma de decisiones.



### **3.2. DESARROLLO DE LAS ESTRATEGIAS DE SOLUCIÓN**

A continuación, se describe la aplicación del modelo autorregresivo con estacionariedad (ARIMA) en los datos de ventas históricos de los diferentes paneles, identificando si existe o no raíces unitarias en la serie y comparándolo con otro modelo para escoger el óptimo con el fin de realizar el pronóstico correcto de los paneles.

#### **ESTIMACIÓN DE LAS VENTAS**

Para realizar una adecuada planificación de la producción, un pilar fundamental es un adecuado pronóstico de las ventas para los 3 tipos de paneles que generan la mayor parte de los ingresos de la empresa. Dichos paneles tienen las siguientes características:

Tipo de Panel	Espesor (in)	Dimensiones (in)
Panel A	1	24x48
Panel B	½	24x48
Panel C	¼	24x48

**Tabla 1 Tipos de paneles**

Se tiene la información de las ventas mensuales de los paneles mostrados en la Tabla 1, desde el año 2014 hasta el primer semestre del 2017 y se estimarán las ventas para los 12 meses siguientes y así tener una base para realizar la planificación de la producción; para el efecto, se utilizará es un modelo autorregresivo con estacionariedad ARIMA.

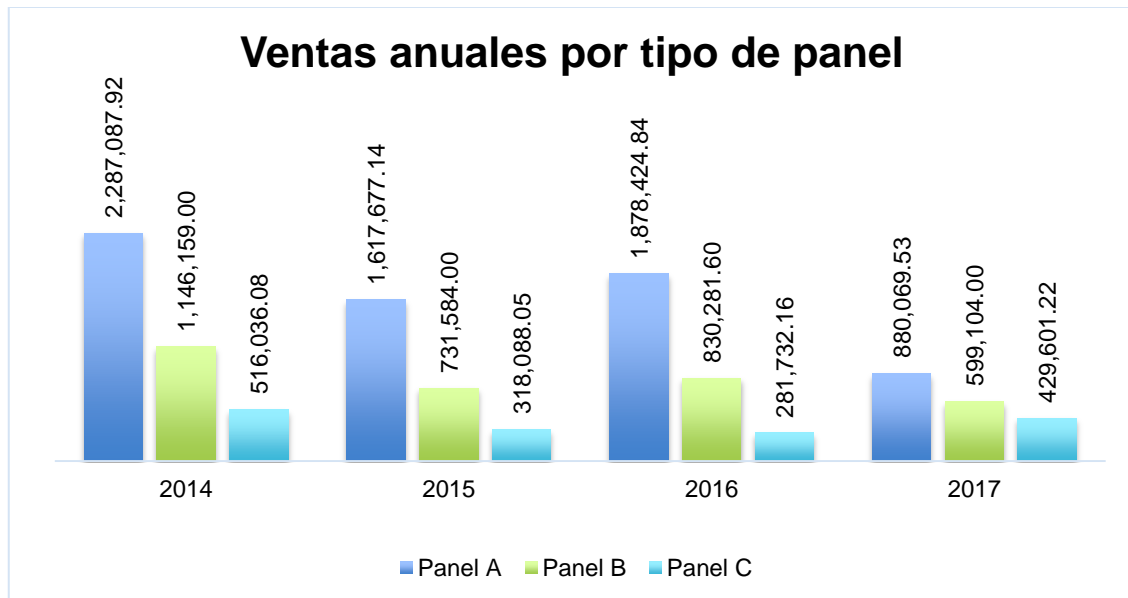
Aplicando la teoría de predicción y pronósticos se seguirán los siguientes pasos para obtener el análisis deseado:

- Analizar los datos originales de la facturación de la empresa
- Graficar la serie de los datos y determinar su estacionariedad
- Definir la serie temporal
- Seleccionar el modelo de predicción para los datos futuros

En la Tabla 2 se muestra el registro de las ventas totales del Panel A en miles de dólares, desde el 2014 a julio del 2017.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Ju1	Aug
2014	221466.96	252884.32	299322.40	311021.36	304419.44	246169.04	213764.72	118833.52
2015	89676.08	110527.04	165112.48	61874.80	255805.68	198103.61	81552.17	126461.92
2016	99169.20	273644.44	188884.44	173418.96	172414.72	175283.68	29326.96	180760.36
2017	166638.16	133242.72	116629.76	126292.40	163078.24	58653.92	115534.33	
	Sep	Oct	Nov	Dec				
2014	48313.20	54924.48	138497.84	77470.64				
2015	93744.56	135955.04	106967.12	191896.64				
2016	191388.08	67638.48	105610.96	220884.56				

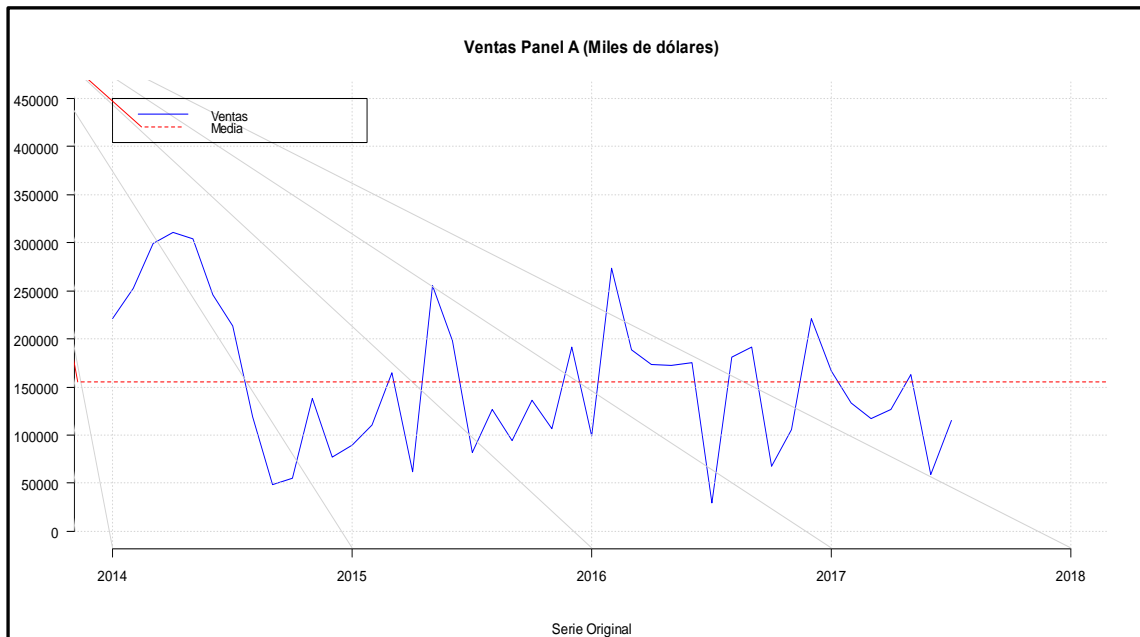
**Tabla 2 Registro de ventas panel A**



**Ilustración 4 Ventas anuales por tipo de panel**

La información proporcionada es el punto de partida para desarrollar y bosquejar el mejor modelo que permita obtener una estimación de las ventas para los próximos 12 meses.

Para cada tipo de panel se diagrama la serie de tiempo respectiva para determinar si son estacionarias y adecuadas para realizar el pronóstico. De no tener inicialmente una serie estacionaria se harán las transformaciones respectivas a fin de lograr la tendencia necesaria.



**Ilustración 5: Serie de Tiempo Panel A**

Analizando la serie de tiempo obtenida a partir de las ventas del Panel A mostrada en la Ilustración 5, se presume cierta estacionariedad de esta, pero se lo puede comprobar mediante la prueba de **Dickey-Fuller** la cual determina si existen o no raíces unitarias en una serie de tiempo.

**$H_0$ :** Existe una raíz unitaria en la serie.

**$H_1$ :** No existe una raíz unitaria en la serie.

```
> adf.test(z)

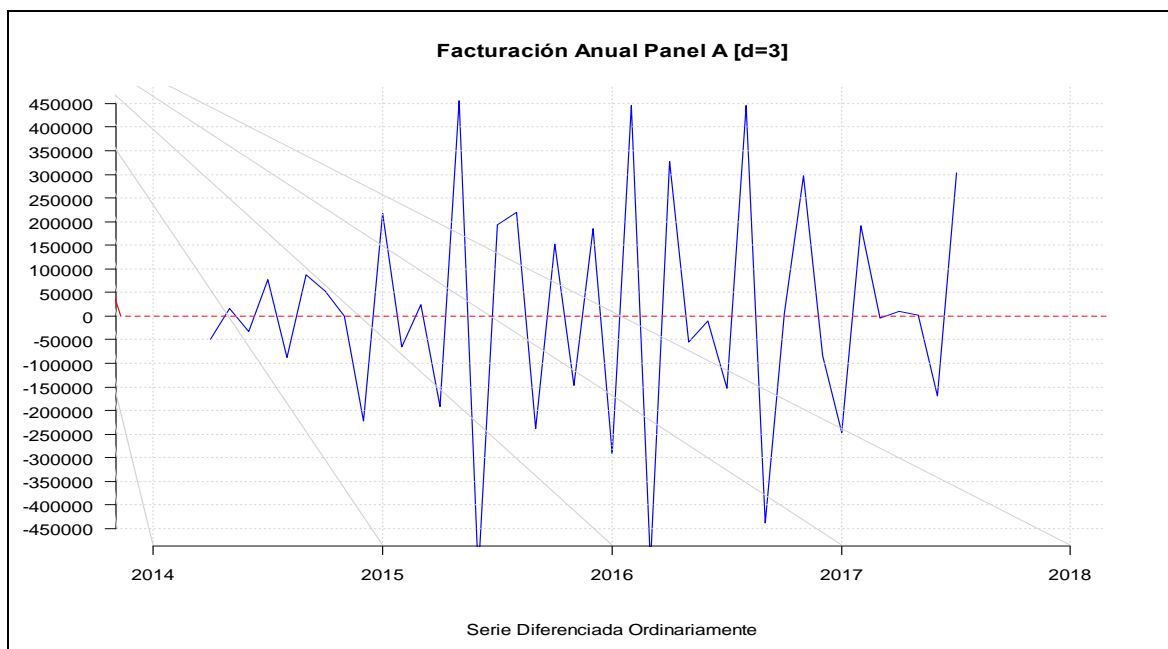
Augmented Dickey-Fuller Test

data: z
Dickey-Fuller = -2.8831, Lag order = 3, p-value = 0.2249
alternative hypothesis: stationary
```

Al realizar esta prueba a la serie de tiempo de las ventas del Panel A, se observa que el valor  $p = 0.2249$  siendo este mayor a  $0.05$  **por tanto no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la  $H_0$** , es decir, **la serie es no estacionaria** al poseer raíz unitaria.

Una vez conocido el comportamiento de la serie de tiempo, un método que se utiliza para suavizar la misma es Diferenciarla hasta obtener un comportamiento estacionario. Esto se lo realiza dado que como se puede observar en la *ilustración 5* la serie va cambiando en el tiempo, por consiguiente se debe diferenciar  $d$  veces para hacerla estacionaria y luego a esta serie ya diferenciada aplicarle un modelo  $ARMA(p,q)$ .

Se procedió a diferenciar la serie 3 veces asegurando así que pueda cumplir con el principio de estacionariedad obteniendo lo que se muestra en la Ilustración 6.



**Ilustración 6: Serie diferenciada Panel A**



Analizando el gráfico se observa que un mayor grado de estacionariedad en comparación con la serie original, pero al igual que antes se procederá a comprobarlo mediante la prueba de Dickey-Fuller.

$H_0$ : Existe una raíz unitaria en la serie.

$H_1$ : No existe una raíz unitaria en la serie.

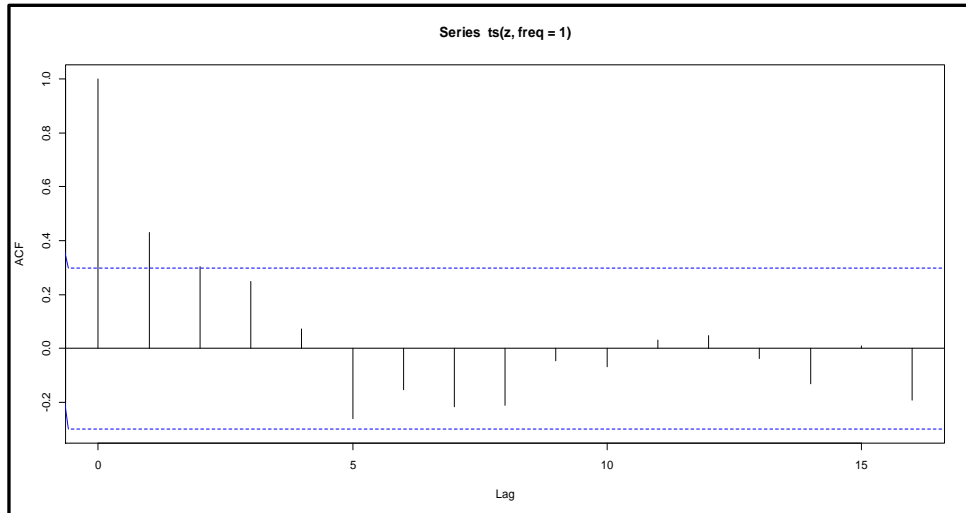
```
> adf.test(d)
      Augmented Dickey-Fuller Test
data: d
Dickey-Fuller = -6.9107, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

En esta ocasión se evidencia que el valor  $p = 0.01$  siendo este menor al  $0.05$ , por lo tanto existe evidencia estadística para **rechazar la  $H_0$  y aceptar la hipótesis alternativa, que indica que la serie obtenida es estacionaria**. Por tanto, ahora se podrá ajustar un modelo autorregresivo y de medias móviles.

Para poder determinar el número de componentes del modelo autorregresivo y de medias móviles es necesario hacer uso de la función de autocorrelación simple (ACF) y la función de autocorrelación parcial (PACF), estas funciones son herramientas de asociación entre los valores actuales y pasados de una serie y que básicamente permiten identificar cuáles son los valores pasados de la serie que serán más útiles para predecir los valores futuros de la misma.

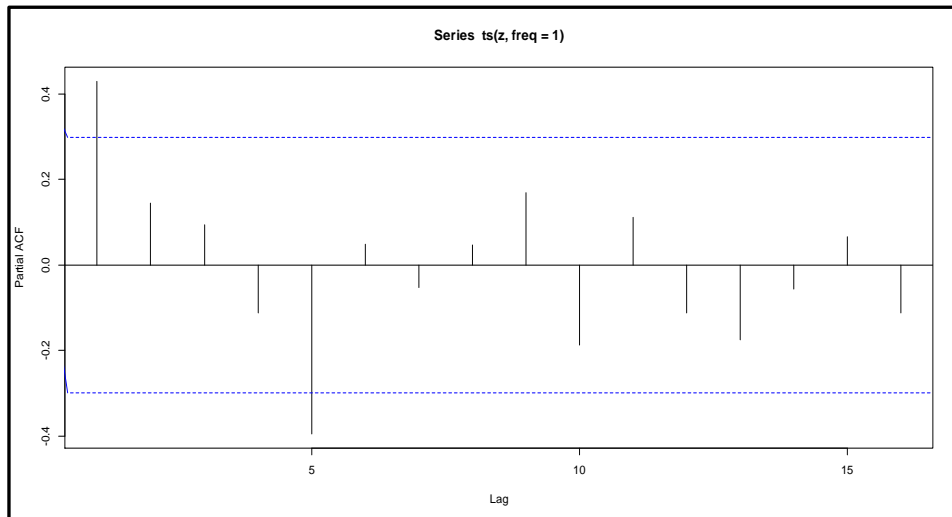
Determinando las funciones ACF y PACF haciendo coincidir el número de rezagos con la frecuencia de la serie se obtiene lo siguiente:

### **Función de autocorrelación simple (ACF).-**



**Ilustración 7: Función ACF Panel A**

### **Función de autocorrelación parcial (PACF).-**

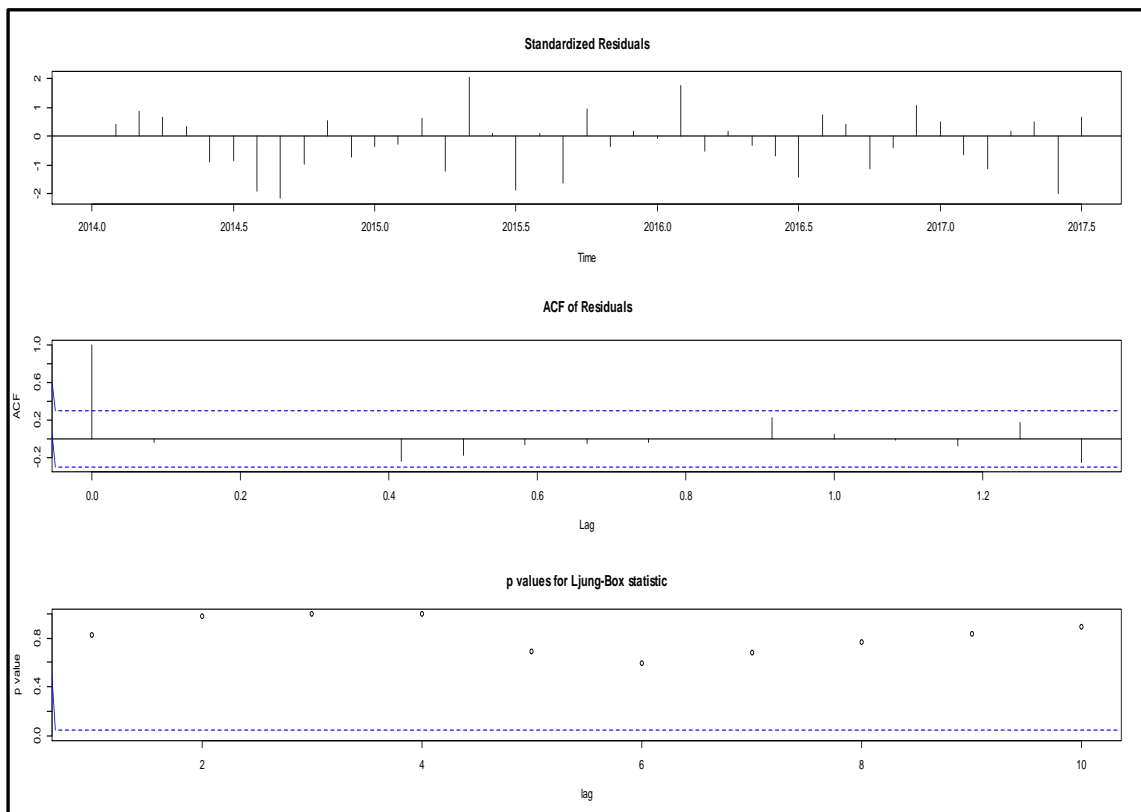


**Ilustración 8: Función PACF Panel A**

Una vez obtenidos los gráficos para las dos funciones se puede observar que para la función de autocorrelación simple (ACF) se tiene un comportamiento de decaimiento exponencial de las autocorrelaciones de los valores rezagados de la serie. Mientras que para la función de autocorrelación parcial (PACF) se

observa que presenta autocorrelación nula a partir del cuarto rezago, esto indica que se puede ajustar al **modelo 1, m1: ARIMA de un orden (4, 3, 1)**, es decir, un orden de 4 para el proceso autorregresivo (AR), una diferenciación de orden 3 y un orden de 1 para el proceso de medias móviles (MA).

Se procede a desarrollar el modelo autorregresivo con la información antes mencionada y se proba si este modelo es el más adecuado para modelar la serie de tiempo en estudio.



**Ilustración 9: Test de Ljung - Box**

**Mediante un diagrama de diagnóstico para ajustes de series de tiempo se llega a la conclusión de que el modelo es adecuado para poder realizar el pronóstico** ya que como se observa mediante el *test de Ljung – Box*, bajo estas condiciones no se rechaza la hipótesis nula de la independencia de los residuos ya que el valor de  $p$  es mayor a 0.05.

Antes de desarrollar el pronóstico de ventas para el Panel A con el modelo autorregresivo explicado anteriormente, se puede realizar una comparación con otro modelo así poder escoger el mejor modelo de predicción posible. Para el desarrollo de un segundo modelo se usa la función *auto.arima* de *R* la cual nos da el mejor modelo ARIMA dentro de las restricciones de orden proporcionadas.

Ejecutando esta función en *R* nos dice que para nuestra serie de tiempo el mejor modelo sería un **modelo 2, m2: ARIMA de orden (1, 0, 0)**.

```
> auto.arima(z)
Series: z
ARIMA(1,0,0) with non-zero mean

Coefficients:
      ar1      mean
    0.4308 155421.36
s.e. 0.1368 17291.75

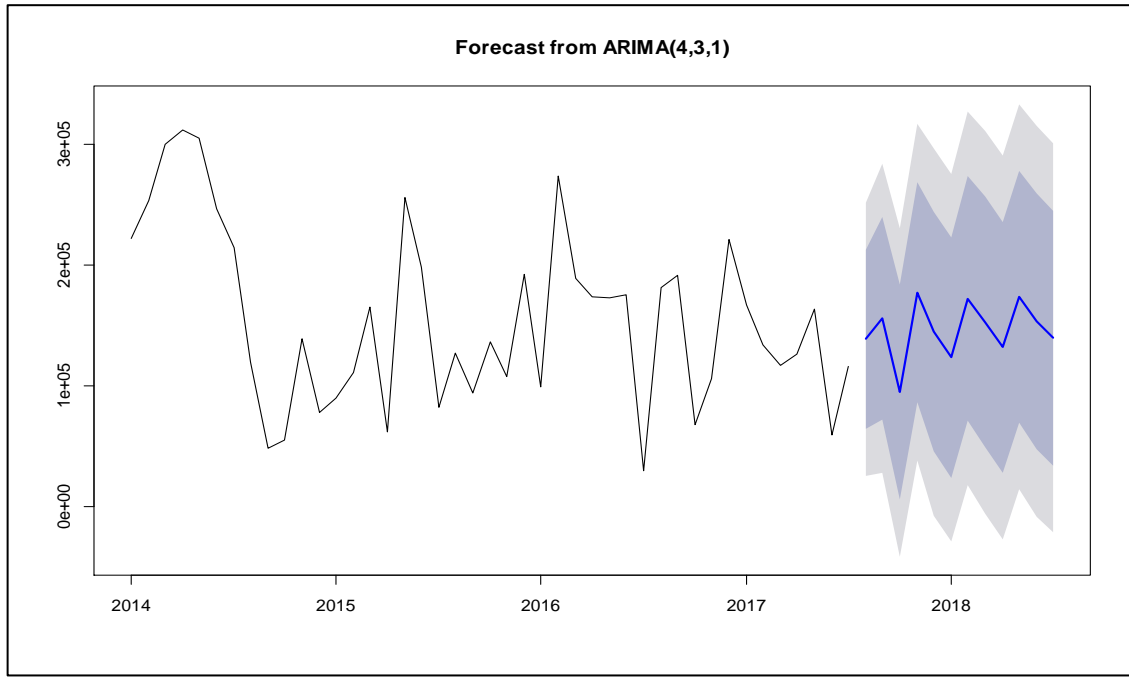
sigma^2 estimated as 4.522e+09:  log likelihood=-538.08
AIC=1082.17  AICc=1082.78  BIC=1087.45
```

El cual se pone a prueba en comparación con el modelo 1 (m1) mediante el criterio de información de Akaike (AIC) el cual ayudará a estimar que modelo es el más óptimo para el pronóstico siendo el que obtenga el menor AIC el que será elegido.

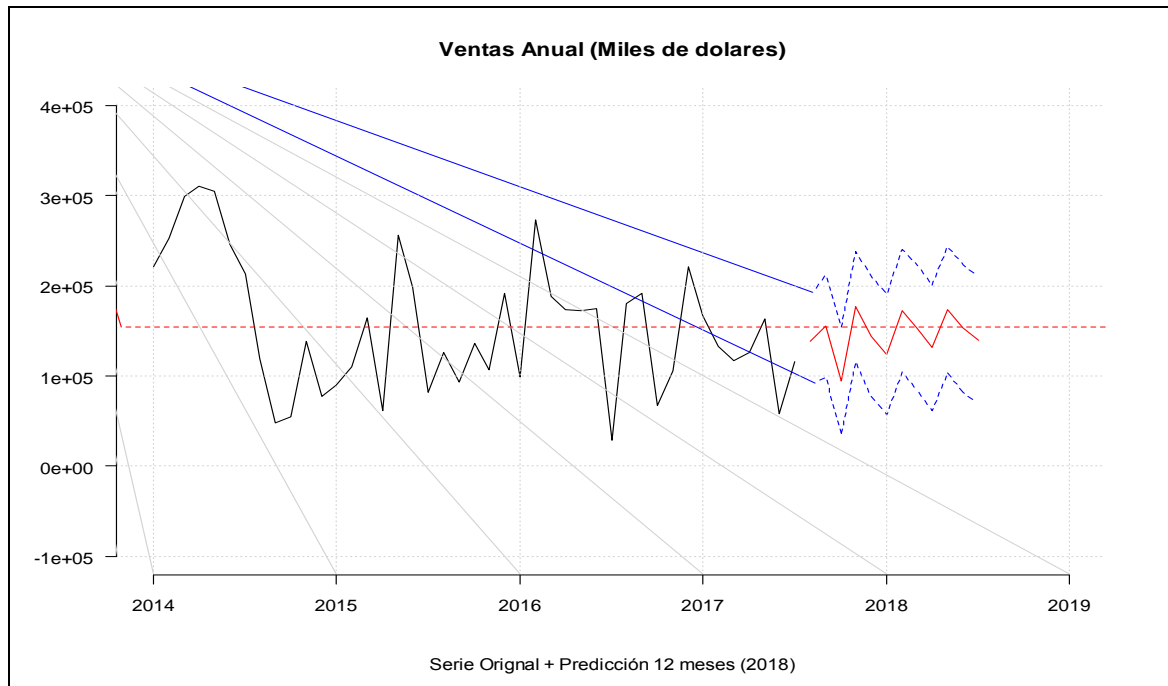
```
> AIC(m1)
[1] 1060.069
> AIC(m2)
[1] 1082.168
```

Comparando los modelos: **m1** y **m2** se observa lo que el modelo con el menor AIC es el modelo 1 por lo cual es con el modelo que se trabajará para el pronóstico de las ventas del Panel A para los próximos 12 meses.

Con ejecución de este modelo m1 se podrá obtener el pronóstico de las ventas para los siguientes 12 meses del año, con lo que se obtiene lo siguiente:



**Ilustración 10: Pronóstico de Ventas Panel A**



**Ilustración 11: Pronóstico de Ventas Panel A**

```

> forecast(m1,12)
      Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
Aug 2017    138265.72  64288.515  212242.9  25127.350  251404.1
Sep 2017    155442.07  71717.661  239166.5  27396.639  283487.5
Oct 2017     94312.08   5429.888  183194.3 -41621.504  230245.7
Nov 2017    177200.05  85900.619  268499.5  37569.619  316830.5
Dec 2017    144418.14  45104.730  243731.5  -7468.610  296304.9
Jan 2018    123335.87  23924.588  222747.2 -28700.568  275372.3
Feb 2018    172102.45  70938.877  273266.0  17386.113  326818.8
Mar 2018    152547.99  48947.862  256148.1  -5894.732  310990.7
Apr 2018    131521.63  27941.183  235102.1 -26890.992  289934.2
May 2018    173301.37  69077.109  277525.6  13904.116  332698.6
Jun 2018    153031.83  47494.701  258569.0  -8373.281  314436.9
Jul 2018    139515.05  34077.802  244952.3 -21737.306  300767.4
    
```

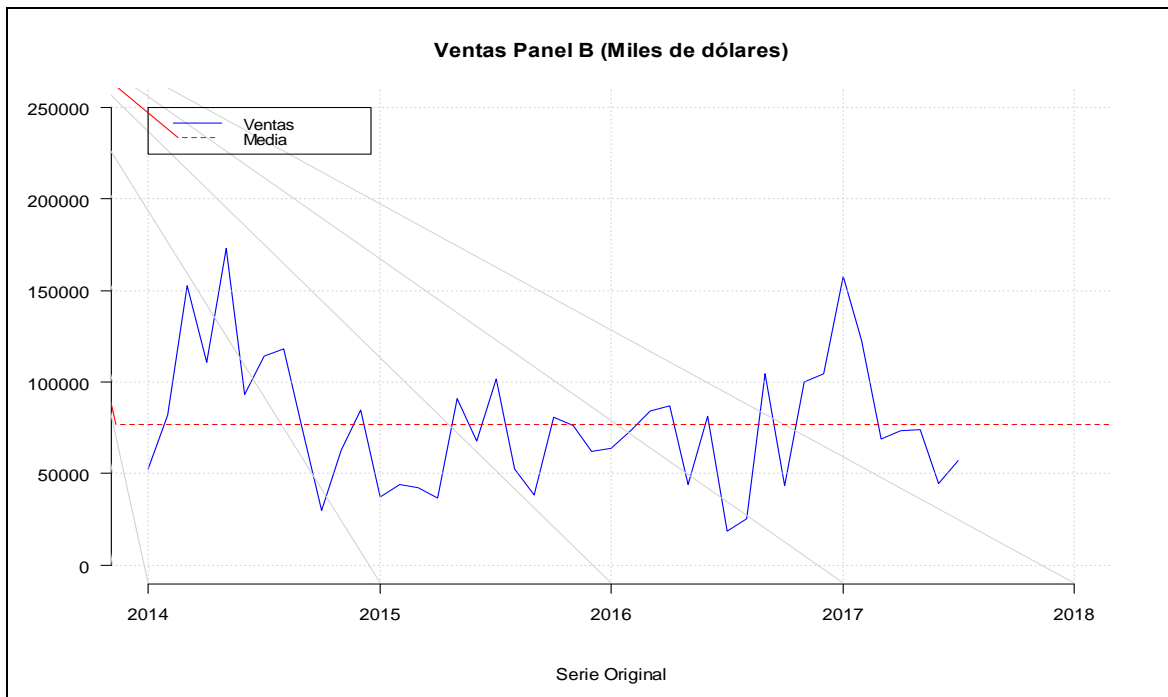
PRONÓSTICO DE VENTAS PANEL A		
MES	AÑO	VENTAS
Agosto	2017	\$138,265.72
Septiembre	2017	\$155,442.07
Octubre	2017	\$ 94,312.08
Noviembre	2017	\$177,200.05
Diciembre	2017	\$144,418.14
Enero	2018	\$123,335.87
Febrero	2018	\$172,102.45
Marzo	2018	\$152,547.99
Abril	2018	\$131,521.63
Mayo	2018	\$173,301.37
Junio	2018	\$153,031.83
Julio	2018	\$139,515.05

Tabla 3 Pronóstico de Ventas Panel A

Siguiendo el mismo procedimiento utilizado para estimar las ventas futuras del Panel A, se analizará y se seleccionará el modelo más óptimo para realizar el pronóstico de las ventas para el Panel B y posteriormente del Panel C.

Como en el proceso anterior se analiza la tendencia de las ventas efectuadas desde el año 2014 hasta julio del 2017.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Juñ	Aug
2014	52492.00	81936.00	152630.00	110704.00	172972.00	93058.00	114448.00	117944.00
2015	37536.00	43792.00	42504.00	36616.00	90896.00	68080.00	101936.00	52440.00
2016	63848.00	73680.96	84117.44	87179.20	44160.00	81512.00	18584.00	25208.00
2017	157688.00	122544.00	69184.00	73600.00	73968.00	44896.00	57224.00	
	Sep	Oct	Nov	Dec				
2014	72415.00	29992.00	62560.00	85008.00				
2015	38456.00	80960.00	76360.00	62008.00				
2016	104328.00	43424.00	99912.00	104328.00				



**Ilustración 12: Serie de Tiempo Panel B**

Como se observa la tendencia de las ventas del Panel B muestra una ligera estacionariedad en su comportamiento, pero eso únicamente lo podremos comprobar a través del Test de Dickey Fuller para comprobar si la serie es estacionaria o no.

$H_0$ : Existe una raíz unitaria en la serie.

$H_1$ : No existe una raíz unitaria en la serie.

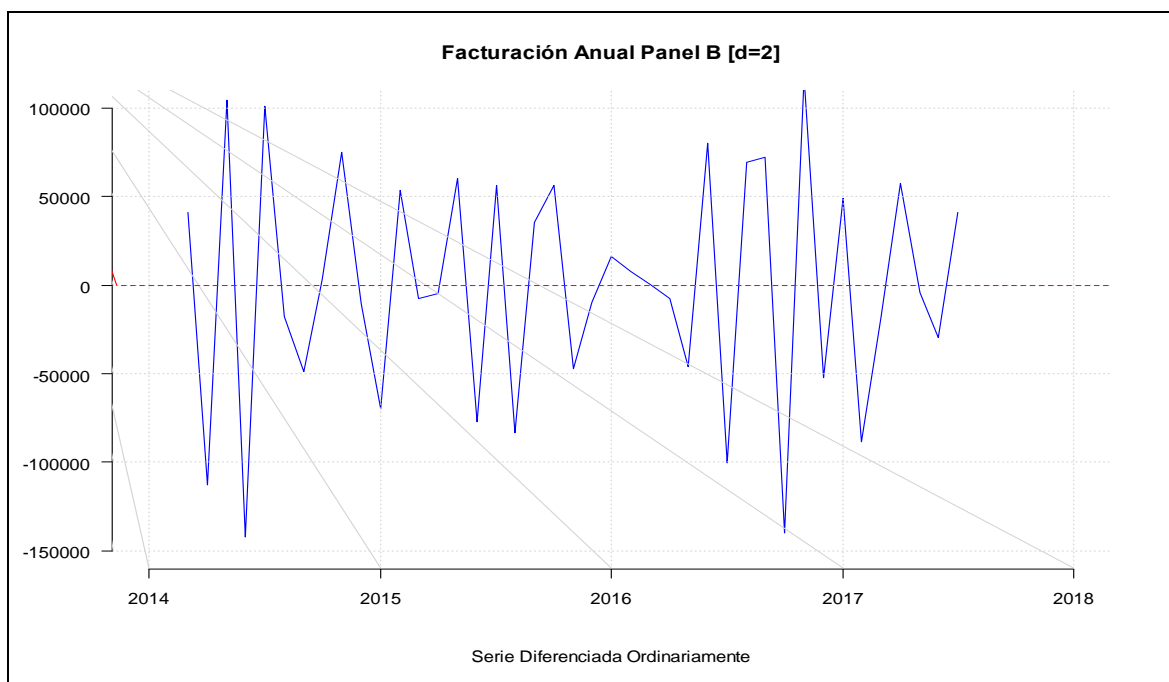
```
> adf.test(z1)

      Augmented Dickey-Fuller Test

data:  z1
Dickey-Fuller = -2.8473, Lag order = 3, p-value = 0.239
alternative hypothesis: stationary
```

Utilizando nuevamente esta herramienta, se observa que el valor  $p = 0.239$  siendo este mayor a  $0.05$  por tanto no se posee evidencia estadística suficiente para rechazar  $H_0$  que establece que la serie no es estacionaria al poseer raíz unitaria.

En este caso se vuelve a diferenciar la serie pero a diferencia con el panel anterior esta vez solo fue necesario hacerlo 2 veces asegurando que se cumpla con el principio de estacionariedad. El gráfico de la nueva serie estacionaria queda de la siguiente manera:



**Ilustración 13: Serie Diferenciada Panel B**

Gráficamente se observa una mayor estacionariedad pero siempre es necesario comprobarlo cuantitativamente por el test ya conocido.



**(H<sub>0</sub>):** Existe una raíz unitaria en la serie.

**(H<sub>1</sub>):** No existe una raíz unitaria en la serie.

```
> adf.test(d)
      Augmented Dickey-Fuller Test
data: d
Dickey-Fuller = -12.035, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Gracias al Test de Dickey Fuller podemos asegurar que la serie es estacionaria al obtener un valor  $p=0.01$  el cual evidentemente es menor a  $0.05$ . Continuando con el procedimiento visto anteriormente se puede ahora diseñar los modelos que se pondrán a prueba para estimar las ventas futuras del Panel B.

Para establecer el modelo ARIMA para el segundo panel se analiza de igual manera los gráficos de la Función de Autocorrelación Simple y Autocorrelación Parcial.

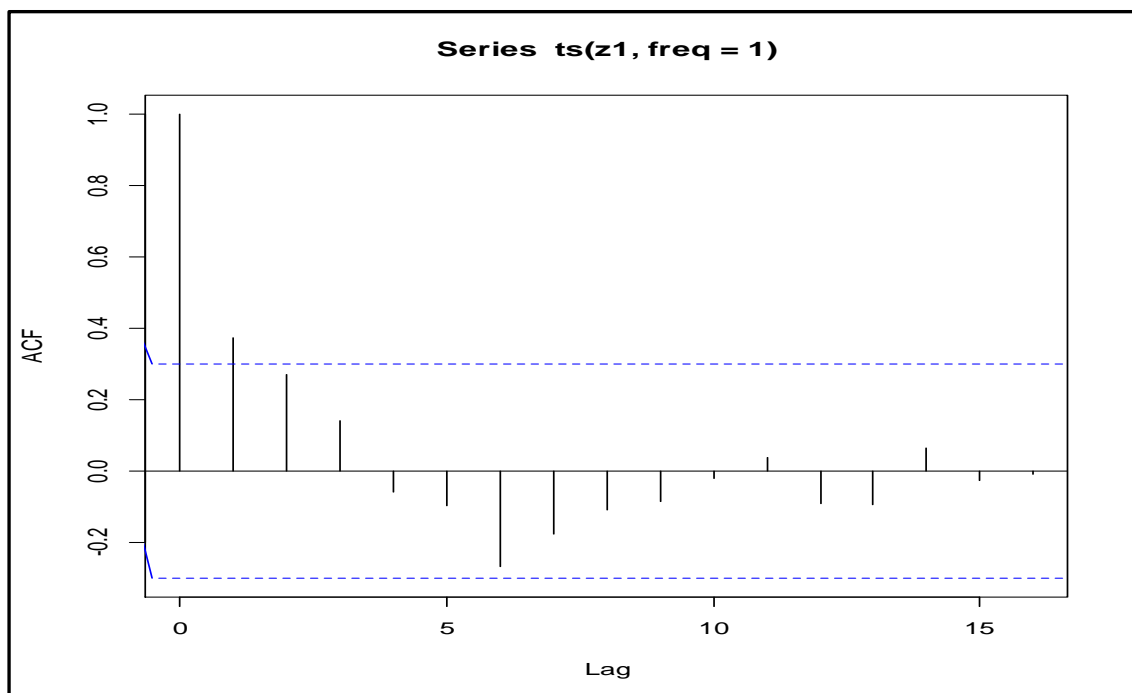


Ilustración 14: Función ACF Panel B

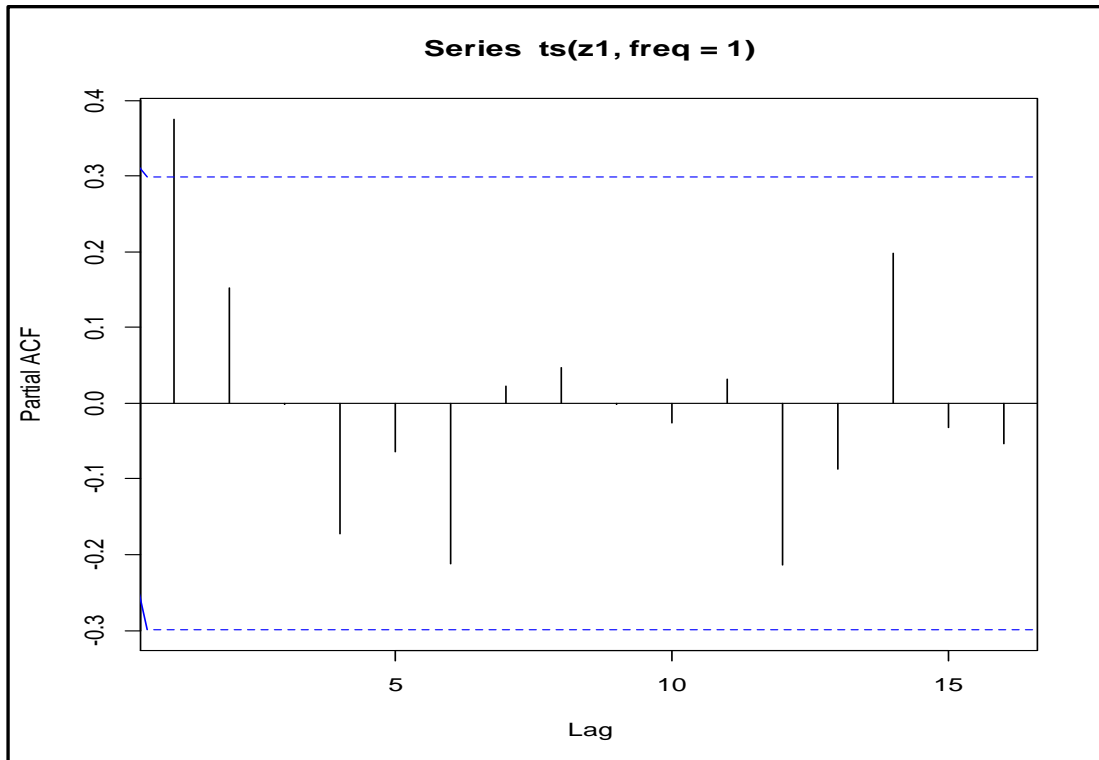


Ilustración 15: Función PACF Panel B

Analizando los gráficos tanto de autocorrelación simple como el de autocorrelación parcial se puede observar que para la función de autocorrelación simple (ACF) se tiene un comportamiento de decaimiento exponencial de las autocorrelaciones de los valores rezagados de la serie. Mientras que para la función de autocorrelación parcial (PACF) se observa que presenta autocorrelación nula a partir del tercer rezago, esto indica que se puede ajustar un **modelo, m3: ARIMA de un orden (3, 2, 1)**, es decir un orden de 3 para el proceso autorregresivo (AR), una diferenciación de orden 2 dada la diferenciación realizada a la gráfica inicial y un orden de 1 para el proceso de medias móviles (MA).

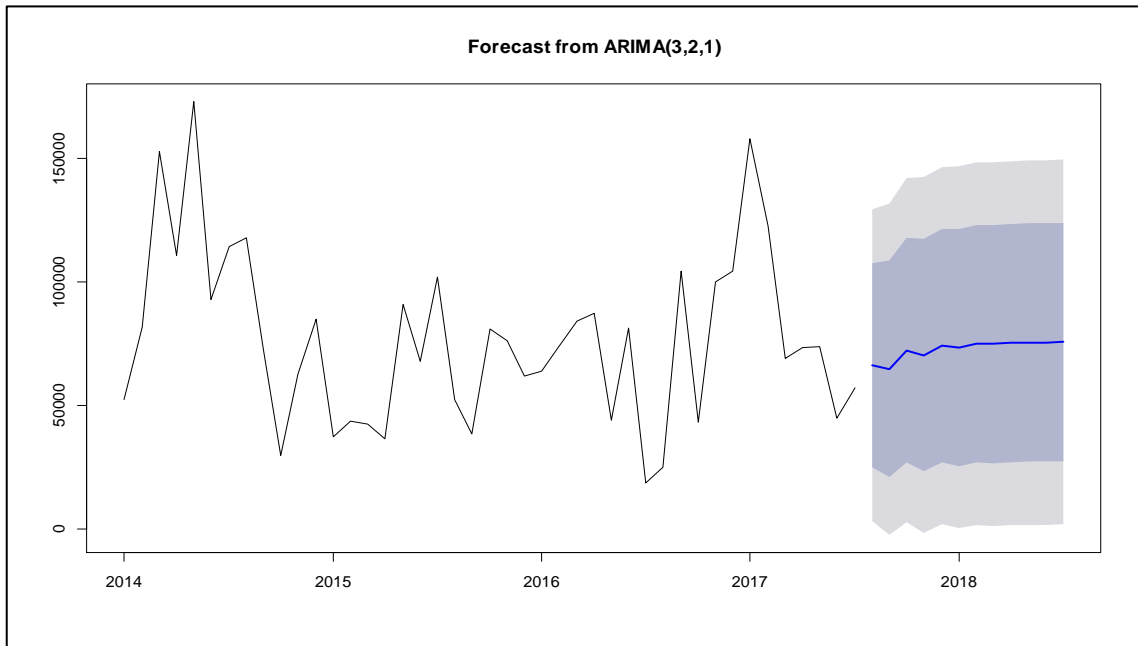
Con la información antes mencionada se procede a desarrollar el modelo autorregresivo, el cual se lo comprobó mediante la prueba *AIC* contra el modelo sugerido que arroja la función *autoarima* y así probar que modelo es el

más adecuado para modelar la serie de tiempo. Desarrollando lo antes mencionado obtenemos los siguientes resultados:

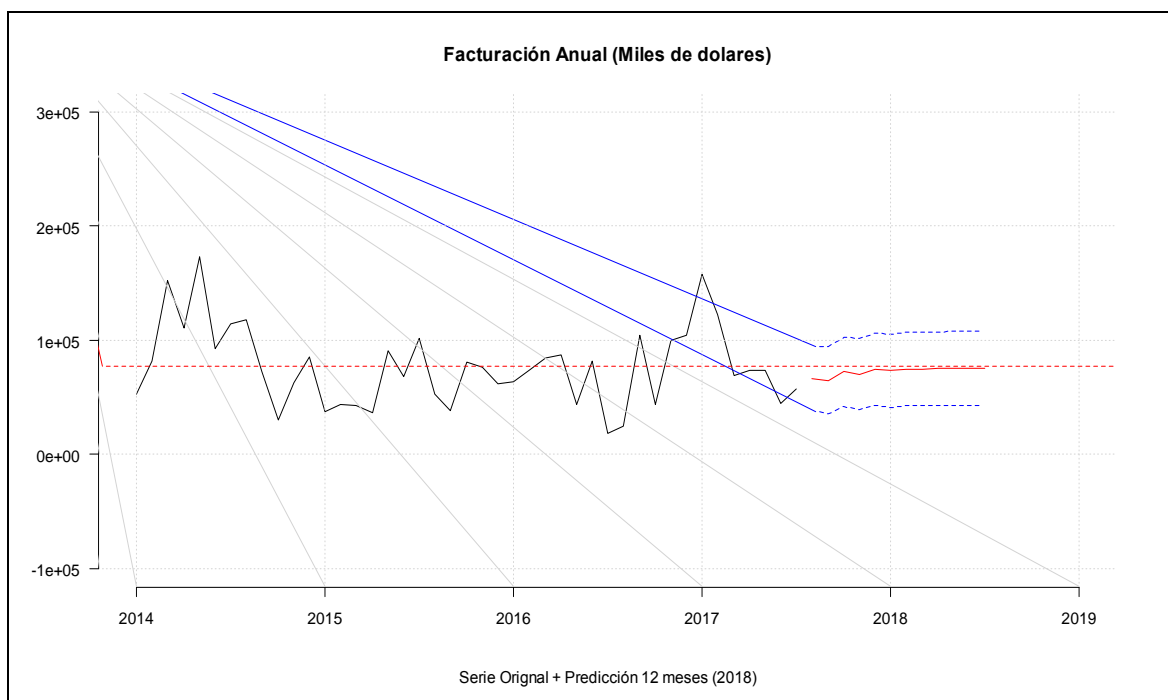
```
> m3=arima(z1,order=c(3,2,1)) #AR ESTACIONARIO
> AIC(m3)
[1] 1004.839
> auto.arima(z1)
Series: z1
ARIMA(1,0,0)(0,0,1)[12] with non-zero mean
Coefficients:
      ar1      sma1      mean
  0.3433 -0.8108 74151.240
s.e. 0.1514 0.8321 3974.332
sigma^2 estimated as 805872697: log likelihood=-505.88
AIC=1019.77 AICc=1020.82 BIC=1026.81
> m4=arima(z1,c(1,0,0),c(0,0,1)) #AR ESTACIONARIO
> m4
Call:
arima(x = z1, order = c(1, 0, 0), seasonal = c(0, 0, 1))
Coefficients:
      ar1      sma1  intercept
  0.3433 -0.8108 74151.240
s.e. 0.1514 0.8321 3974.332
sigma^2 estimated as 749649020: log likelihood = -505.88, aic = 1019.77
> AIC(m4)
[1] 1019.768
```

Basado en los resultados arrojados y comparando los valores de las pruebas *AIC* para cada modelo se concluye que el modelo más óptimo para realizar el pronóstico es el modelo 3, **m3: ARIMA de un orden (3, 2, 1)**, al obtener un valor menor en comparación con el modelo **m4** obtenido de la función *autoarima* el modelo SARMA(1,0)(0,1). Dentro de este contexto se procede a realizar la estimación de las ventas la cual permitirá definir un óptimo proceso para la planificación de la operación.

Desarrollando el modelo elegido para estimar las ventas del Panel B se obtiene los siguientes gráficos que muestran la tendencia que seguirán las mismas para los próximos 12 meses.



**Ilustración 16: Pronóstico de Ventas Panel B**



**Ilustración 17: Pronóstico de Ventas Panel B**

```

> forecast(m3,12)
      Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
Aug 2017      66356.82 25068.59 107645.0 3211.9171 129501.7
Sep 2017      64811.06 20973.87 108648.3 -2232.1322 131854.3
Oct 2017      72404.89 26944.18 117865.6 2878.7365 141931.0
Nov 2017      70459.41 23389.78 117529.0 -1527.3712 142446.2
Dec 2017      74186.68 26923.94 121449.4 1904.5510 146468.8
Jan 2018      73494.84 25657.47 121332.2 333.8933 146655.8
Feb 2018      74910.68 27015.13 122806.2 1660.7600 148160.6
Mar 2018      74874.51 26803.28 122945.7 1355.9072 148393.1
Apr 2018      75318.41 27214.78 123422.1 1750.2490 148886.6
May 2018      75443.92 27285.25 123602.6 1791.5921 149096.2
Jun 2018      75563.74 27385.36 123742.1 1881.2662 149246.2
Jul 2018      75669.79 27472.64 123866.9 1958.6068 149381.0
    
```

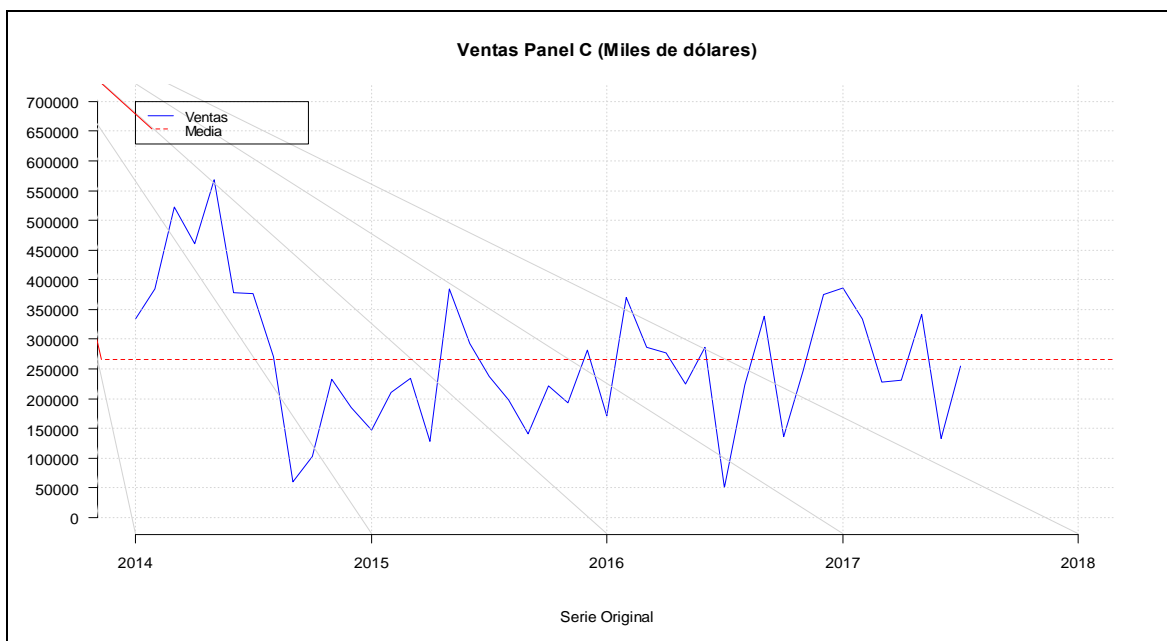
<b>PRONÓSTICO DE VENTAS PANEL B</b>		
<b>MES</b>	<b>AÑO</b>	<b>VENTAS</b>
Agosto	2017	\$ 66,356.82
Septiembre	2017	\$ 64,811.06
Octubre	2017	\$ 72,404.89
Noviembre	2017	\$ 70,459.41
Diciembre	2017	\$ 74,186.68
Enero	2018	\$ 73,494.84
Febrero	2018	\$ 74,910.68
Marzo	2018	\$ 74,874.51
Abril	2018	\$ 75,318.41
Mayo	2018	\$ 75,443.92
Junio	2018	\$ 75,563.74
Julio	2018	\$ 75,669.79

**Tabla 4 Pronóstico de Ventas Panel B**

Como último paso se obtendrá la estimación del último panel, siguiendo el mismo procedimiento y aplicando las mismas pruebas a la serie temporal que arroje las ventas efectuadas y así asegurar un pronóstico con un alto nivel de confianza que permita desarrollar una mejor planificación al momento de producir los paneles en la planta logrando optimizar los costos y tiempos.

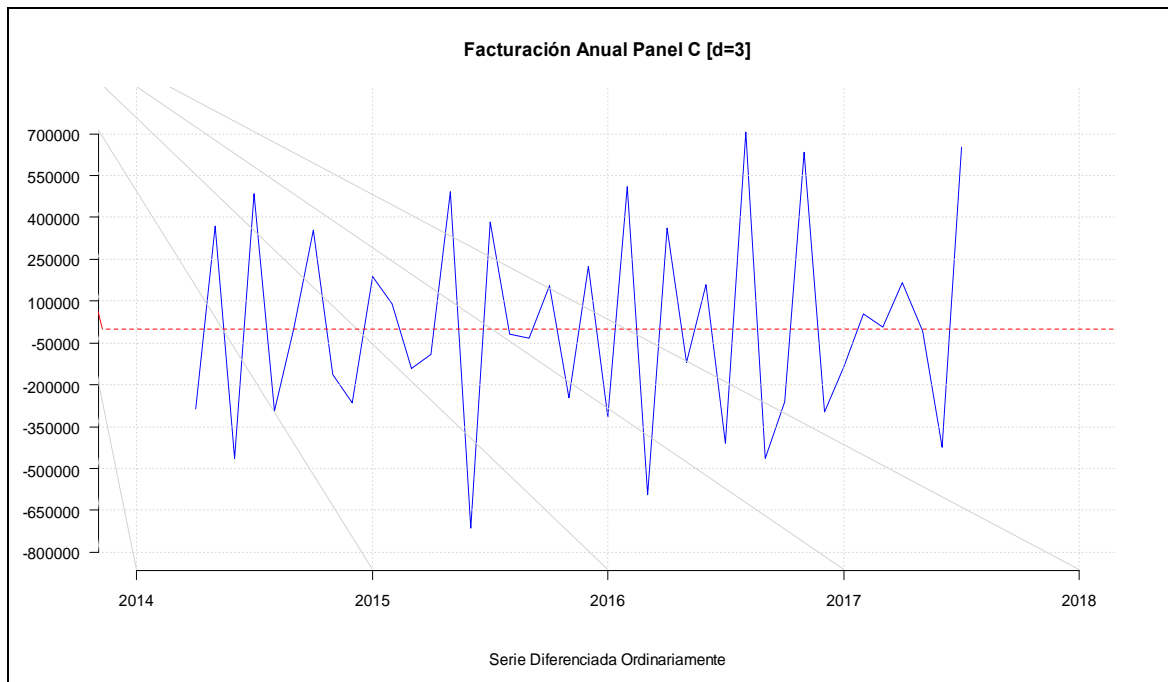
Las ventas comprendidas en el periodo del año 2014 a julio del 2017 fueron las siguientes:

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Ju1	Aug
2014	333975.76	385134.88	522679.20	460995.36	567926.64	378652.08	376990.00	269875.36
2015	147122.48	210317.04	233748.88	127609.76	384780.32	293311.53	236997.37	197319.04
2016	171479.12	371217.88	285943.64	277770.88	225285.52	286412.40	50897.52	223141.08
2017	386546.16	334681.68	227376.72	231749.04	341575.84	132420.00	254425.31	
	Sep	Oct	Nov	Dec				
2014	60757.20	102586.96	232416.72	184877.84				
2015	140164.72	220897.12	193282.32	281798.61				
2016	339270.08	136697.12	247334.80	374988.56				



**Ilustración 18: Serie de Tiempo Panel C**

Igual que en los casos anteriores la serie no tiene una estacionariedad definida por lo que se aplica el mismo método de diferenciar la serie hasta lograr una estacionariedad.



**Ilustración 19: Serie Diferenciada Panel C**

En este caso se necesitó diferenciar 3 veces la serie para lograr una mayor estacionariedad de esta lo cual se comprueba una vez más por el Test de Dickey Fuller.

**( $H_0$ ):** Existe una raíz unitaria en la serie.

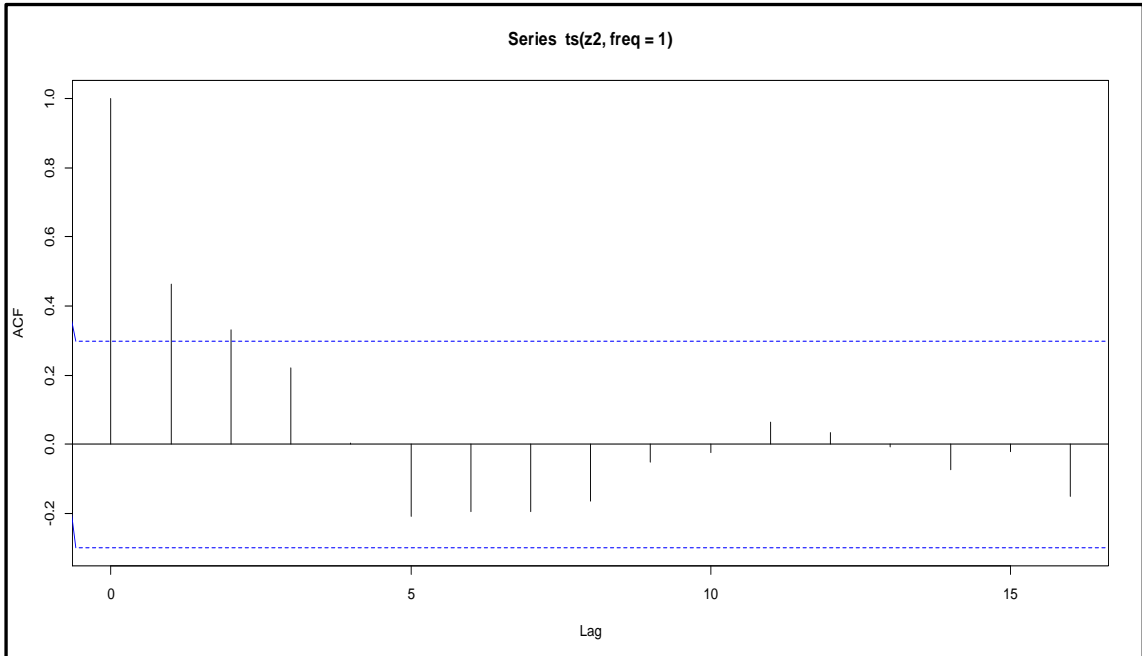
**( $H_1$ ):** No existe una raíz unitaria en la serie.

```
> adf.test(d)
      Augmented Dickey-Fuller Test
data:  d
Dickey-Fuller = -12.035, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

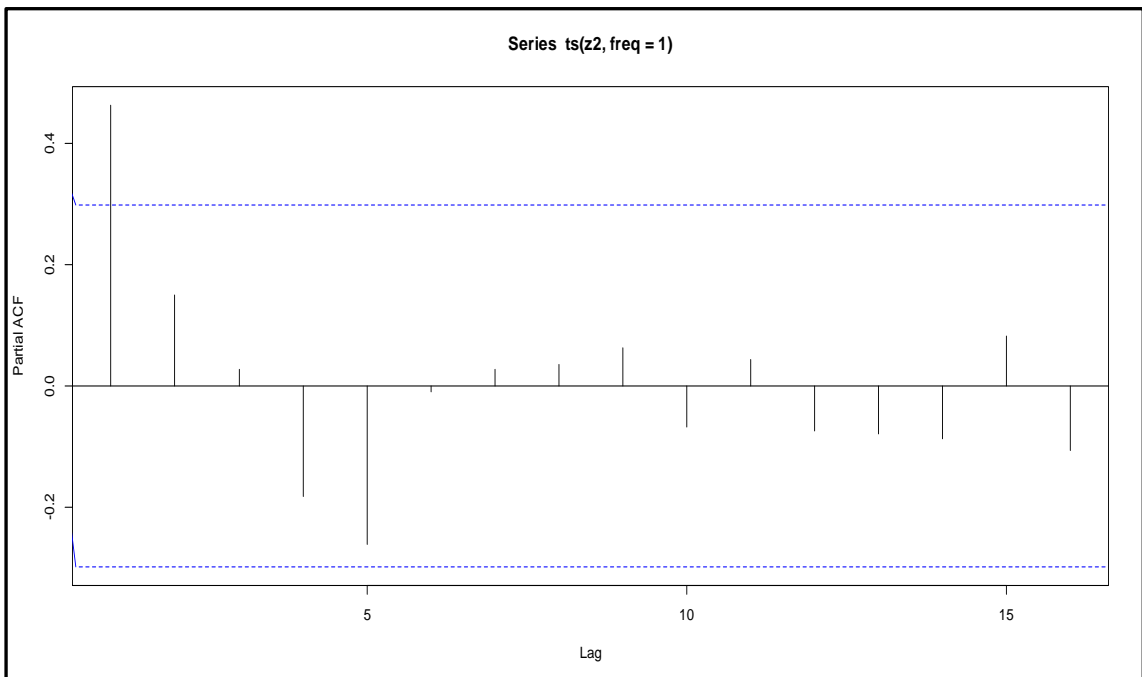
Con el cual se vuelve a obtener un valor  $p$  menor a  $0.05$  con lo cual ya nos da la pauta para ir armando nuestro primer modelo para este tipo de panel.

Los últimos componentes para diseñar nuestro modelo, es analizar los gráficos de la autocorrelación simple y la autocorrelación parcial, con los cuales se

determina el orden que tendrá proceso autorregresivo (AR) y un orden del proceso de medias móviles (MA).



**Ilustración 20: Función ACF Panel C**



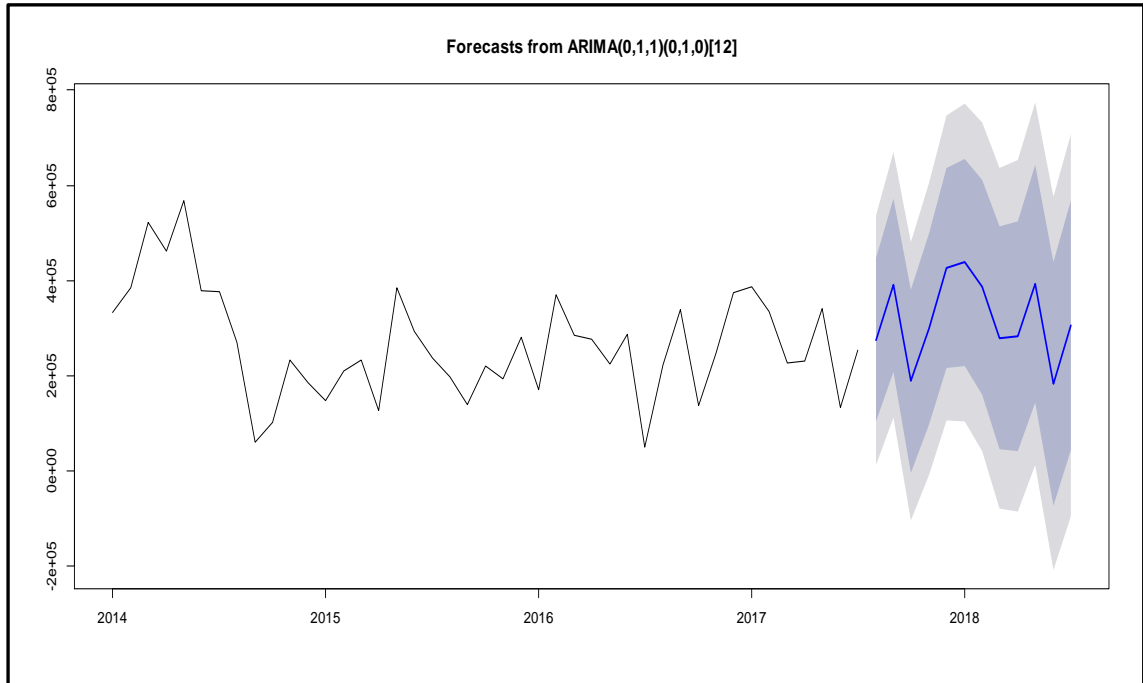
**Ilustración 21: Función PACF Panel C**



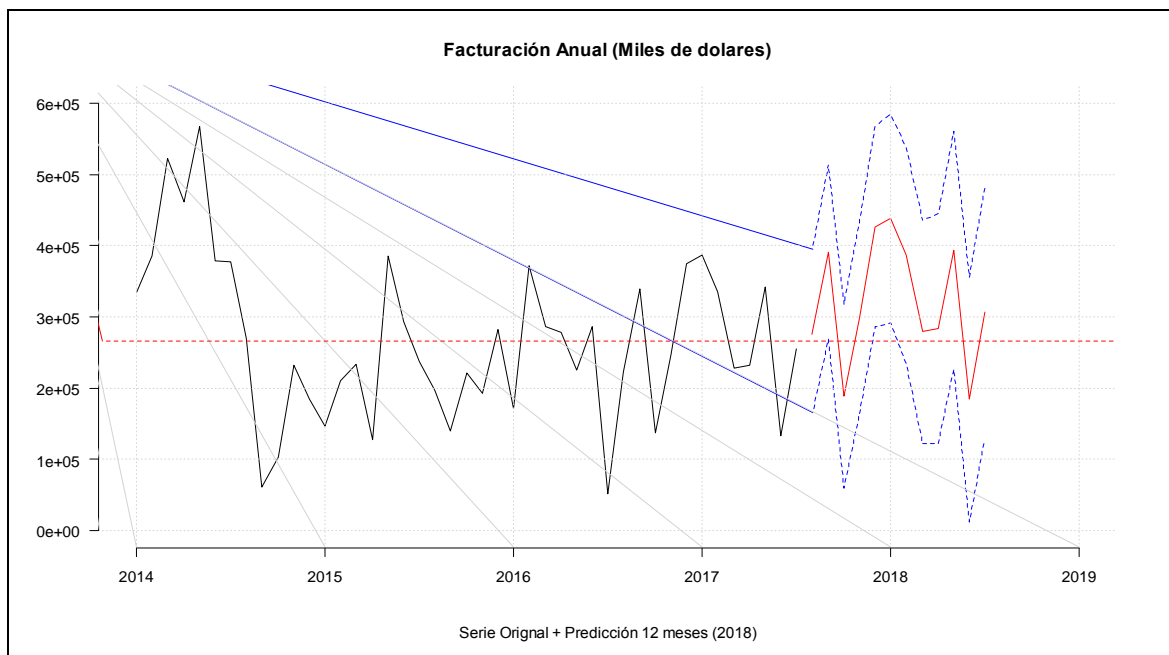
Con el análisis de estos 2 últimos componentes ya se puede definir el primer modelo para la estimación de ventas del Panel C el cual será un modelo 5, **m5: ARIMA (4, 3, 1)**, al cual también se le realizará la prueba AIC para compararlo con el del modelo sugerido de la función *autoarima* obteniendo los siguientes resultados:

```
> m5=arima(z2,order=c(4,3,1)) #AR ESTACIONARIO
> AIC(m5)
[1] 1102.188
> auto.arima(z2)
Series: z2
ARIMA(0,1,1)(0,1,0) [12]
Coefficients:
          ma1
        -0.6501
s.e.      0.1441
sigma^2 estimated as 1.855e+10:  log likelihood=-396.99
AIC=797.97  AICc=798.42  BIC=800.78
> m6=arima(z2,c(0,1,1),c(0,1,0)) #AR ESTACIONARIO
> m6
Call:
arima(x = z2, order = c(0, 1, 1), seasonal = c(0, 1, 0))
Coefficients:
          ma1
        -0.6501
s.e.      0.1441
sigma^2 estimated as 1.793e+10:  log likelihood = -396.99,  aic = 797
.97
> AIC(m6)
[1] 797.973
```

En este caso como se observa en los resultados, el mejor modelo es el **m6** que nos da la función *autoarima* un modelo SARIMA (0,1,1)(0,1,0) ya que su valor AIC es menor al del primer modelo. Por lo tanto con este modelo se trabajará para realizar la estimación de ventas respectiva.



**Ilustración 22: Pronóstico de Ventas Panel C**



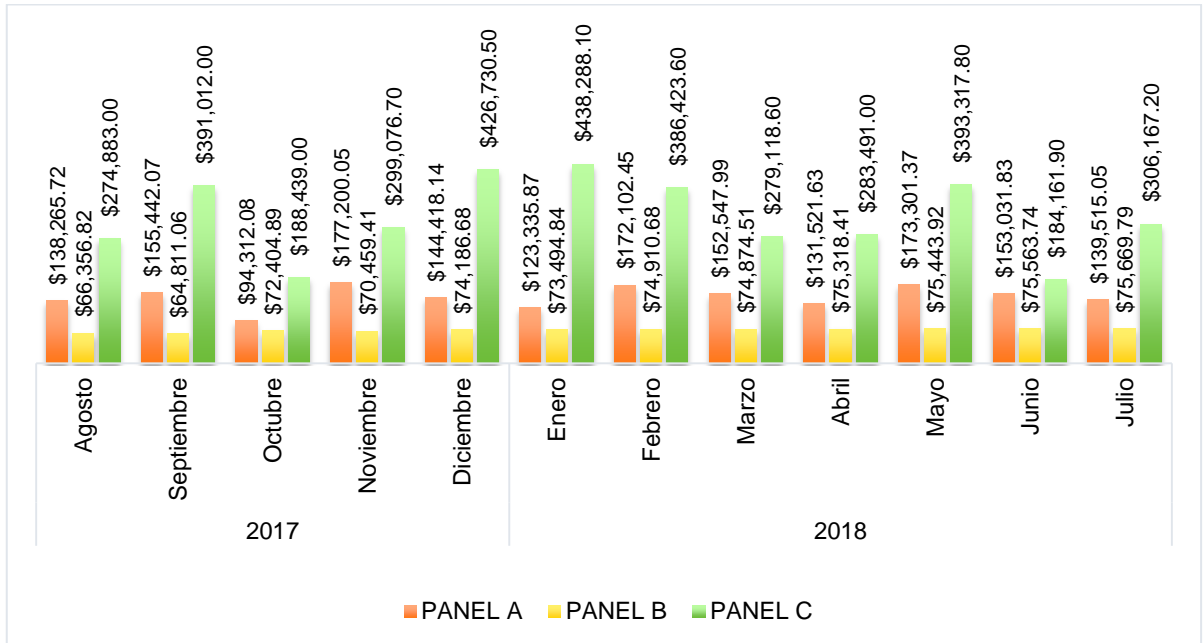
**Ilustración 23: Pronóstico de Ventas Panel C**

```

> forecast(m6,12)
      Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
Aug 2017      274883.0 103293.127 446472.9  12458.937 537307.1
Sep 2017      391012.0 209220.526 572803.5  112985.936 669038.1
Oct 2017      188439.0  -3011.202 379889.3 -104358.836 481236.9
Nov 2017      299076.7  98432.133 499721.3   -7782.693 605936.1
Dec 2017      426730.5 217294.796 636166.2  106426.245 747034.7
Jan 2018      438288.1 220415.730 656160.4  105081.077 771495.1
Feb 2018      386423.6 160429.317 612417.9   40795.172 732052.0
Mar 2018      279118.6  45284.358 512952.9  -78500.031 636737.3
Apr 2018      283491.0  42071.146 524910.8  -85728.781 652710.7
May 2018      393317.8 144543.602 642091.9   12850.520 773785.0
Jun 2018      184161.9 -71755.326 440079.2 -207229.731 575553.6
Jul 2018      306167.2  43300.929 569033.5  -95852.083 708186.5
    
```

PRONÓSTICO DE VENTAS PANEL C		
MES	AÑO	VENTAS
Agosto	2017	\$ 274,883.00
Septiembre	2017	\$ 391,012.00
Octubre	2017	\$ 188,439.00
Noviembre	2017	\$ 299,076.70
Diciembre	2017	\$ 426,730.50
Enero	2018	\$ 438,288.10
Febrero	2018	\$ 386,423.60
Marzo	2018	\$ 279,118.60
Abril	2018	\$ 283,491.00
Mayo	2018	\$ 393,317.80
Junio	2018	\$ 184,161.90
Julio	2018	\$ 306,167.20

Tabla 5 Pronóstico de Ventas Panel C



**Ilustración 24: Estimación de Ventas**

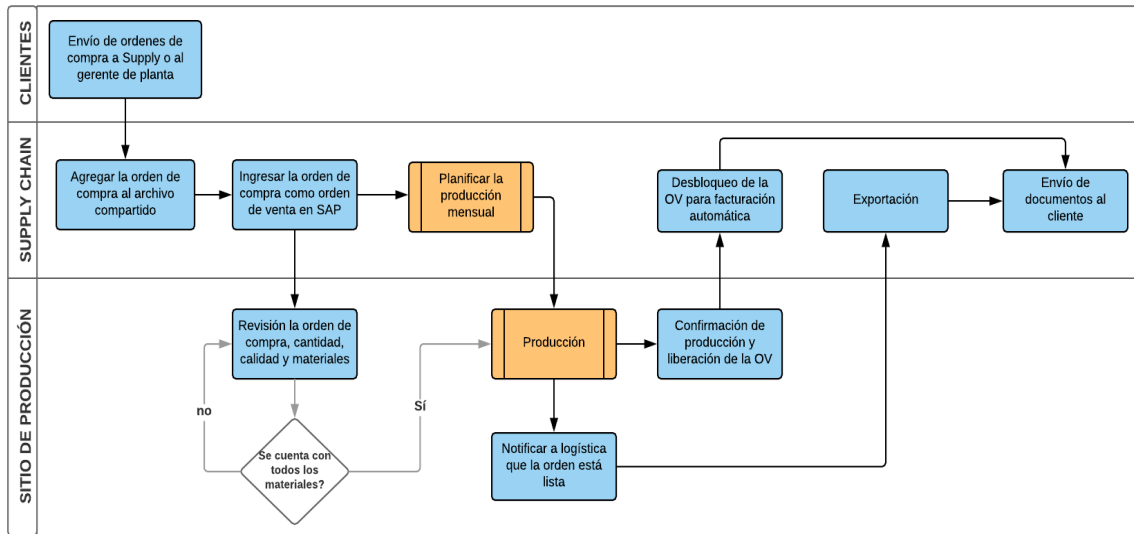
## **CAPÍTULO 4**

### **4. DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE PLANIFICACIÓN Y PRODUCCIÓN**

En el análisis inicial del contexto de cómo se está llevando a cabo el Proceso de Planificación, se pudo evidenciar que no está definida una estructura procesal óptima para definir y planificar las actividades que se llevaran semana a semana en la producción de los paneles de balsa, motivo por el cual en el desarrollo de este proyecto se llevó a cabo el levantamiento de información y la diagramación de cómo está actualmente ejecutándose el proceso de Planificación de la Producción, cuyo objetivo es la reducción de costos.

#### **4.1. MODELO ACTUAL DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN**

El flujo de cómo se está llevando a cabo el Proceso de Planificación se puede ver en la siguiente ilustración; en dicho proceso intervienen dos áreas en las cuales se lleva a cabo una serie de actividades, desde que las órdenes de compra del cliente llegan al departamento de Supply Chain hasta que finalmente la orden es enviada al cliente.



**Ilustración 25 Proceso de Planificación**

Ficha de Proceso			
<b>Nombre del Proceso:</b>	Planificación		
<b>Responsable:</b>	Jefe de Planificación		
<b>Objetivo:</b>	Planificar la producción mensual de los paneles de balsa		
<b>Límites del Proceso:</b>			
<b>Inicio:</b>	Revisar las ordenes ingresadas en el sistema.		
<b>Fin:</b>	Entregar Planificación de producción		
<b>Proveedor:</b> Supply Chain	<b>Entradas:</b> Ordenes de compras de paneles	<b>Salidas:</b> Planificación de Producción de paneles	<b>Cliente:</b> Producción
<b>Registro:</b>	Documento compartido - Planificación de producción Paneles		

**Ilustración 26 Ficha del Proceso de Planificación**

Al analizar la ejecución de las actividades se pudo detectar que lo correspondiente al área de Supply Chain, es decir, la planificación la producción mensual, no se la realiza de forma eficiente puesto que no tiene establecido el orden de producción de paneles ni definidas las cantidades que se deben ir produciendo semana a semana a en base a un criterio sustentado.

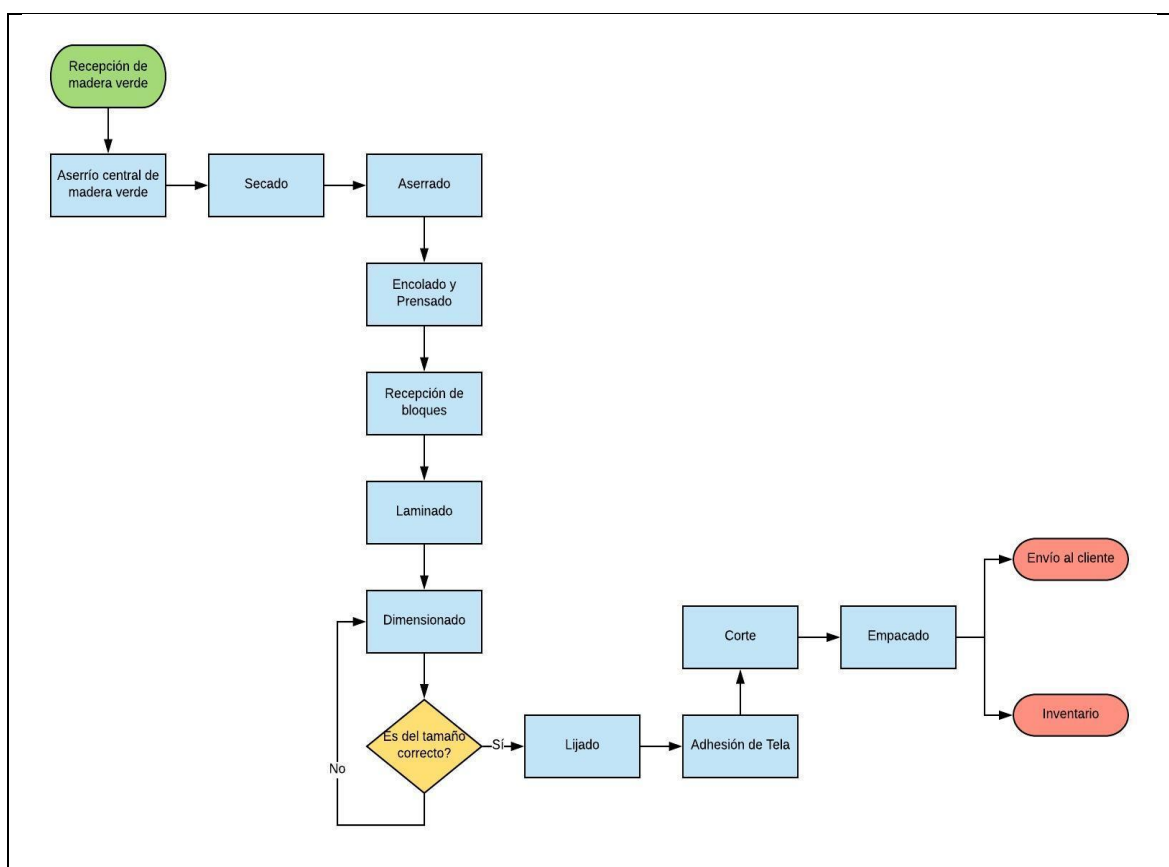
Adicionalmente se pudo conocer que el método con el cual se trabaja en el área de producción es a través de cumplimiento de meta de producción, con

esto se evalúa la gestión de los colaboradores sin considerar que la producción excesiva. En la mayoría de los casos no se exporta inmediatamente generando inventario y costos de almacenamiento.

Por esta razón es importante la estimación de las ventas y proyección de producción mensual con la finalidad de realizar la planificación evitando la aglomeración de producto y minimizando costos a la empresa.

## 4.2. MODELO ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

El flujo de cómo se está llevando a cabo el Proceso de Producción se puede ver en la siguiente ilustración.



El proceso de producción empieza desde la recepción de madera verde, luego es trasladada al aserrío central para ser secado y aserrado, luego es encolado, prensado, laminado y dimensionado. Si el tamaño no es el correcto se lo dimensiona hasta que presente las dimensiones correctas, si el tamaño es correcto se procede a lijar y luego se adhiere la tela. Una vez que la tela es adherida se lo lleva a ranurar y empacar; el producto empacado es transportado para el envío al cliente o el almacenamiento en bodega.

Ficha de Proceso			
<b>Nombre del Proceso:</b>	Producción		
<b>Responsable:</b>	Jefe de Producción		
<b>Objetivo:</b>	Producir Paneles de Madera de Clase A, B, C		
<b>Límites del Proceso:</b>			
<b>Inicio:</b> Revisar las ordenes ingresadas en el sistema.			
<b>Fin:</b> Entregar Planificación de producción			
<b>Proveedor:</b> Planificación	<b>Entradas:</b> Planificación de Producción de paneles	<b>Salidas:</b> Paneles de Madera A, B, C.	<b>Cliente:</b> Cliente Final, Bodega producto terminado.
<b>Registro:</b>	Paneles Producidos por día		

Ilustración 28 Ficha Proceso de Planificación

### 4.3. PROPUESTA DE MEJORA

En esta fase se presentan propuestas de mejora basadas en la metodología PDCA, las cuales ayudarán a la empresa a optimizar la forma en la que realizan la producción de los paneles de balsa.

### INTEGRACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN A LAS VENTAS

Para la correcta planificación de la producción, la colaboración se debe extender tanto de forma interna (Marketing, Ventas, Compras, Finanzas) como externa – Proveedores y Clientes. Compartir la información sobre las necesidades futuras repercutirá en una mejor planificación.

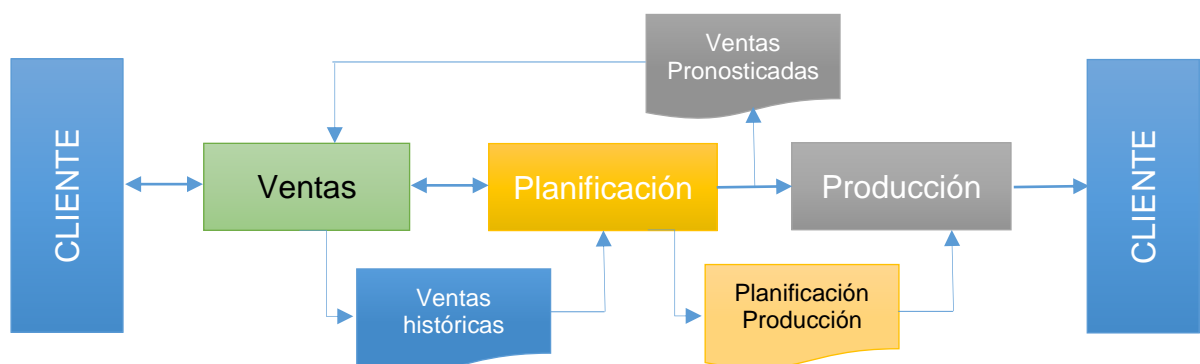


Por lo tanto se ha diseñado un macro mapa de procesos con el fin de mostrar la interacción de los procesos más importantes en la producción de paneles de madera.

El proceso de Ventas debe estar en constante comunicación con el cliente para conocer sus expectativas y necesidades.

Además, el proceso de ventas debe proveer al proceso de planificación las ventas realizadas para poder realizar los pronósticos de ventas y a su vez los pronósticos de planificación.

El proceso de ventas valida los pronósticos de ventas para poder planificar la demanda. Fruto de la información que ofrece el pronóstico es imprescindible que se lo incorpore a la inteligencia del negocio.



**Ilustración 29 Macro de Procesos**

## COMPARATIVA VENTAS PRONOSTICADAS Y VENTAS REALES

A continuación se presenta la comparativa de las ventas pronosticadas por el diseño del modelo y las ventas reales de los paneles A, B y C.

PANEL A				
MES	AÑO	VENTAS PRONOSTICADAS	VENTAS REALES	% CUMPLIMIENTO
Agosto	2017	\$ 138,265.72	\$ 139,292.50	99.26%
Septiembre	2017	\$ 155,442.07	\$ 160,489.06	96.86%
Octubre	2017	\$ 94,312.08	\$ 95,776.69	98.47%
Noviembre	2017	\$ 177,200.05	\$ 179,501.07	98.72%
Diciembre	2017	\$ 144,418.14	\$ 146,293.20	98.72%
Enero	2018	\$ 123,335.87	\$ 126,066.00	97.83%
Febrero	2018	\$ 172,102.45	\$ 174,310.21	98.73%
Marzo	2018	\$ 152,547.99	\$ 157,612.70	96.79%
Abril	2018	\$ 131,521.63	\$ 133,310.05	98.66%

Tabla 6 Panel A ventas pronosticadas vs ventas reales

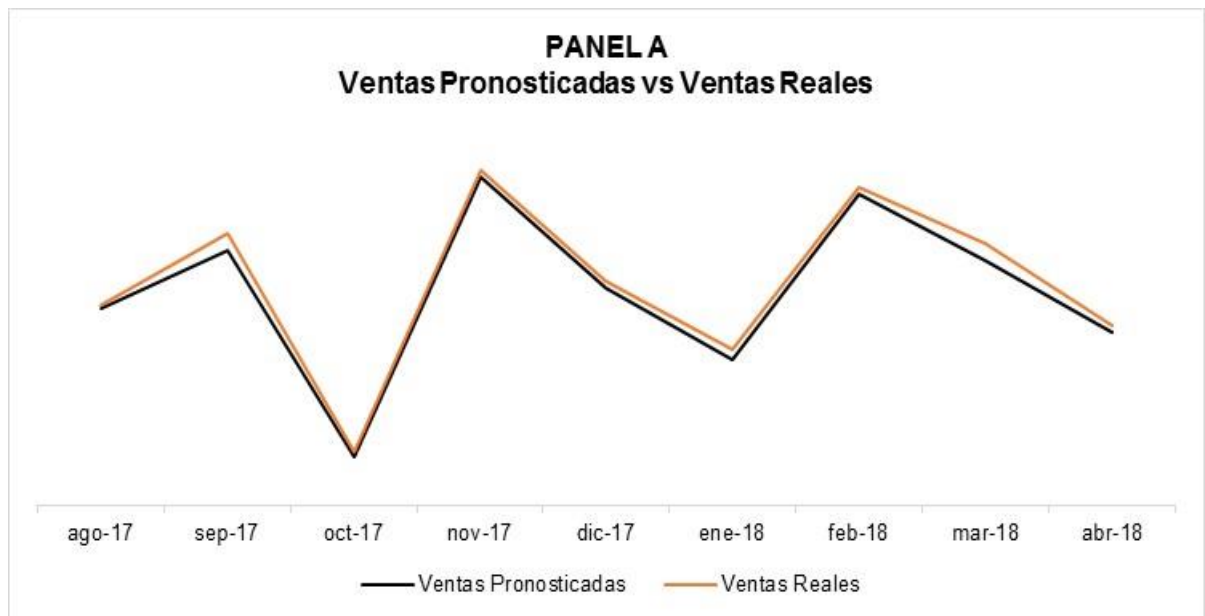
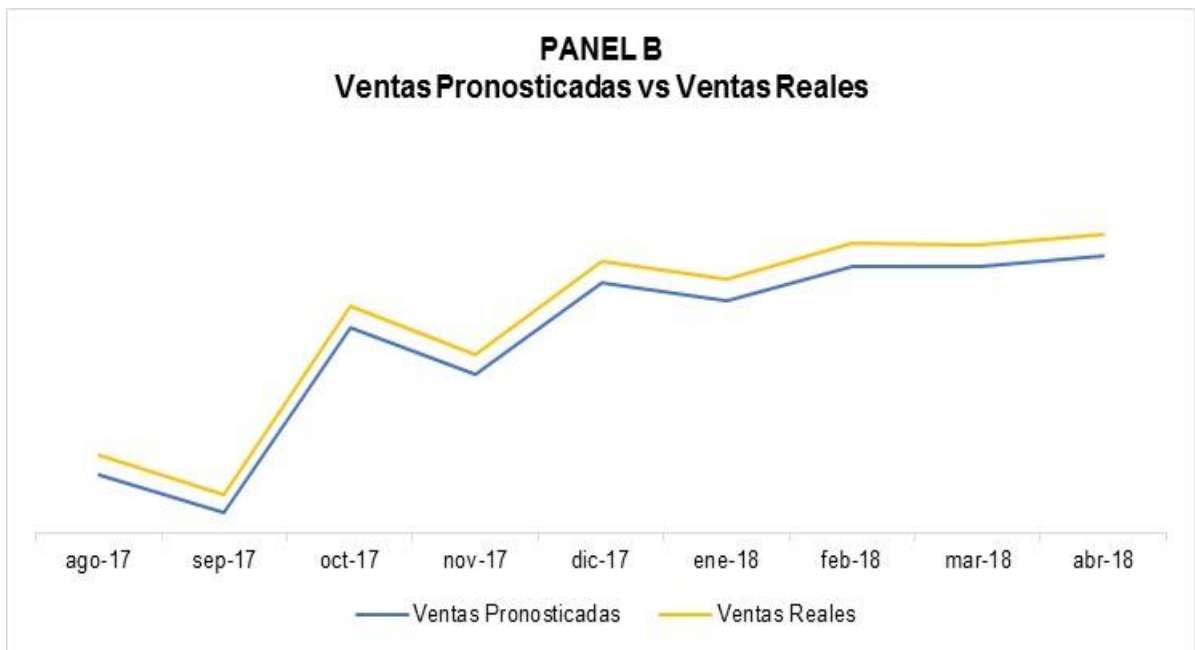


Ilustración 30 Tendencia Ventas pronosticadas vs Ventas Reales

PANEL B				
MES	AÑO	VENTAS PRONOSTICADAS	VENTAS REALES	% CUMPLIMIENTO
Agosto	2017	\$ 66,356.82	\$ 67,146.47	98.82%
Septiembre	2017	\$ 64,811.06	\$ 65,582.31	98.82%
Octubre	2017	\$ 72,404.89	\$ 73,266.51	98.82%
Noviembre	2017	\$ 70,459.41	\$ 71,297.88	98.82%
Diciembre	2017	\$ 74,186.68	\$ 75,069.50	98.82%
Enero	2018	\$ 73,494.84	\$ 74,369.43	98.82%
Febrero	2018	\$ 74,910.68	\$ 75,802.12	98.82%
Marzo	2018	\$ 74,874.51	\$ 75,765.52	98.82%
Abril	2018	\$ 75,318.41	\$ 76,214.70	98.82%

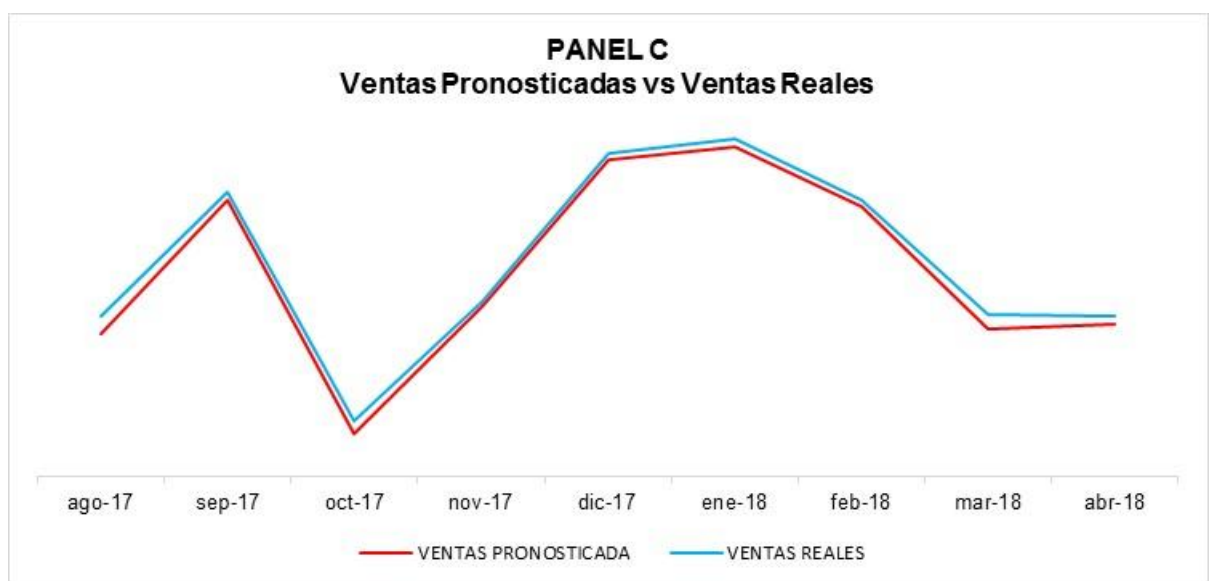
**Tabla 7 Panel B ventas pronosticadas vs ventas reales**



**Ilustración 31 Tendencia Ventas pronosticadas vs Ventas Reales**

PANEL C				
MES	AÑO	VENTAS PRONOSTICADAS	VENTAS REALES	% CUMPLIMIENTO
Agosto	2017	\$ 274,883.00	\$ 290,154.11	94.74%
Septiembre	2017	\$ 391,012.00	\$ 398,665.04	98.08%
Octubre	2017	\$ 188,439.00	\$ 199,681.42	94.37%
Noviembre	2017	\$ 299,076.70	\$ 302,635.71	98.82%
Diciembre	2017	\$ 426,730.50	\$ 431,808.59	98.82%
Enero	2018	\$ 438,288.10	\$ 445,503.73	98.38%
Febrero	2018	\$ 386,423.60	\$ 391,022.04	98.82%
Marzo	2018	\$ 279,118.60	\$ 292,440.11	95.44%
Abril	2018	\$ 283,491.00	\$ 289,864.54	97.80%

**Tabla 8 Panel C ventas pronosticadas vs ventas reales**



**Tabla 9 Panel C ventas pronosticadas vs ventas reales**

## PLAN ESTIMADO DE PRODUCCIÓN DE PANELES

Con base a la estimación realizada, se debe implementar la planificación de lo que se tendrá que producir.

Las cantidades proyectadas a producir estarán definidas por la estimación de las ventas realizadas anteriormente de acuerdo al valor unitario de cada panel.

Es así que el valor de cada panel es el siguiente: El valor del Panel A tiene un costo unitario de \$1.63, el valor de cada Panel B es de \$1.84 y finalmente el valor del Panel C es de \$2.44.

Por lo tanto con esta información se obtienen las cantidades que deberán ser producidas al mes y a su vez las que se deberán dividir para ser producidas semanalmente sin caer en una sobre producción. A continuación se presenta las cantidades que deberán ser producidas en base a lo anterior expuesto.

### **Propuesta del plan de Producción estimado para los siguientes meses:**

De Agosto 2017 a Julio 2018

	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
<b>PANEL A</b>	84,825	95,363	57,860	108,711	88,600	75,666	105,584	93,587	80,688	106,319	93,884	85,592
<b>PANEL B</b>	36,063	35,223	39,350	38,293	40,318	39,942	40,712	40,692	40,933	41,002	41,067	41,124
<b>PANEL C</b>	112,656	160,250	77,229	122,572	174,889	179,626	158,370	114,392	116,184	161,195	75,476	125,478

**Tabla 10 Pronóstico de producción por panel**

<b>PANEL A</b>	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
SEMANA 1	21,206	23,841	14,465	27,178	22,150	18,917	26,396	23,397	20,172	26,580	23,471	21,398
SEMANA 2	21,206	23,841	14,465	27,178	22,150	18,917	26,396	23,397	20,172	26,580	23,471	21,398
SEMANA 3	21,206	23,841	14,465	27,178	22,150	18,917	26,396	23,397	20,172	26,580	23,471	21,398
SEMANA 4	21,206	23,841	14,465	27,178	22,150	18,917	26,396	23,397	20,172	26,580	23,471	21,398

**Tabla 11 Pronóstico de producción Panel A**

<b>PANEL B</b>	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
SEMANA 1	9,016	8,806	9,838	9,573	10,080	9,986	10,178	10,173	10,233	10,251	10,267	10,281
SEMANA 2	9,016	8,806	9,838	9,573	10,080	9,986	10,178	10,173	10,233	10,251	10,267	10,281
SEMANA 3	9,016	8,806	9,838	9,573	10,080	9,986	10,178	10,173	10,233	10,251	10,267	10,281
SEMANA 4	9,016	8,806	9,838	9,573	10,080	9,986	10,178	10,173	10,233	10,251	10,267	10,281

**Tabla 12 Pronóstico de producción Panel B**

<b>PANEL C</b>	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
SEMANA 1	28,164	40,063	19,307	30,643	43,722	44,907	39,593	28,598	29,046	40,299	18,869	31,370
SEMANA 2	28,164	40,063	19,307	30,643	43,722	44,907	39,593	28,598	29,046	40,299	18,869	31,370
SEMANA 3	28,164	40,063	19,307	30,643	43,722	44,907	39,593	28,598	29,046	40,299	18,869	31,370
SEMANA 4	28,164	40,063	19,307	30,643	43,722	44,907	39,593	28,598	29,046	40,299	18,869	31,370

**Tabla 13 Pronóstico de producción Panel C**

## COMPARATIVA UNIDADES PRONOSTICADAS Y PRODUCCIÓN REAL

A continuación se presenta la comparativa de las unidades pronosticadas por el diseño del modelo y la producción real de los paneles A, B y C.

<b>PANEL A</b>				
<b>Mes</b>	<b>Producción Vendida Panel A (Unidades)</b>	<b>Unidades no vendidas</b>	<b>Producción Total Panel A (Unidades)</b>	<b>Pronóstico Panel A (Unidades)</b>
<b>Ago</b>	85,456	534	85,990	84,825
<b>Sep</b>	98,460	2,021	100,481	95,363
<b>Oct</b>	58,759	310	59,069	57,860
<b>Nov</b>	110,123	618	110,741	108,711
<b>Dic</b>	89,750	396	90,146	88,600
<b>Ene</b>	77,341	691	78,032	75,666
<b>Feb</b>	106,939	498	107,437	105,584
<b>Mar</b>	96,695	2,253	98,948	93,587
<b>Abr</b>	81,785	337	82,122	80,688

**Tabla 14 Unidades pronosticadas y Producción real Panel A**

Basado en la información de la producción real se puede verificar que la empresa pudo haber tenido un ahorro de \$12.483 en el intervalo de Agosto 2017 a Abril 2018 al utilizar la metodología de pronóstico, es decir se puede evitar el costo de las unidades no vendidas de los Paneles A.

<b>PANEL B</b>				
<b>Mes</b>	<b>Producción Vendida Panel B (Unidades)</b>	<b>Unidades no vendidas</b>	<b>Producción Total Panel B (Unidades)</b>	<b>Pronóstico Panel B (Unidades)</b>
<b>Ago</b>	36,493	229	36,722	36,063
<b>Sep</b>	35,643	213	35,856	35,223
<b>Oct</b>	39,819	352	40,171	39,350
<b>Nov</b>	38,749	247	38,996	38,293
<b>Dic</b>	40,799	341	41,140	40,318
<b>Ene</b>	40,418	287	40,705	39,942
<b>Feb</b>	41,197	331	41,528	40,712
<b>Mar</b>	41,177	356	41,533	40,692
<b>Abr</b>	41,421	331	41,752	40,933

**Tabla 15 Unidades pronosticadas y Producción real Panel B**

Basado en la información de la producción real se puede verificar que la empresa pudo haber tenido un ahorro de \$ 4.944 en el intervalo de Agosto 2017 a Abril 2018 al utilizar la metodología de pronóstico, es decir se puede evitar el costo de las unidades no vendidas de los Paneles B.

<b>PANEL C</b>				
<b>Mes</b>	<b>Producción Vendida Panel C (Unidades)</b>	<b>Unidades no vendidas</b>	<b>Producción Total Panel C (Unidades)</b>	<b>Pronóstico Panel C (Unidades)</b>
<b>Ago</b>	118,916	3,245	122,161	112,656
<b>Sep</b>	163,387	1,342	164,729	160,250
<b>Oct</b>	81,837	1,898	83,735	77,229
<b>Nov</b>	124,031	593	124,624	122,572
<b>Dic</b>	176,971	1,449	178,420	174,889
<b>Ene</b>	182,583	1,398	183,981	179,626
<b>Feb</b>	160,255	1,547	161,802	158,370
<b>Mar</b>	119,853	2,891	122,744	114,392
<b>Abr</b>	118,797	2,334	121,131	116,184

**Tabla 16 Unidades pronosticadas y Producción real Panel C**

Basado en la información de la producción real se puede verificar que la empresa pudo haber tenido un ahorro de \$ 40.072,80 en el intervalo de Agosto 2017 a Abril 2018 al utilizar la metodología de pronóstico, es decir se puede evitar el costo de las unidades no vendidas de los Paneles C.

#### **4.4. EJECUCIÓN Y CONTROL DEL PLAN DE PRODUCCIÓN**

A continuación se ejecutará lo planificado y para ello se dispondrá del uso del formato para el control de la producción, con el fin de monitorear que las cantidades de paneles que se vayan produciendo, estén acorde con las necesidades que se estimaron en un inicio.

Un elemento clave a considerar es el registro del inventario actual que posee la empresa, con esto se puede realizar una correcta planificación de las cantidades que se tiene q producir para evitar generar un sobre abastecimiento de los diferentes paneles.

Para evitar caer en altos niveles en el inventario, se debe realizar un seguimiento del mismo, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Inventario inicial
- Cantidad por producir
- Cantidad de despachos realizados
- Inventario final

Cabe mencionar que el inventario final de cada mes, será el inventario inicial para el siguiente mes, este registro se lo debe llevar en un formato simple que permita controlar tanto las cantidades pronosticadas que se venderán, el inventario inicial, las cantidades a ser producidas, las despachadas y por último el inventario al final del mes y así llevar un control estricto mes a mes.

En la *Ilustración 26* se muestra el formato propuesto, con el cual se llevara el control semanal hasta cubrir el mes de producción y así evitar que exista sobre producción de los paneles y se incremente los niveles de inventario, lo cual deriva en altos de costos de mantenimiento del mismo.

MES/AÑO:		SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4				INVENTARIO A FIN DE MES
PRODUCTO	INVENTARIO INICIAL	PROYECTADO	EN INVENTARIO	A PRODUCIR	DESPACHOS	PROYECTADO	EN INVENTARIO	A PRODUCIR	DESPACHOS	PROYECTADO	EN INVENTARIO	A PRODUCIR	DESPACHOS	PROYECTADO	EN INVENTARIO	A PRODUCIR	DESPACHOS	
PANEL A																		
PANEL B																		
PANEL C																		

**Ilustración 32: Formato de Control Semanal de Producción**

## **PROPUESTA DE MEDICIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN**

Dado el antecedente de la definición de una medición errónea al desempeño de los colaboradores, se considera de suma importancia controlar y medir de una forma eficaz este proceso, por medio de la definición de nuevos



indicadores que permitan medir el verdadero desempeño y que también permitan tomar acciones de mejora a mediano y largo plazo.

Los indicadores que se definieron y que abarcan a todo el Proceso de Planificación serán los que se presentan a continuación:

- Porcentaje de ingreso de Órdenes Compra
- Porcentaje de cumplimiento de producción de las Órdenes de Compra
- Porcentaje de cumplimiento de Órdenes entregadas al cliente

Las fórmulas con las cuales se podrán medir estos indicadores serán las siguientes. Las cuales también se muestran en el Anexo 1: *Fichas de indicadores*.

1.- Porcentaje de ingreso de Órdenes Compra.

$$IOC = \frac{\text{Cantidad de Ordenes de Compra ingresadas}}{\text{Total de Órdenes de Compra recibidas}} \times 100$$

<b>IOC</b>	<b>Criterio</b>	<b>Observación</b>
>= 98%	Muy Satisfactorio	-
[90% – 98%)	Satisfactorio	-
< 90%	Critico	Plan de Acción

2.- Porcentaje de cumplimiento de producción de las Órdenes de Compra

$$POC = \frac{\text{Cantidad de Órdenes Producidas}}{\text{Total de Órdenes de Compra ingresadas}} \times 100$$

<b>POC</b>	<b>Criterio</b>	<b>Observación</b>
>= 98%	Muy Satisfactorio	-
[90% – 98%)	Satisfactorio	-
< 90%	Critico	Plan de Acción

### 3.- Porcentaje de cumplimiento de Órdenes entregadas al cliente

$$OCE = \frac{\text{Cantidad de Órdenes entregadas}}{\text{Total de Órdenes de Compra producidas}} \times 100$$

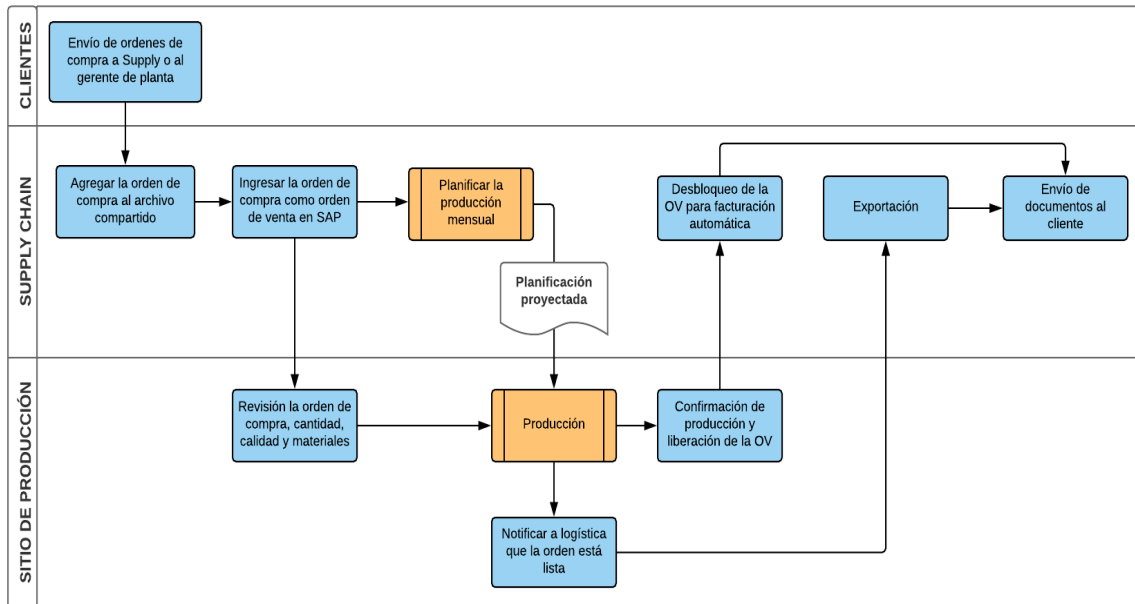
OCE	Criterio	Observación
>= 98%	Muy Satisfactorio	-
[90% – 98%)	Satisfactorio	-
< 90%	Critico	Plan de Acción

De esta manera y con estos indicadores de gestión se controlará de mejor manera el proceso, desde que una orden de compra ingresa hasta que es entregada al cliente. Cabe mencionar que estos indicadores deberán ser calculados mensualmente y ser monitoreados permanentemente.

Como último punto en el caso de existir alguna desviación o decaimiento de algún indicador, se deberá tomar los ajustes respectivos, no sin antes hacer un profundo análisis de causa para determinar la verdadera causa raíz que pudo originar el incumpliendo a los resultados esperados.

## REDISEÑO DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN

El método con el cual trabajará el área de producción es a través de los pronósticos de demanda, basado en el modelo estadístico desarrollado más no en el cumplimiento de meta de producción y eliminar la medición de la evaluación de la gestión a los colaboradores del área de producción.



**Ilustración 33: Proceso de Planificación mejorado**

## PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN

Evaluar y aprobar por parte de la dirección los cambios y propuestas realizadas para el proceso de Planificación de la Producción. **Responsable:** Director General

Realizar reuniones semanales de seguimiento para evaluar el cumplimiento de las actividades asignadas a cada miembro del departamento de Supply Chain basado en los cambios realizados en la Planificación de la Producción. **Responsable:** Director de Supply Chain

Capacitar a los integrantes del departamento del Supply Chain en el manejo de los documentos de planeación, programación y control de la producción. **Responsable:** Creador del modelo de pronóstico de demanda.

Realizar la programación de la producción según los parámetros establecidos en el diseño del pronóstico de la demanda basado en la metodología estadística. **Responsable:** Jefe de Producción.

## **MEDICIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA PROPUESTA DE MEJORA**

Se establecerán indicadores que permita evaluar el cumplimiento de las actividades y mejoras en la Planeación, Programación y Control de la Producción.

a) Se definirán los objetivos estratégicos, relacionados con los procesos ya mencionados, para verificar el alcance del cumplimiento, estos pueden ser:

- Medir el impacto en los cambios de mejora realizados
- Facilitar la toma de decisiones y acciones correctivas
- Controlar la gestión en los procesos de planeación, programación y control de la producción de forma cuantitativa

b) Se implementaran indicadores a partir de los objetivos a alcanzar, con foco en los diferentes procesos. A continuación se describen los indicadores que se ejecutarán:

### **Planeación:**

- ✓ Cumplimiento de la producción planeada
- ✓ Utilización de capacidad instalada
- ✓ Cantidad de materia prima procesada

### **Programación y Control:**

- ✓ Cantidad Producida
- ✓ Devoluciones

- ✓ Cantidad no fabricada por falta de material
- ✓ Rotación de producto en proceso

## **CREACIÓN DE INDICADORES DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL**

Para asegurar que los indicadores que permitirán dar seguimiento a las actividades y mejoras implementadas en el proceso se abordaran los siguientes aspectos:

1. Validar los indicadores para verificar que sean útiles, rentables y objetivos para asegurar resultados reales, para presentarlos a la gerencia para ser aprobados.
2. Determinar los indicadores y capacitar al personal. Los indicadores se dan a conocer a las personas directamente encargadas de la producción y se les indica de dónde extraer la información y cómo interpretarlos.
3. Realizar la evaluación de los indicadores cada semana, para poner a consideración la información obtenida y compararlos con las metas propuestas y verificar su porcentaje de cumplimiento para tomar medidas correctivas.

## **CAPÍTULO 5**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Como parte final del desarrollo de este proyecto a continuación se presenta las conclusiones y recomendaciones que luego del desarrollo de la propuesta planteada para la optimización del proceso de Planificación de una empresa productora de paneles de madera de balsa.

1. Se desarrolló un modelo que permita pronosticar la demanda y sirva de base para la planificación de la producción de paneles basado en el modelo autorregresivo con estacionariedad (ARIMA) en los datos de ventas históricos de los diferentes paneles, identificando si existe o no raíces unitarias en la serie y comparándolo con otro modelo para escoger el óptimo.
2. Se definió un modelo de planificación, control y medición de la producción de paneles basado en el pronóstico de la demanda y con lo desarrollado permitirá lograr una mejora en la interacción de los procesos de Planificación y Producción y de así poder satisfacer la demanda de los clientes y cumplir con los plazos.
3. Se determinó que al aplicar el modelo de pronóstico la empresa puede reducir sus costos por las unidades no vendidas y que se quedan almacenadas en la bodega de producto terminado. Se evidenció que en el

intervalo de agosto 2017 a abril 2018 la empresa pudo haber reducido en sus costos en un total de \$ 57.499,42.

4. Se evidenció que las órdenes de compra son registradas y planificadas de acuerdo con el orden de llegada sin considerar afectaciones en el proceso productivo ni inventarios existentes.
5. A pesar de que la empresa tiene definido a sus principales clientes y las características del producto de cada uno, no tiene establecido un plan de producción basado en estas características.
6. Se realizó un plan de implementación para la propuesta de la planeación y control de la producción basado en modelo estadístico de pronóstico y en indicadores de gestión basado en objetivos estratégicos medibles para garantizar el cumplimiento de las metas a alcanzar.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

1. Adoptar el modelo de pronóstico aquí expuesto, para evitar la sobre producción de los paneles.
2. Planificar la producción de acuerdo a un presupuesto, el cual permitirá reducir costos tanto en la producción de los paneles como en los costos de mantenimiento del inventario.
3. Estandarizar el proceso de recepción de órdenes de compra, puesto que se recibe información de distintos canales de comunicación, lo mismo ocurre con los cambios solicitados por el cliente.
4. Planificar la producción por tipo de producto y espesor para evitar tiempos muertos en la producción.
5. Revisar el inventario con la finalidad de producir el faltante y completar la orden a exportar.
6. Considerar la disponibilidad de personal, material y maquinaria para cumplir las especificaciones de cada cliente y que sean programadas de forma oportuna.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moreira, M. (2013). La gestión por procesos en las instituciones de información. ACIMED, 14(5). Recuperado a partir de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt&pid=S102494352006000500011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt&pid=S102494352006000500011)
2. Alonso Torres, C. (2014). Orientaciones para implementar una gestión basada en procesos. Ingeniería Industrial, XXXV(2), 161-172.
3. Balcázar, H., & Lagunas, P. (2013). Importancia del análisis de los procesos de una organización para el cumplimiento de los requisitos de ISO 9001:2000 y para la mejora de su desempeño. Recuperado a partir de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/analisis.pdf>.
4. Hernández Nariño, A, Nogueira Rivera, D., Medina León, A., & Marqués León, M. (2013). Insertion of business process management in health care organizations: methodological and practical conception. Revista de Administração, 48(4), 739-756.
5. Nariño Hernández, A., Nogueira Rivera, D., & Medina León, A. (2014). La caracterización y clasificación de sistemas, un paso necesario en la gestión y mejora de procesos. Particularidades en organizaciones hospitalarias. DYNA, 81(184), 191-198.
6. Hernández Nariño, A., Medina León, A., Nogueira Rivera, D., & Marqués León, M. (2009). Mejora y perfeccionamiento de los procesos hospitalarios. Propuesta de un algoritmo para su aplicación. Avanzada Científica, 12(No 1).

7. Ricardo Cabrera, H. (2010). Aplicación de un procedimiento de mejora a procesos ordenados secuencialmente a partir de métodos multicriterios. Recuperado a partir de [www. eumed. net/libros/2010a/650](http://www.eumed.net/libros/2010a/650).
8. Medina León, A., Nogueira Rivera, D., Hernández Nariño, A., & Viteri, J. (2010). Relevancia de la gestión por procesos en la Planificación Estratégica y la Mejora Continua. *EIDOS*, 2, 18.
9. Karapetrovic S. Musing on integrated management systems. *Measuring Business Excellence*. 2014;7(1):4-13. ISSN 0959-6526.
10. Abad Puente J, Dalmau I, Vilajosana J. Taxonomic proposal for integration levels of management systems based on empirical evidence and derived corporate benefits. *Journal of Cleaner Production*. 2014.
11. IFA. (2010). Handbook of International Quality Control, auditing ,review, other assurance, and related services pronouncements. New York, USA: International Federation of Accountants.
12. Cuendias de Armas, J., suárez Palou, H., Brito Álvarez, Z., Pérez Acosta, M., Pérez Ménde, L., Pevida Fernández, T., Ayala Ávila, I. (2013). "Manejo integrado de Gestión". *Cubaenergía*.
13. Medina León, A, Nogueira Rivera, D, & Hernández Nariño, A. (2012, diciembre). Consideraciones y criterios para la selección de procesos para la mejora: Procesos Diana. *Ingeniería Industrial*, XXXIII(3), 272-281.
14. Ramos, A. W. (2009). Metodología Seis Sigma. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Recuperado de: <https://www.vanzolini.org.br/download/Metodologia%20Seis%20Sigma.pdf>.
15. García, L. A. M. (2016). *Indicadores de la gestión logística*. Ecoe Ediciones.

16. Garcete Rodríguez, A. D., Benítez, R., Pinto Roa, D. P., & Vazquez, A. (2017). Técnica de pronóstico de la demanda basada en Business Intelligence y Machine Learning. In *Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad (STS)- JAIIO 46 (Córdoba, 2017)*.
17. De Arce, R., & Mahía, R. (2003). Modelos Arima. Programa CITUS: Técnicas de Variables Financieras.

# ANEXOS

## FICHA TÉCNICA DE INDICADORES DE GESTIÓN

### DEFINICIÓN DEL INDICADOR

NOMBRE DEL INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	LINEA BASE	META OBJETIVO		
			META	PLAZO DE CUMPLIMIENTO	VIGENCIA DE CUMPLIMIENTO
INGRESO DE LAS ORDENES DE COMPRA	Cumplimiento	90%	90%	Mensual	Mensual

### INFORMACIÓN PARA LA MEDICIÓN DEL INDICADOR

UNIDAD DE MEDIDA	FRECUENCIA	RESPONSABLE MEDICIÓN Y ANÁLISIS	ACTORES INTERESADOS EN EL RESULTADO
Unidades	Mensual	Analista de Supply Chain	ALTA DIRECCIÓN

### FUENTE DE INFORMACIÓN

### FÓRMULA DE CÁLCULO

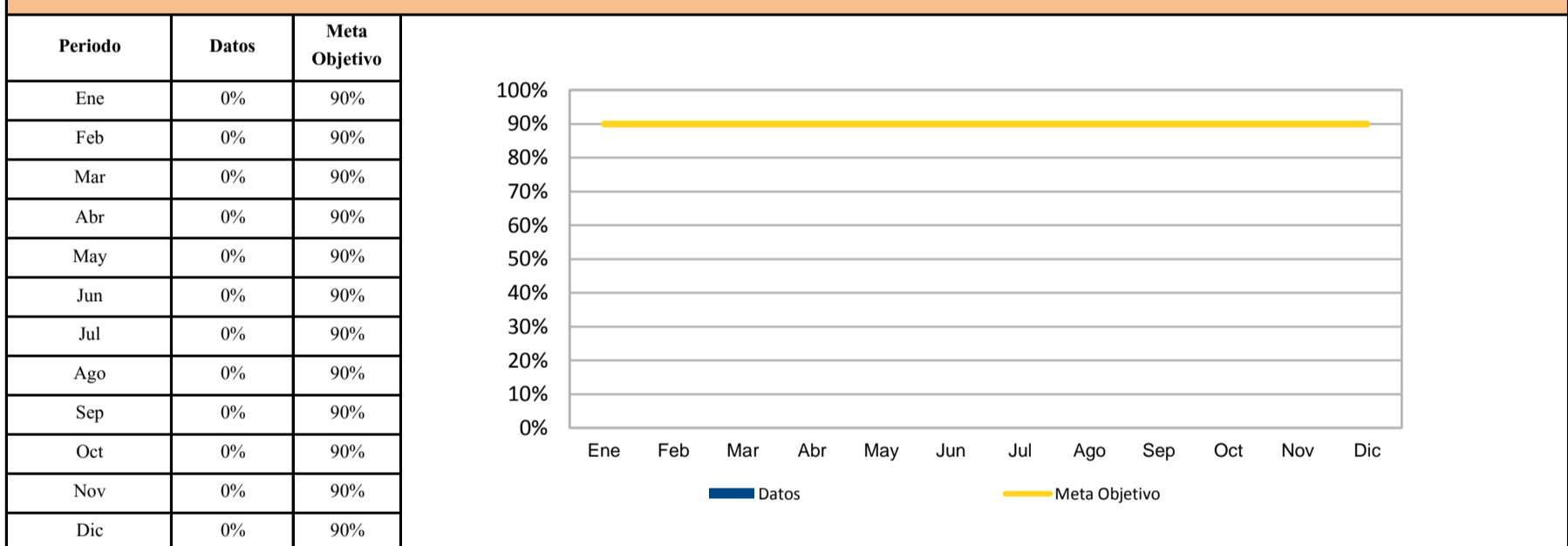
BASES DE DATOS DE LA ORGANIZACIÓN

$$IOC = \frac{\text{Cantidad de ordenes de compra ingresadas}}{\text{Total de ordenes de compra recibidas}}$$

### COMPORTAMIENTO INDICADOR

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOT	SEPT	OCT	NOV	DIC
Dato Numerador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dato Denominador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### MEDICIÓN



### Análisis/Interpretación de Resultados del Indicador

### Observaciones

## FICHA TÉCNICA DE INDICADORES DE GESTIÓN

### DEFINICIÓN DEL INDICADOR

NOMBRE DEL INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	LINEA BASE	META OBJETIVO		
			META	PLAZO DE CUMPLIMIENTO	VIGENCIA DE CUMPLIMIENTO
CUMPLIMIENTO DE PRODUCCIÓN DE ORDENES DE COMPRA	Cumplimiento	90%	90%	Mensual	Mensual

### INFORMACIÓN PARA LA MEDICIÓN DEL INDICADOR

UNIDAD DE MEDIDA	FRECUENCIA	RESPONSABLE MEDICIÓN Y ANÁLISIS	ACTORES INTERESADOS EN EL RESULTADO
Unidades	Mensual	Analista de Supply Chain	ALTA DIRECCIÓN

### FUENTE DE INFORMACIÓN

BASES DE DATOS DE LA ORGANIZACIÓN

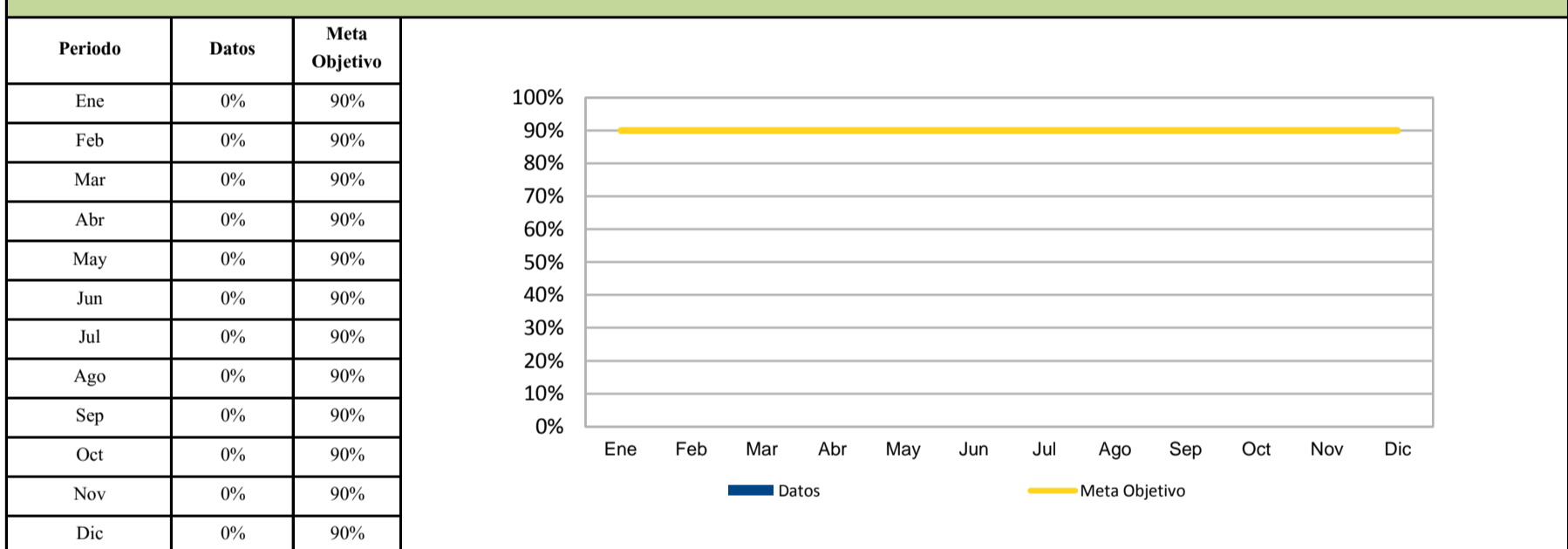
### FÓRMULA DE CÁLCULO

$$POC = \frac{\text{Cantidad de ordenes producidas}}{\text{Total de ordenes de compra ingresadas}}$$

### COMPORTAMIENTO INDICADOR

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOT	SEPT	OCT	NOV	DIC
Dato Numerador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dato Denominador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### MEDICIÓN



### Análisis/Interpretación de Resultados del Indicador

### Observaciones

## FICHA TÉCNICA DE INDICADORES DE GESTIÓN

### DEFINICIÓN DEL INDICADOR

NOMBRE DEL INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	LINEA BASE	META OBJETIVO		
			META	PLAZO DE CUMPLIMIENTO	VIGENCIA DE CUMPLIMIENTO
CUMPLIMIENTO DE ORDENES ENTREGADAS AL CLIENTE	Cumplimiento	90%	90%	Mensual	Mensual

### INFORMACIÓN PARA LA MEDICIÓN DEL INDICADOR

UNIDAD DE MEDIDA	FRECUENCIA	RESPONSABLE MEDICIÓN Y ANÁLISIS	ACTORES INTERESADOS EN EL RESULTADO
Unidades	Mensual	Analista de Supply Chain	ALTA DIRECCIÓN

### FUENTE DE INFORMACIÓN

BASES DE DATOS DE LA ORGANIZACIÓN

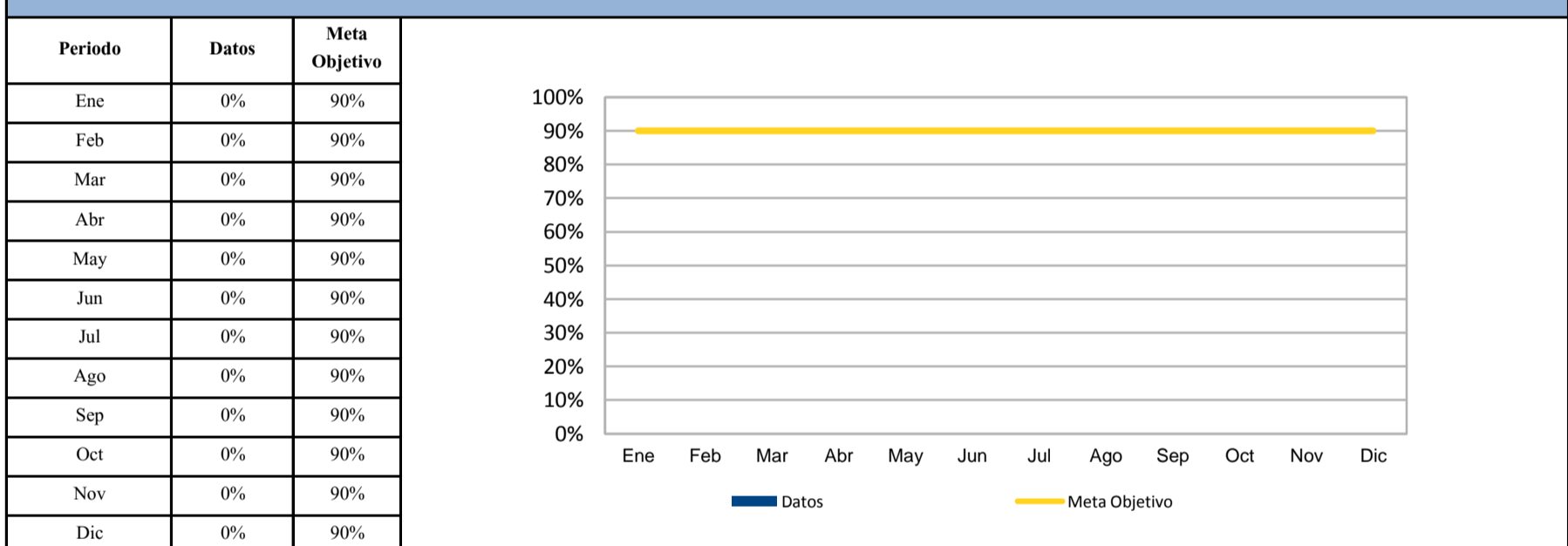
### FÓRMULA DE CÁLCULO

$$POC = \frac{\text{Cantidad de ordenes entregadas}}{\text{Total de ordenes de compra producidas}}$$

### COMPORTAMIENTO INDICADOR

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOT	SEPT	OCT	NOV	DIC
Dato Numerador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dato Denominador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### MEDICIÓN



### Análisis/Interpretación de Resultados del Indicador

### Observaciones