



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Análisis de la productividad de la Empresa POLICUBIERTAS S.A.**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniera Industrial**

**Autor:**

**Sánchez Zhinin Erika Tatiana  
Valla Guacho Jessenia Isabel**

**Tutor:**

**Ing. Luis Stalin López Telenchana MgSc.**

**Riobamba, Ecuador. 2025**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotras Erika Tatiana Sánchez Zhinin con cedula de ciudadanía 1727515445 y Jessenia Isabel Valla Guacho con cedula de ciudadanía 0604495473, autoras del trabajo de investigación titulado: Análisis de la productividad de la empresa POLICUBEIRTAS S.A., certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

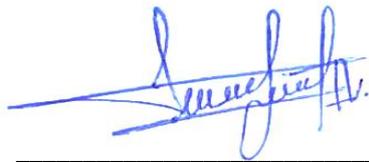
En Riobamba, 5 de noviembre de 2024.



---

Erika Tatiana Sánchez Zhinin

C.I:1727515445



---

Jessenia Isabel Valla Guacho

C.I: 0604495473



## ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En la Ciudad de Riobamba, a los 05 días del mes de noviembre de 2024, luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por las estudiantes **Sánchez Zhinin Erika Tatiana** con CC: **1727515445** y **Valla Guacho Jessenia Isabel** con CC: **060449547-3**, de la carrera de Ingeniería Industrial y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado "**ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA POLICUBIERTAS S.A.**", por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.



LUIS "STALIN" LÓPEZ  
TELENCHANA

---

Mgs. Luis Stalin López Telenchana  
**TUTOR**

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA POLICUBIERTAS S.A." por Erika Tatiana Sánchez Zhinin, con cédula de identidad número 1727515445 y Jessenia Isabel Valla Guacho con cedula de identidad número 0604495473, bajo la tutoría de Mg. Luis Stalin López Telenchana; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 16 de diciembre de 2024.

Manolo Alexander Córdova Suarez, Mgs.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Fidel Ernesto Vallejo Gallardo, PhD  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

José Vicente Soria Granizo, Mgs.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---



## CERTIFICACIÓN

Que, Jessenia Isabel Valla Guacho con CC: 0604495473 y Erika Tatiana Sánchez Zhinin con CC: 1727515445, estudiantes de la Carrera Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado “Análisis de la productividad de la empresa POLICUBIERTAS S.A.”, cumple con el 8%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio TURNITIN, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 11 de diciembre de 2024



Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mgs.

**TUTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## DEDICATORIA

A Dios, por ser mi refugio y fortaleza en cada paso que he venido dando. Tu presencia en mi vida me ha dado valentía y certeza en cada decisión que he tomado.

A mis padres, Elvia Zhinin y Wilson Sánchez, quienes con su amor infinito y paciencia han sido mi fuente de apoyo y dueños de cada uno de mis triunfos. Personas ejemplares que con su esfuerzo, sacrificio y dedicación me han enseñado a valorar el trabajo honesto y constante. Gracias, padres, por sus sabios consejos y por ser ese pilar inquebrantable en mi vida. Sus palabras de aliento, ejemplo de disciplina y fortaleza me han inspirado a dar siempre lo mejor de mí, a no rendirme y a enfrentar cada desafío con valentía.

*Erika Tatiana Sánchez Zhinin*

Ante todo, quiero dedicar esta tesis a Dios, quien ha sido mi fortaleza a lo largo de mi trayecto universitario. En los momentos de alegría y en los desafíos, siempre he sentido la presencia y la guía divina.

A mis padres, Manuela y Miguel, quienes han sido el motor que me impulsa a perseguir mis metas sin vacilaciones. Su apoyo incondicional ha sido fundamental en mi desarrollo personal y académico; sin ellos, no habría alcanzado lo que soy hoy.

Asimismo, expreso mi gratitud a mi hermana Verónica, quien ha sido una fuente constante de inspiración. Su apoyo incondicional, así como su conocimiento, motivación y confianza en mí, han sido cruciales para no rendirme en los momentos difíciles.

Agradezco profundamente a mi familia por el apoyo que me brindan día tras día.

*Jessenia Isabel Valla Guacho*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la sabiduría, la paciencia y la perseverancia necesarias para superar cada obstáculo. Tu amor incondicional me ha sostenido en los momentos más difíciles y me ha dado la luz para seguir adelante cuando el camino parecía incierto.

A mi madre, porque me ha enseñado que todo es posible por más complejo que parezca y que nunca es tarde para empezar de nuevo. Mujer virtuosa y sabia que me ha formado con valores y perseverancia para llegar a cumplir mis sueños. Gracias por depositar tu confianza en mí. Todo lo que soy y lo que he logrado te lo debo a Ti.

A mi padre, hombre trabajador e incansable quien siempre ha estado dispuesto a apoyarme en cada meta que he tenido. Gracias, papá, por tu apoyo incondicional, por tus sabios consejos y por estar siempre dispuesto a ayudarme a crecer y superarme.

A mis hermanos, Javier, Xime, Jess y Kari, su apoyo incondicional y amor infinito han hecho que todo esto sea un poco más fácil. Sus palabras llenas de ternura y esperanza han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante. Los amo con mi vida ustedes son mis compañeros de vida y mis mejores amigos. Gracias por estar siempre a mi lado, por sus risas que iluminan mis días, por su apoyo en los momentos difíciles y recordarme que soy capaz de lograr todo lo que me propaga. Sus palabras de ánimo y su confianza en mí me han dado fuerzas cuando más lo he necesitado. Este logro también es de ustedes.

A mi novio, Alejandro Ortega, mi compañero desde el inicio de esta aventura universitaria y de vida; Gracias por las largas horas que pasaste conmigo, por tus palabras de aliento cuando más las necesitaba y por creer en mí. Tu amor y paciencia me han acompañado en cada paso, y juntos hemos superado retos que hoy son recuerdos que atesoraré siempre. Tu presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable.

*Erika Tatiana Sánchez Zhinin*

Con profunda estima y reconocimiento, extendiendo mi más sincera gratitud a Dios, por ser una inspiración y darme fortalezas en todo tiempo hasta estos momentos, siempre recordándome con el versículo “No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te fortalezo; siempre te ayudaré; siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia” Isaías 41:10

A mis padres que son un pilar fundamental en mi vida. Mi madre que me apoyado con sus consejos de motivación y perseverancia, por mostrarme su amor incondicional, su sacrificio y su fe inquebrantable en mí. Gracias por ser mi guía y mi fortaleza.

A mi padre, cuya disciplina y rectitud me han enseñado la importancia de la perseverancia y de dar lo mejor de mí en cada una de mis acciones. Agradezco profundamente por ser un ejemplo de esfuerzo y dedicación.

A mi única hermana, quien ha sido mi compañera de vida, mi mayor apoyo y confidente incondicional. Gracias por creer en mí incluso en mis momentos de duda; eres la voz que me alienta a seguir adelante y el corazón que celebra conmigo cada uno de mis logros.

Gracias familia Valla Guacho por ser mi roca y fuente de inspiración. A cada uno de ustedes, gracias por estar a mi lado en este camino. Este logro también es para ustedes.

*Jessenia Isabel Valla Guacho*

# ÍNDICE GENERAL

**DECLARATORIA DE AUTORÍA**

**ACTA FAVORABLE INFORME FINAL DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL**

**CERTIFICADO ANTIPLAGIO**

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**CAPÍTULO I.....17**

**1. INTRODUCCIÓN.....17**

1.1 Planteamiento del problema ..... 18

1.2 Objetivos ..... 19

1.2.1 Objetivo general ..... 19

1.2.2 Objetivos específicos ..... 20

1.3 Justificación..... 20

**CAPÍTULO II .....21**

**2. MARCO TEÓRICO .....21**

2.1 Antecedentes de investigación ..... 21

2.2 Direccionamiento estratégico de la empresa ..... 22

2.2.1 Reseña de la empresa..... 22

2.2.2 Misión..... 22

2.2.3	Visión.....	22
2.2.4	Datos generales de la empresa.....	22
2.2.5	Ubicación de la empresa.....	23
2.3	Software RStudio .....	23
2.4	Series de tiempo .....	24
2.4.1	Tendencia.....	24
2.4.2	Estacionalidad.....	25
2.4.3	Ciclicidad.....	26
2.4.4	Aleatoriedad.....	26
2.4.5	Autocorrelación .....	26
2.4.6	Metodología ARIMA .....	27
2.5	Planificación de la producción .....	31
2.5.1	Plan maestro de producción (MPS).....	32
2.5.2	Demanda.....	33
2.5.3	Programación de la producción .....	34
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>36</b>
<b>3. METODOLOGIA. ....</b>		<b>36</b>
3.1	Tipo de Investigación.....	36
3.2	Diseño de Investigación .....	36
3.3	Técnicas de recolección de Datos .....	36
3.4	Población de estudio y tamaño de muestra .....	37
3.5	Hipótesis.....	38
3.6	Métodos de análisis .....	38
3.7	Procesamiento de datos .....	38
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>41</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>41</b>
4.1	Situación actual de la empresa .....	41

4.1.1	Materiales y equipos utilizados en cada área de termoformado .....	45
4.1.2	Proceso de fabricación de Techos de Policarbonato Plancha P7-5 .....	50
4.1.3	Flujograma.....	51
4.1.4	Análisis, interpretación y representación de resultados de producción y ventas de la empresa POLICUBIERTAS S.A. ....	53
4.2	Resultado y validación del modelo ARIMA .....	62
4.2.1	Pronostico correspondientes a los datos de Producción mediante la modelación ARIMA.....	66
4.2.2	Pronostico correspondientes a los datos de Ventas mediante la modelación ARIMA 69	
4.3	Resultados del tercer objetivo .....	70
4.3.1	Demanda.....	70
4.3.2	Plan Agregado .....	77
4.3.3	Capacidad de la planta.....	80
4.3.4	Pronóstico de ventas .....	81
4.3.5	Eficiencia de producción .....	84
4.3.6	Comparación entre los datos reales y simulados .....	88
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>90</b>
<b>5. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>90</b>
5.1	Conclusiones .....	90
5.2	Recomendaciones.....	90
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>92</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Datos de productividad desde el año 2019 hasta el año 2023.....	53
<b>Tabla 2.</b> Datos de ventas desde el año 2019 hasta el año 2023.....	58
<b>Tabla 3.</b> Modelos ARIMA relacionados con la producción .....	67
<b>Tabla 4.</b> modelos de ARIMA para ventas.....	69
<b>Tabla 5.</b> Pronóstico de la demanda - producción.....	70
<b>Tabla 6.</b> Datos de fabricación de techos P7-5.....	78
<b>Tabla 7.</b> Plan agregado de la producción de techos de policarbonato .....	79
<b>Tabla 8 .</b> Capacidad Instalada .....	80
<b>Tabla 9 .</b> Resumen de la capacidad de la planta.....	80
<b>Tabla 10.</b> Pronóstico de ventas hasta el año 2028 hasta el mes de febrero.....	81
<b>Tabla 11.</b> PMP del 2024 de los primeros 8 meses .....	83
<b>Tabla 12.</b> PMP del 2025 de los primeros 8 meses .....	83
<b>Tabla 13.</b> PMP del 2026 de los primeros 8 meses .....	84
<b>Tabla 14.</b> PMP del 2027 de los primeros 8 meses .....	84
<b>Tabla 15.</b> PMP del 2028 de los primeros 2 meses .....	84
<b>Tabla 16.</b> Error porcentual de producción .....	85
<b>Tabla 17.</b> Error porcentual de ventas .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica de Techos de Policarbonato Policubiertas S.A. en Quito. ...	23
<b>Figura 2.</b> Tendencia en una serie de tiempo .....	25
<b>Figura 3.</b> Variaciones estacionales de una serie de tiempo.....	25
<b>Figura 4.</b> Variaciones cíclicas de una serie de tiempo .....	26
<b>Figura 5.</b> Diagrama de flujo para el desarrollo de un modelo ARIMA .....	28
<b>Figura 6.</b> Diagrama de Ishikawa de la empresa Policubiertas S.A. del área de termoformado .....	43
<b>Figura 7.</b> Árbol de problema.....	44
<b>Figura 8.</b> Montacargas .....	46
<b>Figura 9 .</b> Máquina de corte CNC para las planchas de policarbonato.....	46
<b>Figura 10.</b> Prensa de molde.....	47
<b>Figura 11.</b> Durómetro superficies con sonda leeb .....	47
<b>Figura 12.</b> Impresora digital.....	48
<b>Figura 13.</b> Film plástico estirable .....	49
<b>Figura 14.</b> Transporte de carga de la empresa .....	49
<b>Figura 15.</b> Diagrama de flujo de la elaboración de techos de policarbonato P7-5 .....	52
<b>Figura 16.</b> Análisis de datos iniciales .....	55
<b>Figura 17.</b> Creación de una serie temporal a partir de los datos originales de Producción (PROD) .....	56
<b>Figura 18.</b> Gráfica de la función de Autocorrelación (ACF).....	57
<b>Figura 19.</b> Gráfica de datos iniciales de ventas .....	60
<b>Figura 20.</b> Series temporales - Transformación de los datos iniciales de ventas.....	61

<b>Figura 21.</b> Grafica de autocorrelación (ACF).....	62
<b>Figura 22.</b> Pronóstico de producción.....	68
<b>Figura 23.</b> Pronóstico de ventas.....	70
<b>Figura 24.</b> Descomposición de series temporales aditivas .....	73
<b>Figura 25.</b> Análisis de residuos de la demanda.....	74
<b>Figura 26.</b> Serie temporal de aditivos de descomposición de ventas.....	75
<b>Figura 27.</b> Análisis de residuos.....	76
<b>Figura 28.</b> Capacidad real de la planta.....	81
<b>Figura 29.</b> Gráfico de Error porcentual de ventas.....	87
<b>Figura 30.</b> Gráfica de comparación producción.....	88

## RESUMEN

El proyecto de investigación desarrollado tuvo como objetivo mejorar la eficiencia operativa en la empresa POLICUBIERTAS S.A. y de esa manera tener mayor impacto en la producción y ventas. La empresa se dedica a la elaboración y comercialización de techos de policarbonato y viene presentando problemas de planificación de producción a lo largo de los años, por lo cual se ha planteado desarrollar un plan maestro de producción, facilitando a la empresa con una planificación de la producción mediante pronósticos de series temporales que son realizados por medio de la modelación matemática basada en el método ARIMA con RStudio. El proyecto se desarrolló en tres fases principales: evaluación estadística de datos históricos, modelación en el software RStudio, y diseño de un Plan Maestro de Producción. En la primera fase, se recopilaron y analizaron datos históricos de producción y ventas. Este análisis permitió identificar patrones y tendencias, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones fundamentadas.

El uso de RStudio permitió una visualización clara a través de modelación matemática ARIMA, se presentaron las series temporales, descomposición de las series de tiempo mediante el modelo de descomposición de series aditivas temporales, análisis de residuos y se detalló el análisis de los resultados a través de gráficos, en los cuales el modelo adecuado empleado tanto para ventas y producción es el modelo Arima3( 31,1) (0,1,1,) [12 ] seleccionado con el criterio AIC el cual nos indica que se escoge el menor valor ya que se pierde menos información y explica mejor los datos por lo que el cálculo del error del pronóstico se obtuvo un valor del 5,81% con respecto a los datos reales y pronóstico correspondientes al 2023.

En la fase final, se desarrolló un Plan Maestro de Producción, diseñado para mejorar la planificación. Este plan permite gestionar la programación de la producción, evaluando en tiempo real y simulado el impacto de las mejoras implementadas. Al integrar la información obtenida en las fases anteriores, el Plan Maestro de Producción se convierte en una herramienta clave para la gestión estratégica, orientada a la mejora continua de la eficiencia en los procesos productivos.

## ABSTRACT

The research project developed aimed to improve operational efficiency at POLICUBIERTAS S.A., thereby having a greater impact on production and sales. The company specializes in the manufacturing and marketing of polycarbonate roofing and has been facing production planning issues over the years. As a result, the development of a master production plan was proposed, providing the company with production planning through time series forecasting, which is performed using mathematical modeling based on the ARIMA method with RStudio. The project was carried out in three main phases: statistical evaluation of historical data, modeling in the RStudio software, and the design of a Master Production Plan. In the first phase, historical data on production and sales were collected and analyzed. This analysis allowed for the identification of patterns and trends, providing a solid foundation for making informed decisions. The use of RStudio facilitated clear visualization through ARIMA mathematical modeling. Time series were presented, time series decomposition was performed using the additive decomposition model, residual analysis was conducted, and the results were detailed through graphs. The appropriate model used for both sales and production were the ARIMA (3,1,1) (0,1,1) [12] model, selected based on the AIC criterion, which indicates the choice of the smallest value as it loses less information and better explains the data. The forecast error calculation resulted in a value of 5.81% in comparison to the actual data and forecasts for 2023. In the final phase, a Master Production Plan was developed, designed to improve planning. This plan enables the management of production scheduling by evaluating in real time and simulating the impact of the implemented improvements. By integrating the information obtained in the previous phases, the Master Production Plan becomes a key tool for strategic management, aimed at the continuous improvement of efficiency in production processes.

Keywords: ARIMA, Efficiency, Mathematical modeling, Master plan, Production, Time



Reviewed by:

MsC. Edison Damian Escudero

**ENGLISH PROFESSOR**

C.C.0601890593

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

La capacidad de la empresa para adaptarse a los cambiantes demandas de los consumidores con productos más adecuados es lo que la hace productiva. Sin embargo, POLICUBIERTAS S.A. enfrenta baja productividad mediante el criterio de la gestión operativa, esto se debe a la toma errónea de decisiones en cuanto a la planificación de la producción.

La creación de un MPS para el proceso de producción de POLICUBIERTAS S.A. es una gran oportunidad que puede llegar a establecer la estandarización de los procesos dentro de la empresa y aumentar la productividad de esta, garantizando la entrega puntual del producto y reduciendo los gastos del producto acabado que se mantiene en bodega.

Varios autores como (Heizer, Render, & Parra, 2007) destacan la importancia de una Gestión de producción eficiente, basada en teorías de procesos y recursos, utilizando herramientas y técnicas modernas como FODA, series temporales, modelación matemática las cuales redefinen la forma en que se organiza el proceso productivo.

La investigación de la baja productividad en el área de termoformado es el principal objetivo de este proyecto de investigación. Por ello, se extrajeron datos históricos de producción y ventas de los cinco años anteriores (2019 -2023) con el propósito de identificar posibles patrones en dicha información. Esto con la finalidad de buscar una estandarización de la producción, mediante la implementación de Modelación Matemática (ARIMA). Este enfoque permitió no solo identificar posibles desviaciones en los datos, sino también establecer un marco sólido para la aplicación de modelos predictivos que contribuyan a hacer más eficaz el proceso de producción.

## **1.1 Planteamiento del problema**

POLICUBIERTAS S.A. reside en Ecuador con matriz en la ciudad de Quito, su principal actividad económica es la comercialización de materiales de construcción al por mayor y a la fabricación y comercialización de techos de policarbonato a nivel nacional cumpliendo con altos estándares de calidad y personal calificado.

Opera en el mercado de techos de policarbonato más de 5 años. Gracias a la calidad de sus productos, ha logrado establecer su marca a nivel nacional, ofreciendo una amplia gama de techos con características destacadas, que incluyen resistencia al impacto, protección Ultravioleta y retardante al fuego. Además, contribuye al medio ambiente al ofrecer techos de policarbonato reciclado de óptima calidad demostrando así su responsabilidad social empresarial.

Actualmente la toma de decisiones erradas provoca baja productividad del área de termoformado ya que se llega a tener en algunas ocasiones sobre producción y en otras ocasiones falta de unidades producidas.

Por lo que la ineficiencia en el área de termoformado es un desafío común que muchas empresas enfrentan. Una de las principales causas de esta ineficiencia es la toma de decisiones erróneas, que pueden llevar a situaciones de unidades excesivas o falta de unidades producidas. Estas situaciones generan un impacto significativo en la eficiencia operativa, los costos y la aprobación del cliente.

Cuando se toman decisiones erróneas en el área de termoformado, se pueden generar problemas como el exceso de inventario y la falta de capacidad para satisfacer la demanda. Por un lado, si se produce más de lo necesario, se acumulan inventarios no vendidos, lo que implica costos adicionales de almacenamiento y deterioro. Por otro lado, si no se produce lo suficiente, corre el riesgo de no poder satisfacer la demanda del cliente a tiempo, lo que puede generar pérdida de ventas y clientes insatisfechos.

Para abordar este problema, es fundamental implementar un proceso de toma de decisiones más efectivo en el área de termoformado. La estrategia por ejecutarse reside en el análisis y pronóstico meticuloso de la demanda.

Es crucial recopilar datos precisos y reales sobre la demanda tanto pasada como presente, ya que estos constituyen la base fundamental para predecir con exactitud las necesidades futuras.

Al emplear técnicas avanzadas como el análisis estadístico y el estudio profundo de las tendencias del mercado, se podrá estimar la demanda futura con una precisión sin precedentes. Lo cual permite ajustar la producción de manera proactiva y eficiente, evitando así tanto el exceso de stock como la escasez de productos.

En definitiva, establecer un procedimiento sólido de toma de decisiones basado en un análisis de demanda exhaustivo, será primordial para optimizar las operaciones de termoformado y garantizar el éxito a largo plazo.

Por ello hemos llegado a deducir que, para abordar la ineficiencia en el área de termoformado debido a decisiones erróneas, es necesario implementar un enfoque más efectivo en la toma de decisiones. Esto implica analizar y pronosticar la demanda, planificar y programar de manera eficiente, gestionar el inventario adecuadamente, establecer una comunicación efectiva y buscar la mejora continua. Al implementar estas estrategias, la empresa puede optimizar su proceso de termoformado y lograr una producción más eficiente y ventajosa.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Analizar la productividad en el área de termoformado de la empresa POLICUBIERTAS S.A. durante el periodo 2019-2023 para aumentar la eficiencia de la organización.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Evaluar los datos históricos de producción y ventas del área de termoformado de los últimos cinco años para diagnosticar los niveles de productividad.
- Diseñar un modelo matemático (ARIMA) para la precisión predictiva del producto P7-5 en el área de termoformado de POLICUBIERTAS S.A. para reducir los gastos operativos y mejorar el control de las existencias.
- Validar el modelo matemático mediante una simulación para verificar su impacto sobre la eficiencia.

### **1.3 Justificación**

Esta investigación tiende a ofrecer la estandarización de la producción ya que el problema de la planificación en el área de termoformado y falta de demanda diferenciada a lo largo de los años es relevante debido a las consecuencias negativas que puede generar en la economía. La sobreproducción conlleva a un exceso de inventario, pérdida de recursos y disminución de los precios, lo cual afecta la rentabilidad de los productores. Además, la falta de demanda diferenciada impide que se aprovechen oportunidades de mercado y se generen nuevos productos o servicios acorde a las necesidades cambiantes de los consumidores. Fue necesario abordar este problema para lograr un equilibrio entre la producción y la demanda, promoviendo así un desarrollo económico sostenible y eficiente.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

Mediante la revisión de diversas fuentes bibliográficas, se han encontrado los siguientes antecedentes directamente relacionados con el tema de estudio:

En su investigación, Maldonado & Campos (2010) propuso un “Plan maestro de producción para la fábrica Morcan en Valle de Colombia”, con el fin de remediar el descuido del tiempo, las cantidades de los pedidos, el inventario y los recursos. Su investigación condujo a la creación de un manual de funciones y procedimientos y a la identificación del excedente de mano de obra y creó un manual de funciones y procedimientos para mejorar la seguridad y la secuencia de procesos. Su plan incluye el estudio del estado actual del área y la identificación y solución de problemas.

Por otro lado, Bonilla & Morales (2018) en su trabajo de investigación “Propuesta del Plan Maestro de Producción en la fábrica Morcan en la ciudad de valle de Colombia”; diseño y aplico un plan maestro de producción porque el problema de la fábrica era que carecía de esta metodología, lo que dificultaba el enfoque de los recursos, inventarios, tiempos y cantidades ordenadas. El autor descubrió que la fábrica tenía tres colaboradores como consecuencia de su indagación, y descubrió que había un exceso de trabajadores para la producción. Para conseguir una secuencia de actividades, el autor de la tesis creó un manual de funciones y procedimientos que proporcionara un alto grado de seguridad.

Por otro lado, Ibarra Jenny (2022) a través del proyecto titulada “Diseño de un Plan Maestro de Producción en la empresa TECNIBISAGRAS” en el cual menciona que “Los consumidores esperan más prestaciones, más variedad y productos de mayor calidad.” es así como la autora busca que la eficiencia se en las necesidades del cliente para de esa manera

poder brindar un servicio de calidad. Es por ello por lo que se propuso en realizar un MPS desde la perspectiva de la demanda y la producción.

## **2.2 Direccionamiento estratégico de la empresa**

### **2.2.1 Reseña de la empresa**

La empresa ecuatoriana Techos de Policarbonato POLICUBIERTAS S.A. tiene su sede principal en Quito. Se dedica a la venta al por mayor de diversos insumos para la construcción. El negocio se constituyó el 6 de agosto del 2018. Al momento cuenta con quince empleados. Techos de Policarbonato POLICUBIERTAS S.A. reportó un aumento del 41,5% en su utilidad neta en 2022 en sus datos financieros más recientes. Tenía un 76,81% de activos totales. El margen neto de Techos de Policarbonato POLICUBIERTAS S.A. creció un 1,63% en 2022.

### **2.2.2 Misión**

Al ofrecer tecnología, automatización y optimización de procesos en la fabricación de productos de alta calidad, queremos satisfacer las demandas y expectativas de nuestros clientes.

Nuestra plantilla está formada por profesionales que comparten nuestros valores, cuentan con una amplia experiencia y están plenamente dedicados a desarrollar sus competencias.

### **2.2.3 Visión**

Nuestro objetivo es convertirnos en un grupo industrial y de servicios de referencia en nuestro sector gracias a las alianzas, la total dedicación al cliente y la agilidad de los procesos.

Reforzar nuestro posicionamiento nacional, fomentar el desarrollo continuo y la diversificación de nuestros productos con la ayuda de nuestra estructura organizativa, y establecer una presencia significativa en el mercado mundial.

### **2.2.4 Datos generales de la empresa**

---

**Nombre de empresa:** Techos de Policarbonato Policubiertas S.A.

---

---

<b>Gerente General:</b>	Edison Fabricio Gallardo Castillo
<b>Ubicación:</b>	Casa Matriz Av. Galaxias Oe 13 - 89; Quito – Pichincha
<b>Teléfono:</b>	+593 - 0995411361
<b>Web:</b>	<a href="http://www.policubiertas.com.ec">http://www.policubiertas.com.ec</a>

---

### 2.2.5 Ubicación de la empresa

La empresa “POLICUBIERTAS S.A.”, su planta matriz se encuentra ubicada en la ciudad de Quito en la Avenida Galaxias OE13-89 sector de Sangolquí (ver figura 1).

**Figura 1.** Ubicación geográfica de Techos de Policarbonato Policubiertas S.A. en Quito.



*Nota.* Mapeo de la ubicación de la planta de producción Policubiertas S.A., en la ciudad de Quito, Tomado de Google Maps, 2024 (Captura de pantalla)

### 2.3 Software RStudio

RStudio es una de las aplicaciones interesantes y gratis de RStudio Inc. Aquel Software funciona “como un entorno de desarrollo integrado (IDE)” Softonic (2024).

RStudio facilita a los usuarios herramientas optimizadas para el lenguaje informático de R, permitiendo el desarrollo de scripts, la compilación de códigos, la elaboración de gráficos, así como la gestión de varios conjuntos de datos en un entorno potente.

Por lo tanto, el software RStudio ayuda a la optimización del espacio de trabajo al permitir almacenar y organizar datos proyectos. Sin embargo, Softonnic (2024) indica que “es importante conocer que el software no permite ejecutar sesiones simultaneas y puede experimentar bloqueos dependiendo la capacidad del equipo local o virtual.”

## **2.4 Series de tiempo**

Las series temporales es una serie de N observaciones de los datos que se pueden encontrar ordenadas y equidistantes cronológicamente sobre alguna característica. (Mauricio, 2007).

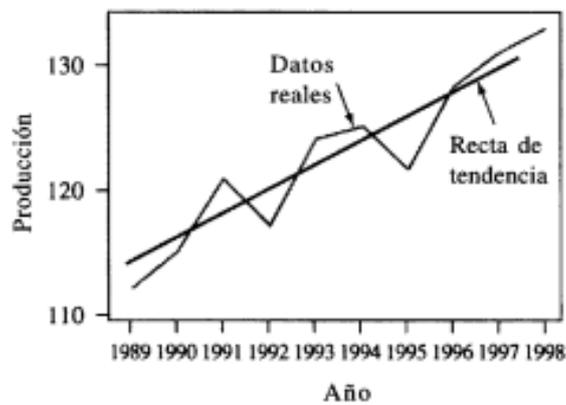
En consecuencia, las series temporales tienen dos finalidades principales. Uno de ellos es caracterizar los acontecimientos examinando el comportamiento de un conjunto de datos que se ha ido recopilando a lo largo del tiempo y evaluando sus partes constituyentes para ver si hay tendencias de crecimiento o decrecimiento, ocurrencias cíclicas, aleatorias o estacionales. El segundo uso consiste en hacer predicciones más o menos seguras sobre el futuro basándose en los patrones de los datos pasados.

Las series temporales no suelen comportarse como muestras aleatorias y deben analizarse mediante determinadas técnicas. Las observaciones de una serie temporal suelen estar conectadas (auto correlacionadas). Los patrones de variabilidad producidos por esta relación pueden utilizarse para predecir valores futuros y ayudar en la gestión de operaciones corporativas. (Hanke Wichern, 2010, . 165).

### **2.4.1 Tendencia**

El comportamiento a largo plazo de una variable durante un periodo prolongado se denomina tendencia, e indica si la serie temporal presenta una tendencia al alza o a la baja. como lo indica (Webster, 2000). La figura 2 lo ilustra, mostrando una tendencia al alza en relación con los datos reales.

**Figura 2.** Tendencia en una serie de tiempo



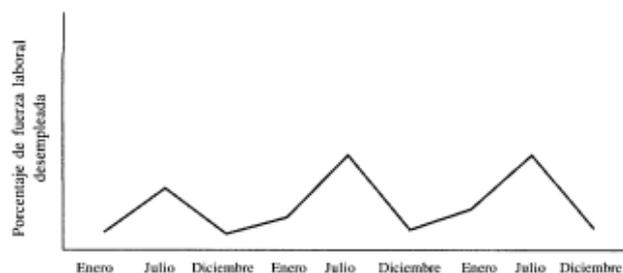
**Fuente:** 1 (Webster, 2000). “Estadística aplicada a los negocios y la economía”.

### 2.4.2 Estacionalidad

Se dice que una serie es estacional si presenta patrones recurrentes de cambio en periodos regulares. Dado que pueden cambiar en función del fenómeno estudiado y ser anuales, mensuales o quincenales, entre otras veces, es importante identificarlas.

Dado que la Figura 3 muestra repetidamente el punto más alto en los meses de enero a julio y una caída en los meses de julio a diciembre, repitiendo el patrón a lo largo de cinco años, proporciona una clara ilustración de una serie temporal con estacionalidad anual.

**Figura 3.** Variaciones estacionales de una serie de tiempo

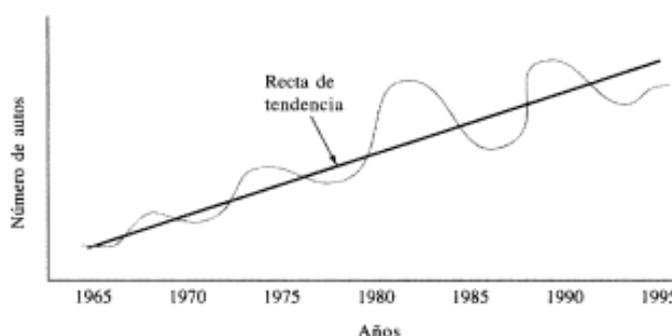


**Fuente: 2** (Webster, 2000).[Fotografía] “Estadística aplicada a los negocios y la economía”

### 2.4.3 Ciclicidad

Variabilidad en los ciclos Según Hanke y Wichern (2010, p. 166) “Es una fluctuación ondulatoria en torno a la tendencia, con subidas y bajadas sin un periodo fijo”. Estas variaciones son más largas que las estacionales y se componen de cuatro fases: 1) expansión, con alta actividad comercial y bajo desempleo; 2) pico, con máxima actividad económica; 3) contracción, con aumento del desempleo y disminución de la actividad; y 4) depresión, con mínima actividad (Webster, 2000). La figura 4 muestra este patrón ondulante en torno a la línea de tendencia.

**Figura 4.** Variaciones cíclicas de una serie de tiempo



**Fuente: 3.** Variación cíclicas [Fotografía], por Estadística aplicada a los negocios y la economía, 2000

### 2.4.4 Aleatoriedad

Según Webster (2000, p. 416), la irregularidad o aleatoriedad de una serie temporal “Son sucesos inusuales que producen movimientos sin un patrón discernible”. En otras palabras, son eventos únicos que no suceden de la misma forma que por lo general se los reemplaza o elimina ya que se consideran errores.

### 2.4.5 Autocorrelación

La memoria de la serie, o la influencia del pasado en el presente, se analiza comúnmente mediante la función de autocorrelación. Esta función, como se ha mencionado, es una de las

herramientas de diagnóstico más importantes en el enfoque del dominio del tiempo. (Gras, 2001)

La ecuación 1 se utiliza para calcular el coeficiente de autocorrelación, o  $r_k$ , que sirve para evaluar si una serie de datos está correlacionada. Determinar si una serie temporal incluye componentes de tendencia y estacionales es donde la autocorrelación en las series de datos es importante.

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad \text{Ec. 1}$$

En este caso,  $r_k$  es el coeficiente de autocorrelación para un desfase de  $k$  periodos,  $\bar{Y}$  es la media de la serie,  $Y_t$  representa las observaciones en el periodo  $t$ , y  $Y_{t-k}$  representa los datos en el periodo  $k$  antes o durante el periodo  $t-k$ .

“Si una serie muestra una tendencia, las observaciones sucesivas están muy correlacionadas y los coeficientes de autocorrelación serán significativamente diferentes de cero durante los primeros rezagos, disminuyendo gradualmente hacia cero”, afirman Hanke y Wichern (2010) en su interpretación del coeficiente de autocorrelación (p. 63). Por otra parte, los coeficientes de autocorrelación para cualquier retardo se aproximarán a 0 si la serie es aleatoria.

#### **2.4.6 Metodología ARIMA**

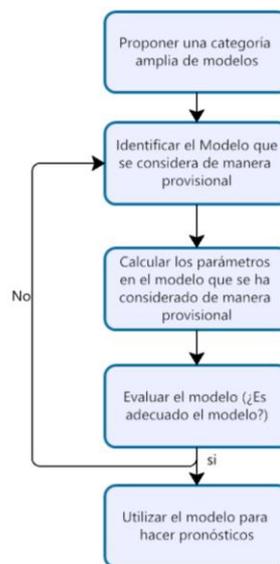
El modelo autorregresivo integrado de media móvil o también denominado ARIMA permite estimar los pronósticos de corto, mediano y largo plazo, a partir de patrones históricos de series de datos sujeto a limitaciones lineales específicas usando la información de la serie mediante la autocorrelación de los datos.

La metodología Box-Jenkins para previsiones “Difiere de otros métodos al no presuponer ni un solo modelo específico en la data histórica de la serie. Utiliza una orientación

repetida para identificar un modelo entre una clase general, evaluando su ajuste con los datos históricos” (Hanke & Wichern, 2010, . 399).

Si un modelo tiene residuos modestos, distribuidos aleatoriamente y poco informativos, se considera suficiente. Se prueba un nuevo modelo hasta identificar uno que funcione bien para la predicción si el primero no es adecuado. En la Figura 5 se muestra la evolución de un modelo ARIMA.

**Figura 5.** Diagrama de flujo para el desarrollo de un modelo ARIMA



**Fuente:** 4 [Diagrama de flujo], *Pronóstico de negocios, Hanke & Wichern (2010)*

**Elaborado por:** Autores 1

“La elección inicial de un modelo ARIMA se basa en analizar las autocorrelaciones para distintos retardos temporales y en observar un gráfico de la serie temporal para observar su carácter general». (Hanke & Wichern, 2010, p.400). Esto sirve de referencia para iniciar el proceso iterativo comparando las autocorrelaciones con los patrones de autocorrelación reconocidos de los modelos ARIMA particulares.

Los modelos para series no estacionarias se conocen como modelos autorregresivos integrados de promedio móvil, denotados como ARIMA (p, d, q). En esta notación, “p representa el orden de la parte autorregresiva, el orden de la parte de media móvil (q) y el

número de veces que se diferencia la serie (d). (Hanke & Wichern, 2010, p.408). La expresión general se expresa como:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_p \varepsilon_{t-p} \quad \text{Ec.2}$$

La variable dependiente en el tiempo se denota por  $Y_t$ , la variable de respuesta se denota por  $Y_{t-1}$ , los coeficientes autorregresivos del modelo se representan por  $\phi_i$ , el error en el tiempo  $t$  se representa por  $\varepsilon_t$ ,  $i$  periodos,  $\omega_i$  son los coeficientes de promedios móviles del modelo, y  $\varepsilon_{t-1}$  corresponde al error en el tiempo  $t - 1$ .

#### 2.4.6.1 Análisis de residuos

Antes de plantear el prototipo para realizar previsiones, es esencial comprobar si es idóneo, por lo que se deberá analizar los residuos, dado a que “Esencialmente, un modelo se considera aceptable si las proyecciones no pueden mejorarse utilizando los residuos. En otras palabras, los residuos tienen que ser arbitrarios.” (Hanke & Wichern, 2010, p.410).

Una forma común de comprobar la idoneidad del modelo es utilizando el método estadístico Q de Ljung-Box que es una prueba de distribución  $\chi^2$  (chi-cuadrada) donde  $r$  es el número de parámetros y  $m-r$  grados de libertad. Se encarga de evaluar los tamaños de las autocorrelaciones residuales en conjunto, por tanto, la ecuación a usar es:

$$Q = n(n + 2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2(e)}{n-k} \quad \text{Ec.3}$$

En la cual  $r_k^2(e)$  representa la autocorrelación de los residuos para el desfase  $k$ , donde  $n$  es el número de residuos,  $k$  es el desfase temporal, y  $m$  es el número de desfases que deben evaluarse.

Debe confirmarse que el valor de Q supera el valor de  $\chi^2$  que equivale a uno menos el valor de significación con  $m-r$  grados de libertad, para que el estadístico supere la condición de aceptación.

### 2.4.6.2 Pronostico con metodología ARIMA

Para el cálculo del pronóstico utilizando metodología ARIMA se debe emplear la ecuación 2, siendo  $t$  el lapso en el que se realizara la apreciación. Se podrá generar previsiones para uno o diversas fases futuras teniendo en cuenta que la incertidumbre crecerá conforme se extienda el pronóstico.

Los pronósticos ajustan el modelo según la variación del tiempo “Con datos nuevos se pueden recalcular los parámetros del modelo o, si es necesario, crear un modelo completamente nuevo” (Hanke & Wichern, 2010, p.411). En consecuencia, se aconseja investigar los errores de previsión y reevaluarlos si es necesario.

### 2.4.6.3 Intervalos de predicción

Los intervalos de predicción de un modelo ARIMA representan una estimación de los valores futuros, calculando con una probabilidad definida y apoyada en los datos observados previamente.

Calcular el primer intervalo de predicción es sencillo. Si  $\sigma$  la desviación típica de los residuos, entonces  $\hat{y}_{y_0+1|y_0} \pm 1,96\hat{\sigma}$  proporciona un intervalo de predicción del 95% viene dado por  $\hat{y}_{y_0+1|y_0} \pm 1,96\hat{\sigma}$  Este resultado es válido para todos los modelos ARIMA, independientemente de su ordenación y sus parámetros.

Intervalos de predicción multietapa ARIMA (o, o, q) Los modelos son relativamente fáciles de calcular. Podemos escribir el modelo como

$$y_a = m_i a + \sum_{i=1}^q \theta_i m_i a - i.$$

Luego, la varianza del pronóstico estimado se puede escribir como

$$\hat{\sigma}_{y_0} = \hat{\sigma}^2 \left[ 1 + \sum_{i=1}^{y_0-1} \hat{\theta}_i^2 \right], \text{ para } y_0 = 2, 3, \dots,$$

Donde  $\theta_i = 0$  para  $i > q$ , y un intervalo de predicción del 95% viene dado por

$$\hat{y}_{y_0+y_0|y_0} \pm 1,96\sqrt{\hat{\sigma}_{y_0}}$$

Los intervalos de predicción de los modelos ARIMA se basan en la idea de que los residuos son independientes entre sí y siguen una distribución normal. Si estas condiciones no se cumplen, los intervalos de predicción pueden resultar inexactos. Por ello, es esencial analizar el ACF e histograma de residuos para confirmar dichas condiciones previo al cálculo de los intervalos de pronóstico (Hyndman Athanasopoulos, 2018)

#### **2.4.6.4 Descomposición de aditivos de series temporales**

La descomposición aditiva de las series temporales es un método que indica que cada uno de los componentes están sumadas de forma que la serie  $Y_t$  es la suma del componente estacional reflejando los datos repetitivos dentro de un periodo fijo, del componente de tendencia, que representa el cambio a largo plazo en los respectivos datos y el componente residual o de ruido donde incluye las variaciones aleatorias.

$$Y_t = S_t + T_t + R_t$$

Donde:

$Y_t$ = Valor observado en el tiempo

$S_t$ = componente estacional

$T_t$ =componente tendencia

$R_t$ = componente residual o de ruido

(Barber, 2019)

## **2.5 Planificación de la producción**

Toma de decisiones de una cierta cantidad de un producto seleccionado. Dicho de otro modo, los niveles de producción previstos no son los adecuados cuando la demanda fluctúa. Por ello se debe determinarse un plan de producción para su respectiva verificación.

Según Salazar (2017) informa que la meta consiste en alinear la tasa de producción con la tasa de demanda, con el fin de manufacturar los productos en el momento preciso en que son requeridos.

Al igual la previsión, la planificación de la producción se lleva a cabo para varios horizontes temporales mediante un enfoque jerárquico. Es habitual la elaboración de tres planes con diferentes horizontes de tiempo, de manera secuencial.

La realización de planificación de la producción o también se da conocer como un plan maestro de producción puede ser un poco complicada ya que esta complejidad se ve afectada por varios elementos, entre ellos la cantidad de bienes, el comportamiento de la demanda y su incertidumbre, la extensión del horizonte temporal, las distintas metodologías para la fabricación del producto, la subcontratación, las horas extras y el nivel de inventario disponible.

### **2.5.1 Plan maestro de producción (MPS)**

En el MPS se da a conocer los puntos más detallados del proceso de fabricación con el fin de reestructurarlo y optimizarlo. Con el propósito de planificar actividades para diversas situaciones, el objetivo es “Identificar todos los subprocesos del proceso de generación de valor” (Maldonado & Morales, 2010, p.12).

“El objetivo de la planificación de la producción es aumentar su eficacia.” (Peña & Vidarte, 2016). Dicho de otro modo, la planificación de la producción es necesaria para garantizar que la empresa pueda producir de manera más eficiente. Al programar y coordinar adecuadamente todos los aspectos participar en el procedimiento productivo, como la asignación de recursos, la secuencia de operaciones y la gestión del tiempo, se busca optimizar la producción y minimizar el desperdicio. Esto no solo ayuda a reducir costos y aumentar la

productividad, sino que también permite cumplir con los plazos de entrega, mejorar la calidad de los productos y adaptarse de manera ágil a las fluctuaciones del mercado.

Por lo tanto, el MPS es donde se instauran cuáles son las cantidades específicas de productos a fabricar, los periodos de tiempo en el que se realizara la producción, los recursos necesarios como operarios, materia prima, maquinaria, entre otros). Y finalmente la fecha de entrega prevista para que de esa manera será el proceso eficiente.

## **2.5.2 Demanda**

El número total de pedidos realizados de un producto en un periodo de tiempo determinado representa la demanda del producto. Como ejemplo: en una tienda de ropa se vende camisetas azules durante un mes. Durante ese tiempo, 100 clientes diferentes realizan pedidos de camisetas azules en cantidades variadas, algunos piden una, otros dos o más. La demanda de camisetas azules en ese mes sería la suma de todas esas órdenes individuales, es decir, la cantidad total de camisetas blancas que todos los clientes desean comprar en ese periodo.

### **2.5.2.1 Tipos de demanda**

La demanda está dividida en tres tipos:

#### **Independiente**

- Influye solamente circunstancias del mercado
- Y finalmente pronosticada

#### **Dependiente**

- La demanda de otros artículos en stock determina la cantidad necesaria.

#### **Independiente - Dependiente**

- “En un mismo elemento pueden plantearse exigencias dependientes e independientes”. (Peña & Vidarte, 2016).
- Un elemento que se encuentra en uno o varios productos, pero que también se vende de forma individualizada.

### **2.5.2.2 Planificación de la demanda**

En este punto la planificación de la demanda implica realizar una sucesión de acciones para satisfacerla en los productos que la empresa produce, lo cual involucra considerar proyecciones de la demanda futura a través de la previsión de demanda “Esta capacidad aprueba que las empresas involucradas en una cadena de abastecimiento compartan previsiones de los pedidos, lo que a su vez aumenta la transparencia sobre las necesidades futuras” (Huigueros, 2023).

#### **2.5.2.2.1 Pronóstico de la demanda**

Las previsiones de demanda son proyecciones de valores futuros de las cantidades de un producto que la empresa espera adquirir en un plazo determinado.

Según (Huigueros, 2023) indica que hay diferentes maneras de hacer estas estimaciones: desde enfoques empíricos que equiparan la demanda con ventas de bienes comparables, a técnicas estadísticas más complejas como las series temporales o algoritmos más complejos como las extrapolaciones, cuyo objetivo es realizar estimaciones basadas en la tendencia y otras características de los datos. El procedimiento indicado es el objeto de la presente investigación.

### **2.5.3 Programación de la producción**

La programación de la producción es un elemento importante del plan maestro de producción ya que “busca identificar la mejor manera de agrupar y secuenciar las órdenes de

fabricación considerando las características específicas del producto, las capacidades de la línea de producción y los flujos de materiales” (Krajewsk 2008).

La programación de la producción puede gestionarse con programas informáticos especializados que disponen de interfaces gráficas de usuario que permiten supervisar en tiempo real las operaciones y sus variaciones. Sin embargo, para utilizarlos se necesita una licencia. Por consiguiente, se utilizará el software R para representar la modelización ARIMA mediante visuales en tiempo real y para representar de forma lógica y secuencial las etapas del proceso de fabricación.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGIA.

#### 3.1 Tipo de Investigación.

Las variables no se modificaron, por lo cual la investigación es un estudio no experimental. En su lugar, se trabajó directamente los datos proporcionados por la empresa, sin intervención ni alteración. Este enfoque permitió analizar y comprender la información tal como se presenta en su contexto original, brindando una visión fiel de la situación sin influencias externas deliberadas.

#### 3.2 Diseño de Investigación

En esta instancia, se llevó a cabo un estudio correlacional, puesto que se analizaron dos o más variables y se evaluó la relación estadística entre estas. El propósito de esta modalidad de investigación fue identificar, describir y anticipar relaciones entre las variables estudiadas.

#### 3.3 Técnicas de recolección de Datos

Para la recolección de la información se basó en una metodología mixta que combinó técnicas cualitativas y cuantitativas para obtener una visión integral de los factores que han impactado la productividad. Donde se recopilaron y examinaron registros pasados de la empresa, que incluyeron datos sobre producción y ventas los cuales son indicadores relevantes. El análisis se centró en entender la evolución de los datos a lo largo del tiempo e identificar patrones, tendencias o factores que influyeron en la productividad. Para lo cual se empleó el software R Studio el cual se encargó de procesar y analizar los datos, aplicando técnicas de minería de datos y modelos predictivos para descubrir patrones ocultos y proyectar pronósticos de la productividad futura.

La combinación de estos métodos permitió comprender los factores que determinan la productividad y desarrollar estrategias efectivas para mejorarla.

### **3.4 Población de estudio y tamaño de muestra**

La población investigada de este proyecto está constituida específicamente en el área de termoformado de la empresa POLICUBIERTAS S.A., ya que esta sección está directamente involucrada en el proceso de producción de las planchas P7-5 y es fundamental para el análisis de la productividad. El área de termoformado incluye todas las líneas de producción, empleados, y equipos que participan en esta etapa del proceso productivo, lo que nos permitió obtener una visión integral de su funcionamiento y eficiencia.

Para determinar el tamaño de la muestra, hemos decidido trabajar con datos históricos de producción y ventas de los últimos cinco años, comprendidos desde 2019 hasta 2023. Esta elección se basa en la disponibilidad y relevancia de los datos facilitados por la empresa, que nos proporcionan una base sólida y representativa para el análisis. Al considerar este periodo, aseguramos que las variaciones estacionales, las mejoras implementadas, y las tendencias a largo plazo sean tomadas en cuenta, lo que nos permite realizar un análisis más robusto y preciso. Durante el periodo entre 2019 y 2023, se ha mantenido una notable estabilidad en el proceso de fabricación de la plancha P7-5. A lo largo de estos años, no se han implementado cambios significativos que alteren las metodologías o técnicas empleadas en la producción. Por lo que se sugiere un enfoque consolidado en los procedimientos actuales, ya que podrá reflejar tanto la eficacia del proceso como la satisfacción con los resultados obtenidos.

El uso de datos históricos facilitó la identificación de patrones y tendencias en la productividad del área de termoformado, así como la evaluación del impacto de cualquier cambio o mejora implementada durante este periodo. De esta manera, se establecieron conclusiones y recomendaciones basadas en una muestra significativa y representativa del desempeño reciente de la empresa.

### **3.5 Hipótesis**

Mediante el desarrollo de un modelo predictivo ARIMA se puede mejorar la eficiencia del área de termoformado.

### **3.6 Métodos de análisis**

El presente estudio se trabajó con la modelación matemática ARIMA la cual consiste en procesos secuenciales los cuales son: recolección, organización, análisis y pronóstico.

Para la aplicación de esta metodología se utilizaron los registros mensuales de producción de los cinco años consecutivos que van desde el año 2019 hasta el año 2023.

La metodología empleada en este estudio se compuso de varios pasos secuenciales: la recolección y análisis datos además de la aplicación del modelo Box-Jenkins apropiado para la serie temporal, la selección del modelo ARIMA, evaluación del modelo, validación del modelo con el criterio de AIC para producción el modelo adecuado fue  $(3,1,0) (1,1,0)$  [12] y de ventas el modelo correcto fue  $(0,1,1) (0,1,1)$  [12]. El objetivo del modelado de cualquier serie temporal es poder prever su evolución a lo largo del tiempo .

### **3.7 Procesamiento de datos**

El presente estudio describe las cinco etapas desarrolladas en la investigación: revisión bibliográfica, recopilación o gestión de datos, análisis de datos, cálculo de proyecciones y análisis final.

#### **Etapa 1: Revisión literaria**

Para abordar las cuestiones estadísticas, se realizó una revisión de varios libros y artículos especializados en series temporales, econometría y previsión. Además, se revisaron textos sobre ingeniería de producción, operaciones y cadena de suministro para abordar los

conceptos y la terminología asociados a la previsión de la demanda en las empresas del sector industrial.

### **Etapa 2: Recolección de la información**

Se solicitó a la empresa POLICUBIERTAS S.A. estadísticas mensuales de producción que reflejen la demanda del producto para su comercialización a consumidores de todo el país entre enero de 2019 y diciembre de 2023.

### **Etapa 3: Análisis de información**

Se llevó a cabo un análisis exploratorio de los datos de pedidos mensuales para identificar las componentes presentes en las series de tiempo y evaluar la autocorrelación, preparando así la información para la aplicación la metodología ARIMA. Este proceso se realizó manipulando herramientas como Microsoft Excel y R Studio. Todos los análisis fueron realizados con el software RStudio (V2022.02.0+443; R Core Team 2022). A continuación, se presentan los paquetes utilizados:

```
# Librerías necesarias
# library(readxl)
# library(readxlsb)
# library(forecast)
# library(tseries)
# library(ggplot2)
# library(ggfortify)
# library(dplyr)
# library(tidyverse)
# Convertimos en serie de datos los datos
```

```
# VENTASMES.ts=ts(VENTASMES, start = c(2019,1), frequency = 12,  
end=c(2023,12))
```

```
# class(VENTASMES.ts)
```

```
# ggseasonplot(VENTASMES.ts,main="Ventas mensualizadas por año")
```

#### **Etapas 4: Estimación de proyecciones**

Utilizando el enfoque ARIMA, se creó un modelo de series temporales basado en los datos para predecir los pedidos en periodos posteriores. Un examen minucioso de los residuos permitió seleccionar el mejor modelo. Utilizando el criterio AIC de 490,3347 para la producción y 562,6592 para las ventas, se seleccionó el mejor modelo.

#### **Etapas 5: Análisis conclusivo**

Después de examinar la información y generar proyecciones, se preparó el análisis conclusivo que incluye el pronóstico de la planificación de la producción, plan maestro de la producción, conclusiones y recomendaciones definitivas.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Situación actual de la empresa

Esta investigación inició con un análisis del entorno de la empresa, con el objetivo de identificar los problemas y dificultades que enfrenta. Esto permitió desarrollar un estudio enfocado en sus necesidades específicas y proponer soluciones adecuadas.

El área de termoformado está conformada por 7 áreas distribuidas de la siguiente manera:

- **Área de acopio de materia prima:** esta área se encarga de recibir el transporte que descarga la materia prima como el policarbonato. Aquí se verifica la calidad de los materiales y de llevar un registro detallado del inventario asegurándose así de que los insumos lleguen en condiciones adecuadas para la producción.
- **Área de corte de materiales:** en esta área se encargan de preparar el policarbonato con las medidas requeridas para su diseño.
- **Área de moldeo:** se encarga de garantizar el correcto conformado del policarbonato, respetando las especificaciones técnicas.
- **Área de control de calidad:** esta área se encarga de que el producto final cumpla con las especificaciones en cuanto a resistencia y calidad visual. Además, se realiza pruebas complementarias y se documenta los resultados contribuyendo a mantener un registro claro del cumplimiento normativo.
- **Área de impresión y acabado:** esta área realiza la aplicación de logotipos o marcas en las planchas de policarbonato mediante maquinaria especializada además de realizar detalles finales para garantizar que los productos cumplan con las expectativas estéticas de los clientes.

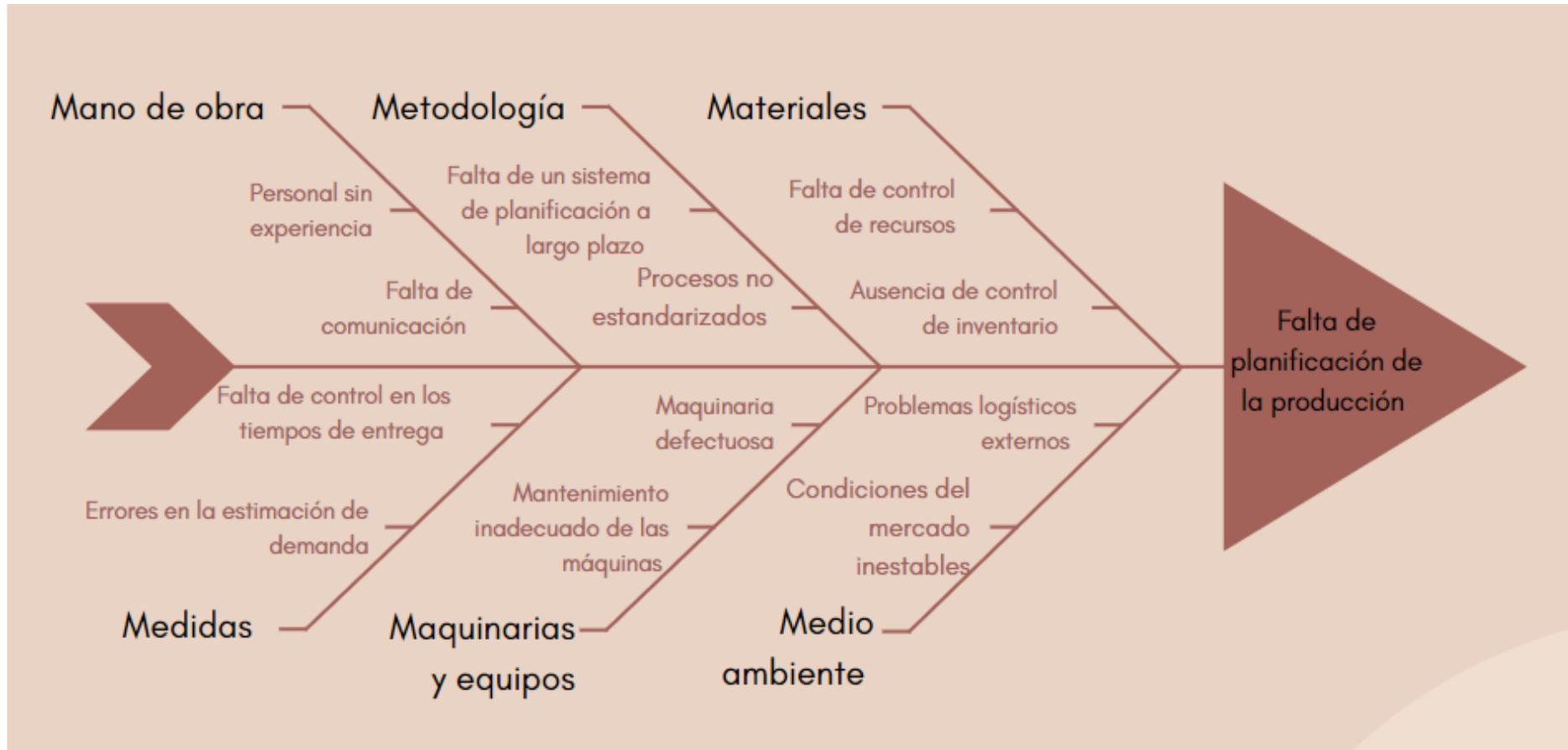
- **Área de empaque:** en esta área efectúan el embalaje adecuado de las planchas de policarbonato asegurándose que se protejan de daños durante el transporte.
- **Área de distribución:** en esta área se planifica y coordina los envíos a los clientes o puntos de venta, asegurando que los plazos de entrega se cumplan.

En la presente investigación se propone estudiar la problemática de la falta de planificación de la producción y proyección de la demanda en la empresa, ya que actualmente la metodología de trabajo no permite que su eficiencia y su productividad tengan un nivel óptimo.

Para verificar los problemas que acontecen a la empresa se recolectó datos e información que dan paso al Diagrama de Ishikawa conjuntamente del desarrollo de un árbol de problemas los cuales ayudaron a comprender los problemas de la empresa.

En la siguiente figura 6 se da a conocer el diagrama de Ishikawa para poder plantear las causas que provocan por falta de planificación de la producción, esto se llevó a cabo con la verificación del personal encargado del área de termoformado.

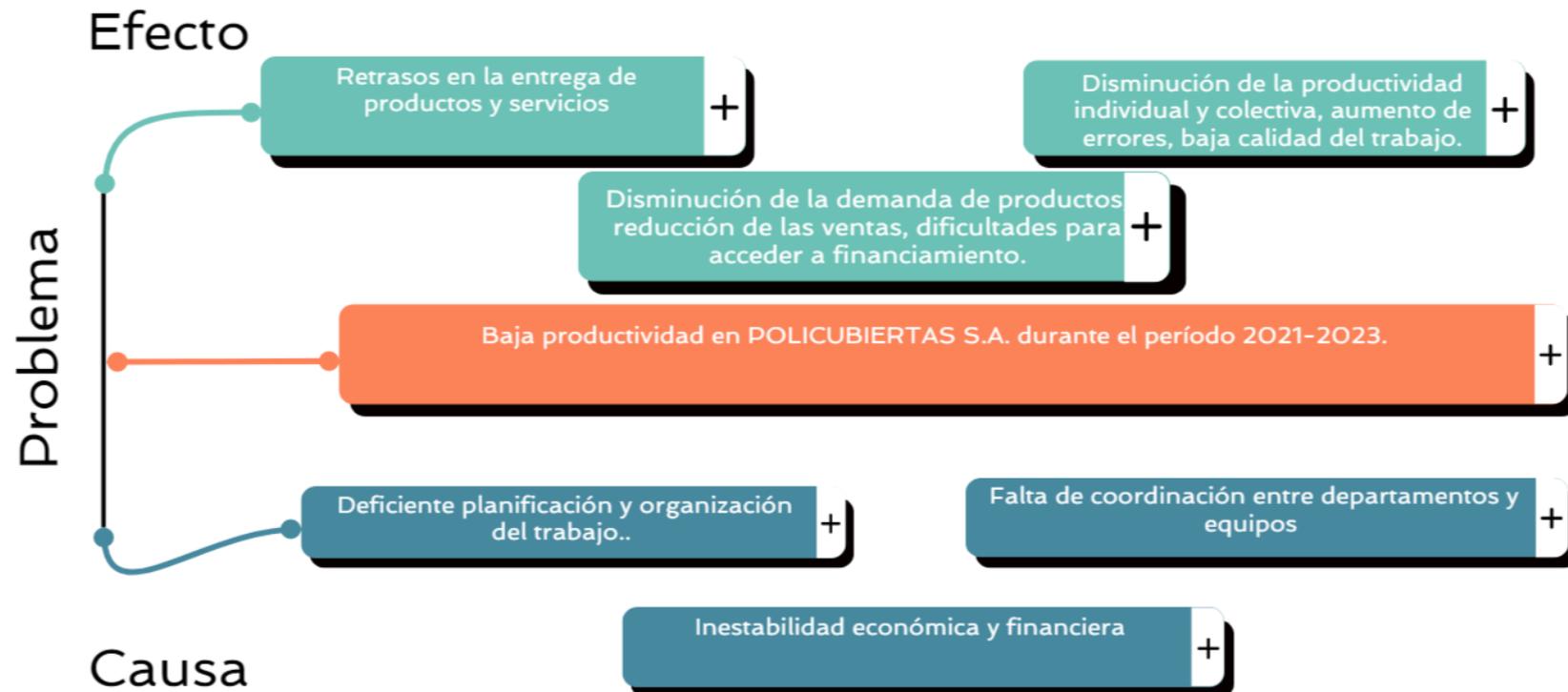
**Figura 6.** Diagrama de Ishikawa de la empresa Policubiertas S.A. del área de termoformado



**Fuente:** 5 Creación propia

Figura 7. Árbol de problema

# ÁRBOL DE PROBLEMA



Fuente: 6 Creación propia

Al realizar el árbol de problemas se ha identificado que la empresa POLICUBIERTAS S.A. tiene una deficiente planificación y organización, falta de coordinación entre departamentos y una inestabilidad económica. Por lo que aquellos factores generan retrasos en algunas entregas, disminuyen la calidad de los productos y reducen las ventas. Por lo cual, la empresa enfrenta dificultades financieras y una menor demanda de sus productos en los últimos 5 años.

En general, si estos problemas persisten y no se abordan adecuadamente, se generará una deficiencia en la producción de la empresa. Esta situación no solo afectará la cantidad de productos elaborados, sino que también repercutirá negativamente en el rendimiento general de la productividad. La falta de soluciones efectivas puede llevar a un estancamiento en el crecimiento y a una disminución en la competitividad en el mercado. Por lo tanto, fue fundamental identificar y resolver estos inconvenientes a la brevedad para asegurar un funcionamiento óptimo y mantener altos niveles de eficiencia en todas las áreas de la organización.

#### **4.1.1 Materiales y equipos utilizados en cada área de termoformado**

##### **1. Acopio de materia primo**

- Carretillas o transpaletas

Para trasladar cargas pesadas en el área de almacenamiento, se utiliza equipos específicos como montacargas o carretillas elevadoras. Estos instrumentos facilitan el manejo seguro y eficiente de los productos, optimizando el espacio y mejorando la productividad en las operaciones.

*Figura 8. Montacargas*



*Fuente: 7 <https://www.carretillasalmeria.es>*

## **2. Corte de materiales**

- Máquina de Corte CNC

Se emplea para realizar cortes precisos en cada plancha de policarbonato P7-5, asegurando así que todos los cortes sean uniformes y de alta calidad, lo que optimiza el uso del material.

*Figura 9 . Máquina de corte CNC para las planchas de policarbonato*



*Fuente: 8 <https://www.panelaragon.com/projects-archive/adquisicion-de-sierra-cn-para-corte-de-policarbonato/>*

### 3. Moldeo

- Prensa de moldeo

La prensa de moldeo sirve para conformar el policarbonato utilizando moldes específicos para cada plancha P7-5

**Figura 10.** *Prensa de molde*



**Fuente: 9** <https://es.made-in-china.com>

### 4. Control de calidad

- Durómetro

El durómetro es esencial ya que permite evaluar la dureza superficial del material del techo P7-5. Es importante ya que ayuda a determinar la resistencia y la durabilidad del techo ante impactos, rayaduras y otros factores externos que puedan afectar su desempeño a largo plazo.

**Figura 11.** *Durómetro superficies con sonda leeb*



**Fuente: 10** <https://electrificadoracapital.com/producto/durometro-superficies-con-sonda-leeb>

## 5. Impresión y acabado

- Impresora digital

La impresora digital en este proceso es importante ya que ayuda a personalizar las planchas con logotipos propios de la empresa y con acabados de alta calidad.

**Figura 12.** *Impresora digital*



**Fuente:** 11 <https://es.hxrollformer.com/product/maquina-para-hacer-tejas-de-metal/>

## 6. Empaque

- Film plástico estirable

El film es un material necesario en el proceso de fabricación y distribución de techos de policarbonato. Su función es proteger las láminas de policarbonato durante el traslado hasta su destino final.

**Figura 13.** Film plástico estirable



**Fuente:** 12 [https://es.made-in-china.com/co\\_qingyuanbz/product\\_Transparent-Film-Customized-Pallet-Stretch-Film-Plastic-Wrapping-Film\\_uoyuogyeyu.html](https://es.made-in-china.com/co_qingyuanbz/product_Transparent-Film-Customized-Pallet-Stretch-Film-Plastic-Wrapping-Film_uoyuogyeyu.html)

## 7. Distribución

- **Vehículos de Carga**

Para el transporte seguro de techos de policarbonato, se utilizan camiones o furgones especialmente equipados. Estos vehículos cuentan con sistemas de sujeción y protección para evitar daños en las láminas durante el traslado.

**Figura 14.** Transporte de carga de la empresa



**Fuente:** 13 Imagen obtenida por los autores

#### 4.1.2 Proceso de fabricación de Techos de Policarbonato Plancha P7-5

1. **Acopio de materia prima:** Se realiza un cuidadoso proceso de recepción y almacenamiento del policarbonato, así como de otros materiales esenciales necesarios para nuestras operaciones. Este procedimiento es fundamental para asegurar que todos los insumos son del mejor calibre y cumplen los requisitos necesarios.
2. **Corte de materiales:** Se lleva a cabo el corte del policarbonato en medidas específicas para las planchas P7-5, utilizando máquinas cortadoras de alta precisión. Este proceso es fundamental para garantizar que cada pieza cumpla con las dimensiones requeridas, lo que permite un uso eficiente del material y minimiza el desperdicio.
3. **Moldeo:** El proceso de conformación del policarbonato se realiza mediante moldes, aplicando calor y presión para obtener la forma adecuada. Esta técnica garantiza que el material cumpla con los estándares de diseño requeridos. Al manipular el policarbonato de esta manera, se logra una adaptación precisa a las especificaciones del proyecto.
4. **Control de calidad:** Se realiza una inspección exhaustiva de las planchas moldeadas para verificar su calidad y resistencia. Esto incluye pruebas de resistencia y revisiones visuales meticulosas, asegurando que cada plancha cumpla con los requisitos técnicos establecidos. El objetivo es garantizar la fiabilidad y durabilidad del producto final en su aplicación.
5. **Impresión y acabado:** Se procede a la aplicación de acabados en las planchas y, de ser necesario, se imprimen marcas o logotipos. Además, se implementan tratamientos superficiales que mejoran tanto la estética como la funcionalidad

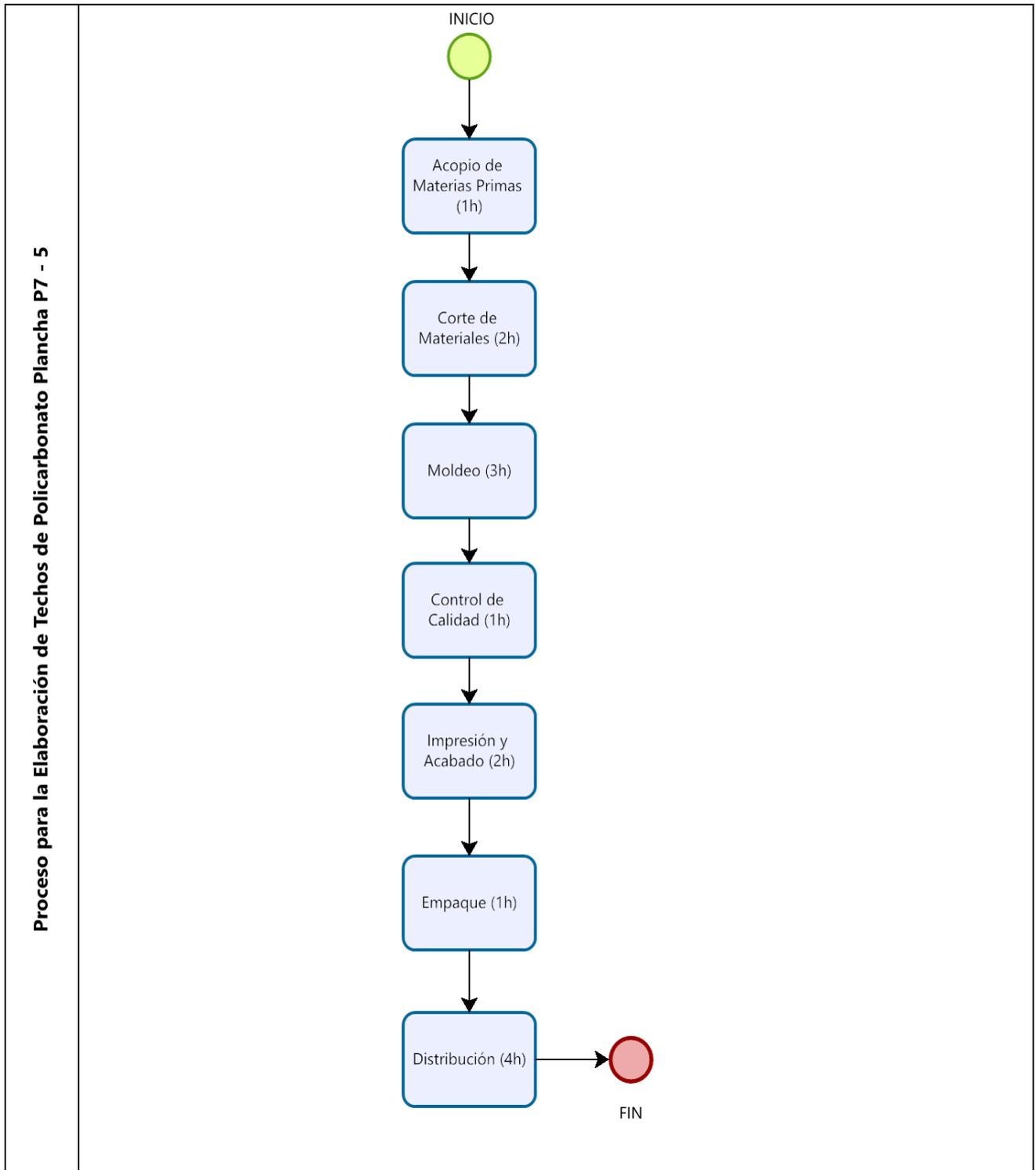
del producto, incluyendo la resistencia a los rayos UV, asegurando así su durabilidad y atractivo visual.

6. **Empaque:** Se realiza el embalaje de las planchas para su transporte y distribución, asegurando que lleguen en óptimas condiciones. Para ello, se utilizan materiales de empaque adecuados (film plástico estirable) que protegen las planchas de posibles daños durante el traslado. Este proceso es esencial para garantizar la integridad del producto hasta su destino final.
7. **Distribución:** Se coordina el envío de las planchas a los puntos de venta o directamente a los clientes. La logística se organiza cuidadosamente para garantizar una entrega eficiente y oportuna, asegurando que cada cliente reciba su producto en perfectas condiciones y dentro del tiempo estipulado.

#### **4.1.3 Flujograma**

A efectos de la investigación, hemos identificado el inicio del proceso, las actividades que representan una operación que crea una conexión o vínculo con otras, y el final del proceso. Esto se debe a que la creación del diagrama de flujo es la representación visual de los algoritmos del proceso ya que es esencial familiarizarnos con la elaboración de techos de policarbonato de la plancha P7-5 debido a que es uno de los productos más vendidos en la empresa además de ser el producto con el cual desarrollaremos el trabajo y su representación se puede visualizar en la ilustración 8 a continuación:

Figura 15. Diagrama de flujo de la elaboración de techos de policarbonato P7-5



Fuente: 14 Creación propia

#### 4.1.4 Análisis, interpretación y representación de resultados de producción y ventas de la empresa POLICUBIERTAS S.A.

Se ha recopilado los datos mensuales de de registros de fabricación del área de producción de termoformado de POLICUBIERTAS S.A., adquiriendo entre enero del 2019 a diciembre de 2023, como se exponen en las tablas siguientes.

**Tabla 1.** Datos de productividad desde el año 2019 hasta el año 2023

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Total, de producción mensual</b>
<b>2019</b>	Enero	1074
	Febrero	1122
	Marzo	1122
	Abril	1134
	Mayo	1098
	Junio	1104
	Julio	1134
	Agosto	1122
	Septiembre	1092
	Octubre	1080
	Noviembre	1122
	Diciembre	1068
<b>2020</b>	Enero	1056
	Febrero	1008
	Marzo	972
	Abril	1062
	Mayo	1068
	Junio	1014
	Julio	960
	Agosto	1104
	Septiembre	1110
	Octubre	1026
	Noviembre	1092
	Diciembre	1074

<b>2021</b>	Enero	1104
	Febrero	1086
	Marzo	1140
	Abril	1086
	Mayo	1080
	Junio	1140
	Julio	1104
	Agosto	1146
	Septiembre	1110
	Octubre	1092
	Noviembre	1098
	Diciembre	1128
<b>2022</b>	Enero	1116
	Febrero	1116
	Marzo	1086
	Abril	1062
	Mayo	1074
	Junio	1128
	Julio	1086
	Agosto	1098
	Septiembre	1122
	Octubre	1104
	Noviembre	1116
	Diciembre	1062
<b>2023</b>	Enero	1086
	Febrero	1098
	Marzo	1086
	Abril	1110
	Mayo	1110
	Junio	1110
	Julio	1110
	Agosto	1158
	Septiembre	1104

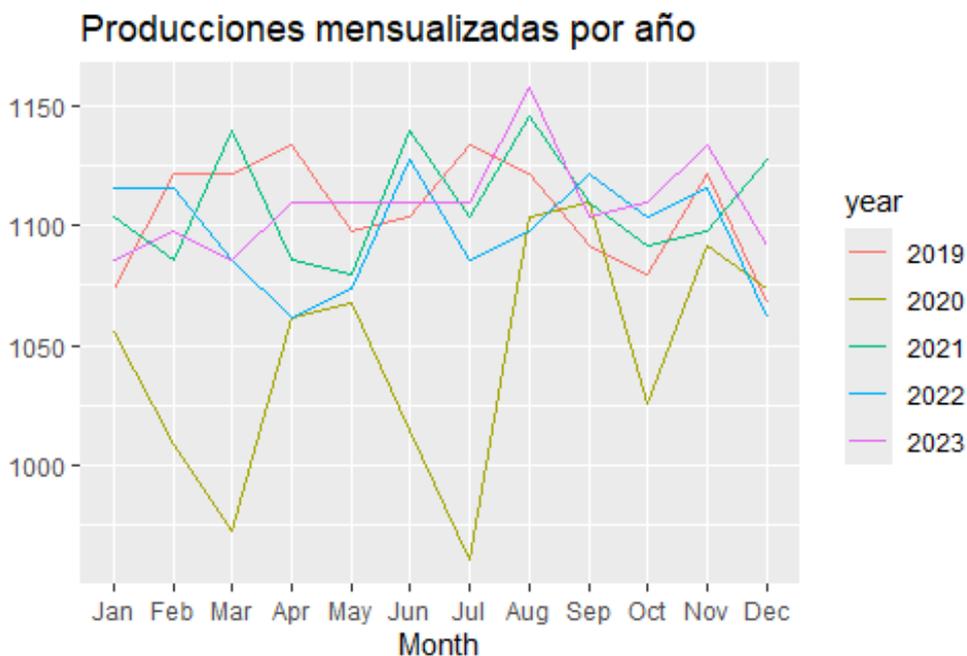
Octubre	1110
Noviembre	1134
Diciembre	1092

Anteriormente, se presentaron los datos históricos de producción correspondientes a los últimos cinco años, con el propósito de diagnosticar los niveles de producción.

#### 4.1.4.1 Análisis de datos de producción del área de termoformado de Policubiertas S.A.

En la figura 16 se visualiza el diagrama lineal que representa las producciones mensualizadas por año.

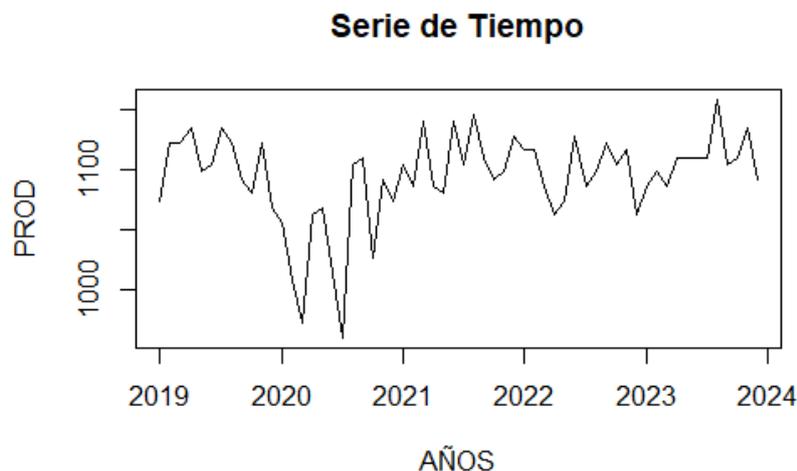
**Figura 16.** Análisis de datos iniciales



El diagrama conformado por el eje X representando los meses del año y el eje Y representando los valores de producción mensual incluye los datos de los cinco años: 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023 los cuales están diferenciados por colores. En el año 2019 (línea rosa) nos da a conocer una producción relativamente estable a lo largo del año con

fluctuaciones moderadas. El año 2021 (línea amarilla) se visualiza una caída pronunciada en los meses iniciales entre enero y abril, posiblemente reflejando un impacto externo como la pandemia, posteriormente la producción se recupera, pero con variaciones importantes. En el año 2021 (línea verde) se visualiza estabilidad en comparación al año anterior, aunque posee algunas caídas leves en ciertos meses de octubre. En el año 2022 (línea azul) exhibe oscilaciones, pero la producción tiende a mantenerse a niveles más altos, especialmente entre mayo y octubre. En el año 2023 (línea morada) presenta un rendimiento superior durante la mayor parte del año, aunque con un descenso en noviembre. Finalmente se puede mencionar que las tendencias sugieren cierta estacionalidad y mejoras progresivas en la producción, destacándose el año 2022 y 2023 por su estabilidad relativa y niveles elevados.

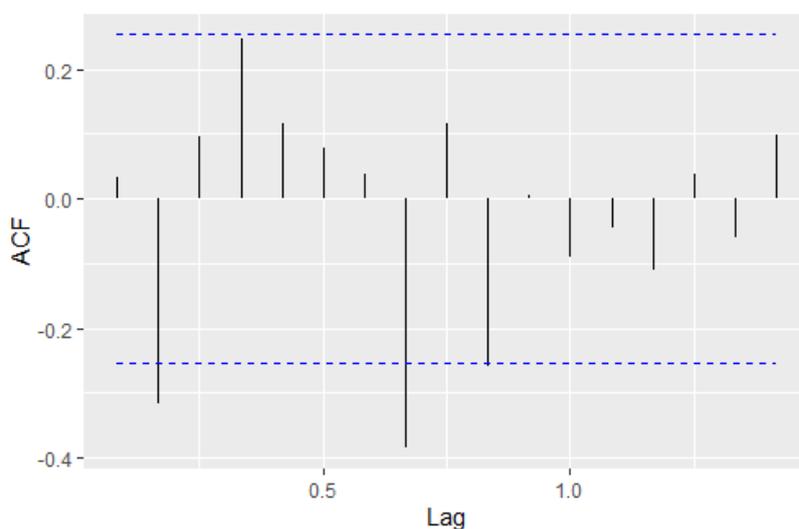
**Figura 17.** Creación de una serie temporal a partir de los datos originales de *Producción (PROD)*



La figura 17 se muestra una serie temporal que ilustra la evolución de la producción (PROD) desde el año 2019 hasta finales del 2023. Al analizar el gráfico se visualiza a lo largo del periodo fluctuaciones significativas, sin una tendencia claramente creciente o decreciente a largo plazo. También se observan picos y caídas regulares lo que podría estar asociado con factores estacionales o externos. En la gráfica se visualiza variaciones notables como lo es el

año 2020 donde se distingue una caída abrupta en la producción, especialmente durante la primera parte del año, y luego un lento repunte durante el segundo semestre. En cambio, en los años 2021-2023 la producción parece estabilizarse, aunque persisten pequeñas oscilaciones, sin embargo, en este periodo los niveles de producción son más consistentes. Considerando a su vez que en el año 2023 hay un aumento hacia finales del año, seguido de una leve disminución al acercarse a 2024. Con respecto a su comportamiento cíclico se visualiza cierta estacionalidad con patrones de aumento y disminuciones regulares.

**Figura 18.** *Grafica de la función de Autocorrelación (ACF)*



En la gráfica 18 se visualiza la gráfica de autocorrelación (ACF) para una serie temporal donde el Eje x (Lag) dados en milisegundos (ms) indica los retrasos en la serie temporal y el Eje y (ACF) representa la correlación entre los valores de la serie temporal para cada retraso. Las líneas azules de la gráfica indican los límites de significancia estadística y las barras que caen fuera de estos límites (hacia arriba o hacia abajo) representa correlaciones significativas. Por lo tanto, al analizar el grafico hay correlaciones significativas en ciertos retrasos (lags) positivos lo que nos indica que la serie tiene patrones repetitivos o dependencias entre los puntos cercanos, sugiriéndonos que la serie puede tener una tendencia o estacionalidad con respecto a los datos de producción.

A continuación, se da a conocer los registros de ventas del área de termoformado de la empresa POLICUBIERTAS S.A. los cuales se obtuvo para el periodo comprendido entre enero de 2019 y diciembre de 2023, como se exponen en las tablas siguientes.

**Tabla 2.** Datos de ventas desde el año 2019 hasta el año 2023

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Total, de ventas mensuales</b>
<b>2019</b>	Enero	1076
	Febrero	1055
	Marzo	1071
	Abril	1164
	Mayo	1125
	Junio	1031
	Julio	1220
	Agosto	1093
	Septiembre	1035
	Octubre	1217
	Noviembre	1052
	Diciembre	1106
<b>2020</b>	Enero	1006
	Febrero	912
	Marzo	906
	Abril	933
	Mayo	972
	Junio	973
	Julio	921
	Agosto	997
	Septiembre	984
	Octubre	979
	Noviembre	1128
	Diciembre	1183
<b>2021</b>	Enero	1066
	Febrero	1092

---

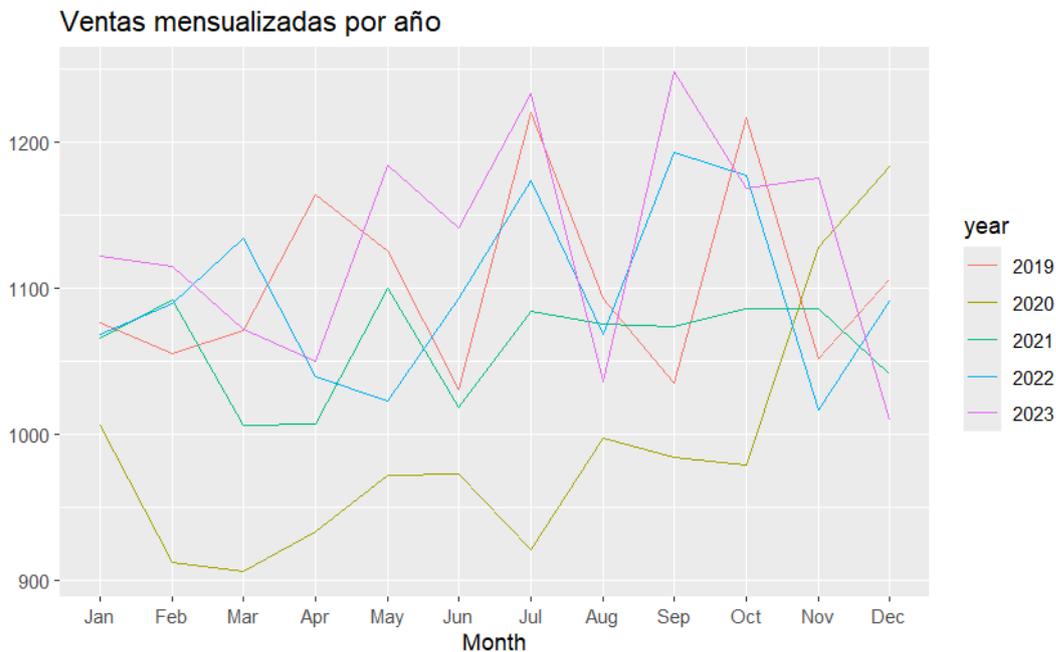
	Marzo	1006
	Abril	1007
	Mayo	1100
	Junio	1018
	Julio	1084
	Agosto	1075
	Septiembre	1074
	Octubre	1086
	Noviembre	1086
	Diciembre	1041
<b>2022</b>	Enero	1068
	Febrero	1089
	Marzo	1134
	Abril	1039
	Mayo	1023
	Junio	1093
	Julio	1174
	Agosto	1068
	Septiembre	1193
	Octubre	1177
	Noviembre	1017
	Diciembre	1091
<b>2023</b>	Enero	1122
	Febrero	1115
	Marzo	1072
	Abril	1050
	Mayo	1184
	Junio	1141
	Julio	1233
	Agosto	1036
	Septiembre	1248
	Octubre	1168
	Noviembre	1175

En la tabla 6 se representa todos los datos reales de ventas del techo P7-5 que fue adjudicado por la empresa. El análisis es fundamental para evaluar el desempeño comercial del producto en el mercado.

#### 4.1.4.2 Análisis de los datos de venta de la empresa Policubiertas S.A.

A continuación, se graficó cada uno de la información de ventas de los años (2021-2023)

**Figura 19.** Gráfica de datos iniciales de ventas

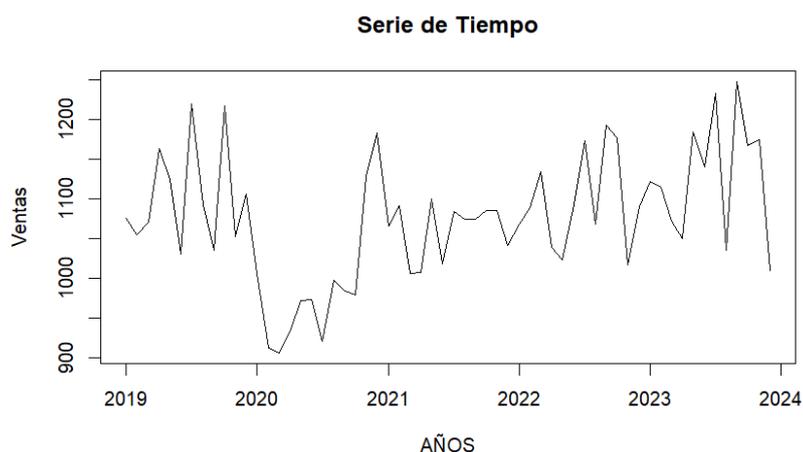


En la gráfica 19 se muestra un diagrama lineal de las ventas mensualizadas por año desde el 2019 al 2023, allí se muestra la comparación de los valores por mes a lo largo de los 5 años. Por lo que cada año tiene una identificación con los siguientes colores:

La línea roja corresponde al año 2019 donde se pudo observar que las ventas fluctúan, pero existe unos picos notables los meses de julio y octubre. Por otro lado, en el año 2020 representando con la línea amarilla se observa que es el año que tiene las ventas más bajas en comparación al resto de los años por la situación que estaba pasando en el mundo que fue el

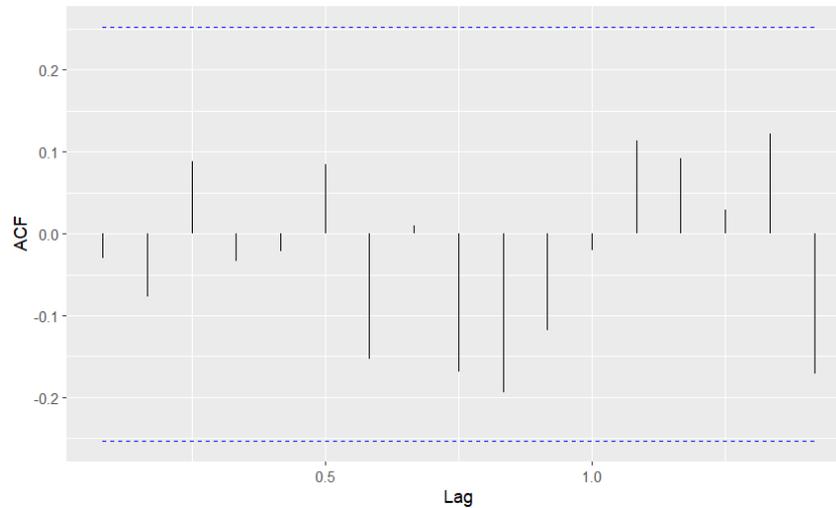
COVID-19 por lo tuvieron aquel resultado en las ventas de los techos P7-5. Sin embargo, se visualiza que desde el mes de septiembre existe un incremento de ventas favorables para la empresa. También se observa el año 2021 con la línea verde donde tiene menos variabilidad de esa manera mostrando un comportamiento estable a lo largo del año. Continuando, en el año 2022 representado con el color azul se visualiza fluctuaciones marcadas con caídas y subidas notorias durante el año. Finalmente, el año 2023 representada con la línea de color morada visualizando que tiene un inicio estable sin embargo en el mes de agosto existe una caída pronunciada de ventas bajas.

**Figura 20.** *Series temporales - Transformación de los datos iniciales de ventas*



En la siguiente figura 20 se visualiza una serie de tiempo que muestra las ventas de techos de policarbonato desde el año 2019 al 2023. Se interpreta que inicia el año 2019 con picos y caídas regulares, luego se observa una caída significativa en el año 2020 por factor significativo como la pandemia de COVID-19. A partir del año 2021, las ventas muestran mayor estabilidad de ventas alcanzando picos notables en 2023. Sin embargo, hacia finales de la serie parece tener una ligera caída.

**Figura 21.** *Grafica de autocorrelación (ACF)*



En la figura 21 se visualiza la autocorrelación de ventas donde en el eje X es el rezago o el número de periodos que se desplaza la serie de tiempo y en el eje Y es el coeficiente de autocorrelación y las líneas azules representa los límites de confianza. Por lo tanto, los coeficientes de autocorrelación están dentro de los intervalos de confianza, lo que sugiere que la serie temporal no presenta ninguna autocorrelación perceptible.

#### **4.2 Resultado y validación del modelo ARIMA**

Para la elaboración del segundo objetivo se ha realizado la programación de la modelación matemática ARIMA en el software RStudio para así poder obtener los pronósticos de producción para la empresa.

Como primer paso se validaron los datos mediante la siguiente configuración:

```
# validamos los datos
attach(REPORT)
class(REPORT)
plot(REPORT, main = "Gráfica Datos Iniciales", col.main = "black", xlab= "PROD")
hist(REPORT$PROD)
```

Donde la función **attach** permite acceder a los nombres de las variables (columnas), **class** para verificar el tipo de dato y el nombre al cual pertenece, **plot** genera gráficos con los

datos obtenidos y **hist** realiza un análisis exploratorio de los datos para comprender mejor la distribución entre los valores del conjunto de datos.

Luego se procedió a convertir los datos en serie de tiempo por ello se comenzó especificando desde que año inicia los datos a analizar y en que frecuencia esta dado en este caso comenzó en el año 2019 y termina en el año 2023 con una frecuencia mensual por lo tanto llamamos a las variables **ggseasonplot** que se encargó de generar un gráfico de tiempo de todos los años para analizar los datos, **print** que ayudo a mostrar los resultados, **theme** en cambio permitió modificar cualquier aspecto del tema actual del gráfico, **acf** esta función permitió calcular como se correlacionan dos variables separadas por K periodos.

```
REPORT.ts=ts(REPORT, start = c(2019,1), frequency = 12, end=c(2023,12))
class(REPORT.ts)
ggseasonplot(REPORT.ts,main="Producciones mensualizadas por año")

print(REPORT.ts)
plot(REPORT.ts, main = "Serie de Tiempo", xlab= "AÑOS")
autoplot(REPORT.ts, main = "Serie de Tiempo", xlab= "AÑOS", ylab= "PROD", ts.colour = "brown", ts.linetype = "dashed", size = 0.6)+
  theme_bw() +
  theme(panel.background = element_rect(color = 1,size = 1))

acf(REPORT.ts)
autoplot(acf(REPORT.ts), main = "Función de Autocorrelación ACF")+
  theme_bw() + |
  theme(panel.background = element_rect(color = 1,size = 1))
```

Un paso más que se siguió es el grafico para analizar el comportamiento de la serie donde se llama a las siguientes funciones:

- **ndiffs:** utilizada para determinar cuántas desviaciones iniciales son necesarias para que la serie temporal se considere no estacional.
- **nsdifs:** se encarga de estimar el número de diferencias estacionales necesarias.
- **diff:** calculo las diferencias entre cada componente y la anterior del vector argumento.
- **acf:** calculo y por defecto grafico las estimaciones de la función de auto covarianza o autocorrelación.

```

plot(decompose(REPORT.ts))

ndiffs(REPORT.ts)
nsdiffs(REPORT.ts)

diff(REPORT.ts)
plot(diff(REPORT.ts))
autoplot(diff(REPORT.ts), main = "Eliminación de Tendencia", xlab = "Años", ylab = "Tiempos de Buen Funcionamiento (PROD)", ts.colour = "black") +
  theme_bw() +
  theme(panel.background = element_rect(color = 1, size = 1))

autoplot(acf(diff(REPORT.ts), plot = FALSE)) +
  theme_bw() +
  theme(panel.background = element_rect(color = 1, size = 1))

```

Para continuar con la programación se aplicó la metodología ARIMA que se centra en la modelación y evaluación debido a que ya se analizó los datos con anterioridad por ende para este paso hemos llamado a las siguientes funciones:

- **adf:** determina si la serie es estacionaria utilizando la prueba Dickey-Fuller mejorada.
- **report.ts:** evaluó la serie original.
- **diff (diff (Report.ts)):** evalúa la segunda diferencia para detectar si la serie sigue siendo no estacionaria tras la primera diferencia con el propósito de determinar el grado de diferenciación (d).
- **auto. arima:** ayuda a seleccionar automáticamente el mejor modelo ARIMA para la serie temporal. Seleccionando automáticamente los valores óptimos para los parámetros del modelo ARIMA basándose en el criterio de información (AIC) con diferentes ordenes considerando la parte no estacional como la parte estacional. Se especifica: **d=1:** diferenciación estacional, **D=1:** requiere una diferenciación estacional para eliminar patrones cíclicos, **trace=TRUE:** muestra los modelos evaluados y respectivos criterios AIC durante la búsqueda y **start.q=2:** fija el valor inicial de q en el proceso de selección.
- **checkresiduals(mod\_aa3):** examina los residuos del modelo ajustado.
- **report:** se ajusta cinco modelos ARIMA diferentes a la serie temporal dentro del código.

- **forecast (mod\_aa3, h=12):** genera un pronóstico a 12 periodos futuros utilizando el modelo ajustado.
- **as.data.frame:** convierte el pronóstico en un marco de datos para facilitar su visualización o manipulación posteriores.
- **report:** el código ajusta cinco modelos ARIMA diferentes a la serie temporal.
- **order:** se encarga de especificar los parámetros (p, d, q) del modelo ARIMA.
- **seasonal:** define parámetros estacionales (P, D, Q) y el periodo en este caso 12 el cual corresponde a meses en un año.
- **AIC:** determina el criterio de información de Akaike de cada modelo; un número más bajo denota un mejor ajuste y un coeficiente de simplicidad.
- **BIC:** evalúa modelos más sofisticados que el AIC calculando el criterio de información Bayesiano.

```

adf.test(REPORT.ts)
adf.test(diff(REPORT.ts))
adf.test(diff(diff(REPORT.ts)))
mod_aa3<- auto.arima(REPORT.ts,d=1,D=1,trace=TRUE,start.q=2);checkresiduals(mod_aa3)
for1<-as.data.frame(forecast(mod_aa3,h=12))
view(for1)

arima1<- Arima(REPORT.ts, order=c(1,1,1), seasonal=list(order=c(0,1,1),period=12))
arima2<- Arima(REPORT.ts, order=c(1,1,2), seasonal=list(order=c(0,1,1),period=12))
arima3<- Arima(REPORT.ts, order=c(0,1,1), seasonal=list(order=c(0,1,1),period=12))
arima4<- Arima(REPORT.ts, order=c(2,1,1), seasonal=list(order=c(0,0,1),period=12))
arima5<- Arima(REPORT.ts, order=c(2,1,1), seasonal=list(order=c(1,0,1),period=12))

a1<-AIC(arima1,arima2,arima3,arima4,arima5)
a1<-as.data.frame(a1)
view(a1)
BIC(arima1,arima2,arima3,arima4,arima5)

```

En esta parte de la configuración del programa se realiza el análisis de autocorrelación residual y autocorrelación parcial mediante las funciones siguientes:

- **acf y pacf:** Determina los residuos de las funciones de autocorrelación (ACF) y de autocorrelación parcial (PACF) del modelo Arima1.

- **ggtsdiag:** proporciona graficas de diagnóstico del modelo ARIMA que incluyen residuos del modelo, ACF de los residuos e Histogramas de los residuos.

Test estadísticos:

- **Box-Pierce y Ljung-Box:** Evaluar la independencia de los residuales. Valores p altos sugieren que no hay autocorrelación significativa.
- **Jarque-Bera:** Evaluar la normalidad de los residuales del modelo arima2. Un valor p alto indica que los residuales siguen una distribución normal.
- **Shapiro-Wilk:** Evaluar la normalidad de los residuales del modelo arima1. Un valor p alto también indica normalidad.

```
autoplot(acf(arima1$residuals, plot = FALSE))
autoplot(pacf(arima1$residuals, plot = FALSE))
ggtsdiag(arima1)
bp <- Box.test(arima1$residuals) # Test de Box-Pierce
bp$p.value
lb <- Box.test(arima1$residuals, type="Ljung-Box") # Test de Ljung-Box
lb$p.value
jb <- jarque.bera.test(arima2$residuals) # Test de Jarque-Bera
jb$p.value

sht<-shapiro.test(arima1$residuals) $ # Test de shapiro-wilk
sht$p.value
auto.arima(REPORT.ts, stepwise = FALSE, approximation = FALSE)
forecast1<-forecast(arima3, level = c(95), h = 50)
autoplot(forecast1, main = "Pronóstico ARIMA (3,1,0) (1,1,0) [12]", xlab= "AÑO", ylab= "PROD", ts.colour = "black",
  theme_bw() +
  theme(panel.background = element_rect(color = 1,size = 1))]
```

Finalmente, para llegar a pronosticar hemos utilizado la función **forecast** la cual se encarga de generar pronósticos a 50 periodos futuros utilizando el modelo arima3 con un nivel de confianza del 95%, genera un gráfico de predicción basado en el análisis de los datos.

```
forecast1
forecast(arima3, level = c(95), h = 50)
plot(forecast(arima3, level = c(95), h = 50))
```

#### 4.2.1 Pronostico correspondientes a los datos de Producción mediante la modelación ARIMA

Para la elección del mejor pronóstico se evaluó los diferentes modelos de ARIMA considerando el valor del AIC (Criterio de Información Akaike) el cual evaluó la calidad del modelo sugiriendo utilizar el de menor valor tal como se visualiza en la tabla 3.

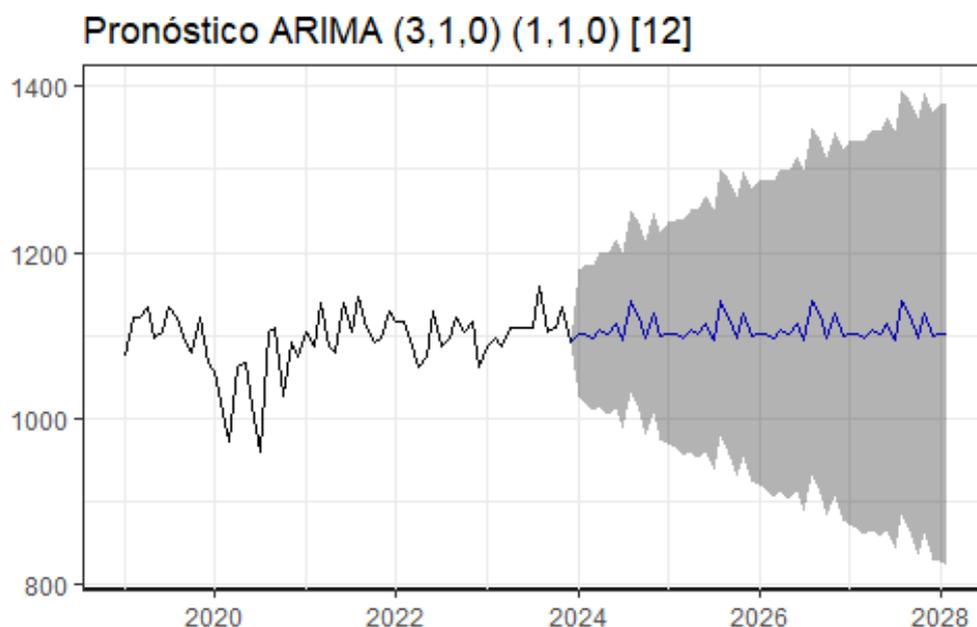
**Tabla 3.** Modelos ARIMA relacionados con la producción

Modelo	df	AIC
arima1	4	492.3347
arima2	5	490.3367
arima3	3	491.243
arima4	5	591.4329
arima5	6	593.2908

**Fuente 15:** Elaboración propia

En este caso se utilizó el modelo ARIMA (3,1,0) (1,1,0) [12] correspondiente al AIC de 490.3347, lo que lo convierte en el mejor modelo entre los listados ya que logra un buen equilibrio entre ajuste y simplicidad en comparación al resto de los modelos obteniendo así la gráfica del pronóstico como se visualiza en la figura 22

**Figura 22. Pronóstico de producción**



La grafica combina componentes autorregresivos, de integración y de promedio móvil para los datos estacionales con periodicidad de 12 meses. La serie histórica, representada por la línea negra, refleja fluctuaciones significativas desde el 2019 hasta finales del 2023. En cambio, la línea azul que representa el pronóstico que va a partir del 2024 hasta 2028 tiene áreas sombreadas en gris representa los intervalos de confianza del 95% para los pronósticos. Este intervalo muestra la incertidumbre asociada a las predicciones. Por lo cual analizando la gráfica podemos mencionar que esta tiene fluctuaciones y cierta estacionalidad, reflejando variaciones periódicas a lo largo del tiempo además se predice que la producción se mantendrá relativamente estable en el rango de 1000 a 1200 unidades aproximadamente ya que por las fluctuaciones se esperan cambios, pero estos no serán drásticos en la tendencia general de la producción.

#### 4.2.2 Pronostico correspondientes a los datos de Ventas mediante la modelación ARIMA

Para obtener el pronóstico de ventas se ha utilizado el modelo ARIMA (0,1,1) (0,1,1,)

[12] de acuerdo con el BIG Y AIC que se visualiza en la siguiente tabla 3.

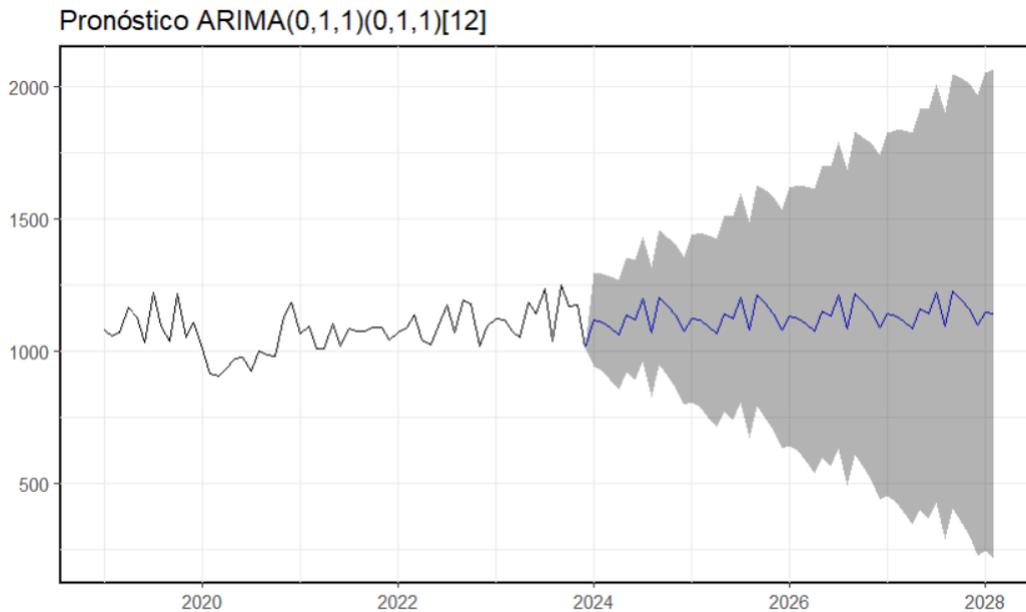
**Tabla 4.** modelos de ARIMA para ventas

Modelo	df	AIC
ARIMA1	4	564.5699
ARIMA2	5	566.3847
ARIMA3	3	562.6592
ARIMA4	5	684.4696
ARIMA5	6	686.4400

**Fuente: 15** Creación propia

Se seleccionó el modelo 3 de ARIMA dado que un valor menor un modelo adecuado, por lo cual el modelo 3 se define como (0,1,1) (0,1,1,) [12]. Esta selección se basa en criterios de ajustes que favorecen la simplicidad y la capacidad predictiva del modelo en comparación al resto de los modelos.

**Figura 23. Pronóstico de ventas**



En la representación figura 23, la línea negra refleja los datos históricos de ventas desde el año 2019 hasta principios de 2024, mostrando una variación estacional a lo largo de los años. Por otro lado, la línea azul indica el pronóstico de ventas desde alrededor de 2024 hasta 2028, generado mediante el modelo ARIMA y también exhibiendo un patrón estacional. El área gris sombreada alrededor del pronóstico representa el intervalo de confianza del modelo, indicando la probabilidad (generalmente del 95%) de que las ventas reales se sitúen dentro de ese rango. Por lo cual, el gráfico nos dio una visión general de la evaluación futura esperada de la serie de tiempo teniendo en cuenta la tendencia general y la posible estacionalidad.

### **4.3 Resultados del tercer objetivo**

#### **4.3.1 Demanda**

##### **4.3.1.1 Pronóstico de la demanda**

Los datos proporcionados por el personal administrativo, basada en el registro de la productividad y ventas del área de termoformado, se utiliza para estimar el pronóstico de la demanda para los próximos años, como se presenta a continuación.

**Tabla 5. Pronóstico de la demanda - producción**

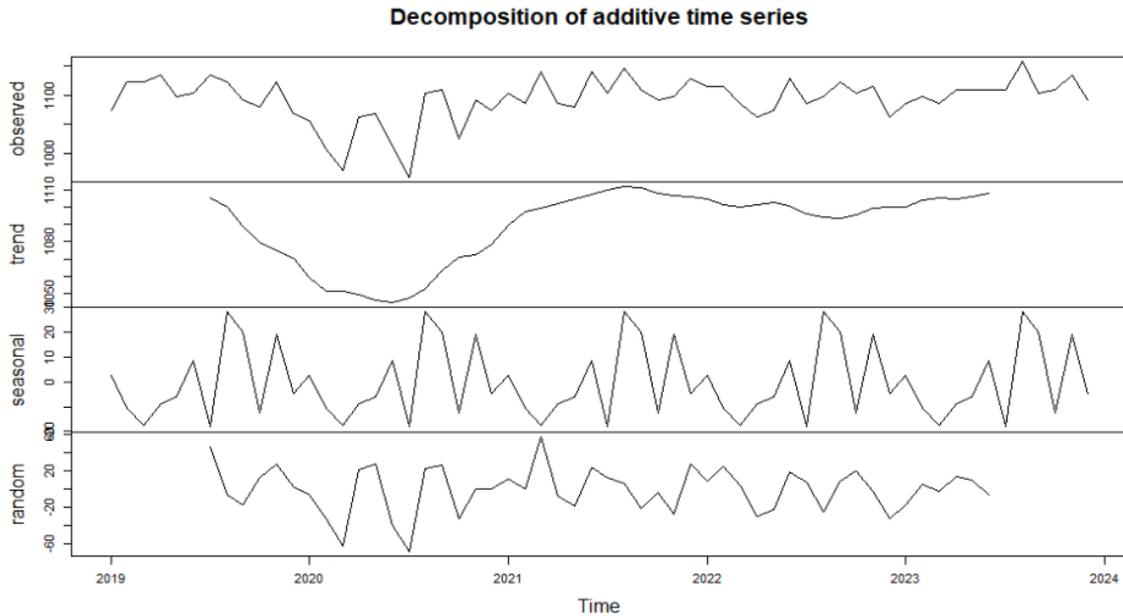
Año	Mes	Pronostico Punto	Límite Inferior	Limite Superior
		Central	95%	95%
2024	Ene	1101	1025	1178
	Feb	1102	1016	1187
	Mar	1097	1007	1187
	Abr	1107	1012	1201
	May	1102	1003	1200
	Jun	1115	1013	1217
	Jul	1095	989	1201
	Ago	1141	1032	1251
	Sep	1123	1010	1237
	Oct	1098	982	1215
	Nov	1128	1008	1248
	Dic	1100	977	1223
2025	Ene	1103	973	1234
	Feb	1102	968	1237
	Mar	1098	959	1236
	Abr	1107	965	1250
	May	1102	957	1248
	Jun	1116	966	1265
	Jul	1095	942	1248
	Ago	1142	986	1298
	Sep	1124	965	1283
	Oct	1099	936	1261
	Nov	1129	963	1294
	Dic	1100	931	1269
2026	Ene	1104	928	1280
	Feb	1103	923	1283
	Mar	1098	915	1282
	Abr	1108	921	1295
	May	1103	912	1294
	Jun	1116	922	1310
	Jul	1096	899	1293

	Ago	1143	942	1343
	Sep	1125	921	1328
	Oct	1099	893	1306
	Nov	1129	920	1339
	Dic	1101	888	1314
2027	Ene	1105	885	1325
	Feb	1104	880	1327
	Mar	1099	872	1326
	Abr	1108	878	1339
	May	1104	870	1338
	Jun	1117	880	1354
	Jul	1096	856	1337
	Ago	1143	900	1387
	Sep	1125	878	1372
	Oct	1100	850	1350
	Nov	1130	877	1383
	Dic	1101	845	1358
2028	Ene	1105	842	13668
	Feb	1104	837	1371

---

### 4.3.1.2 Tendencia de techos

*Figura 24. Descomposición de series temporales aditivas*



En la figura 24 se visualiza la gráfica de descomposición de una serie temporal aditiva, dividiéndose sus componentes en observada, tendencia, estacionalidad y residual.

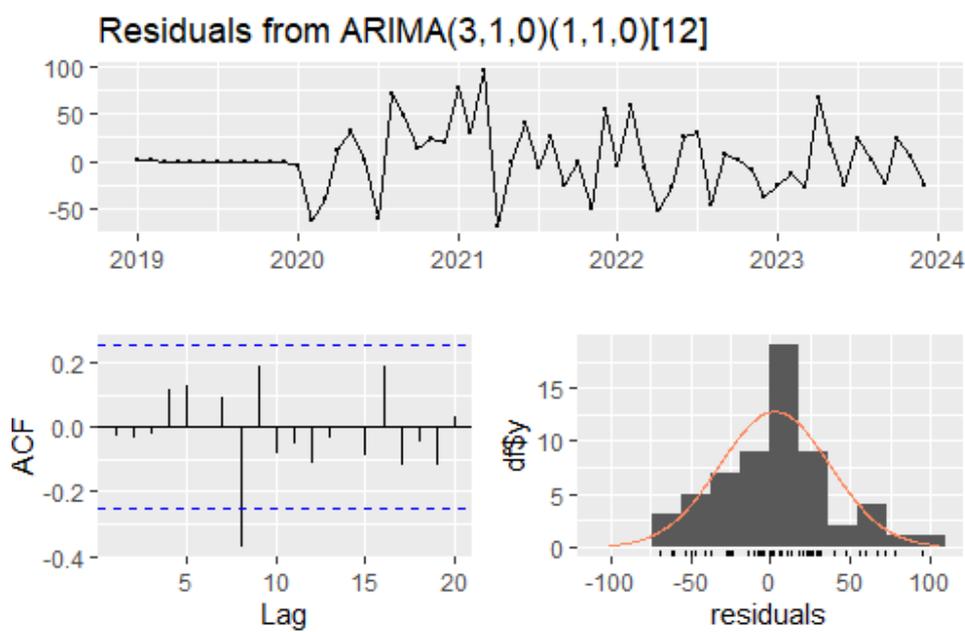
**Serie observada (observed):** representa la primera sección, muestra la serie original tal como se observa a lo largo del tiempo (2019-2024). Donde se visualiza cierta estabilidad con variaciones estacionales y una tendencia a mediano plazo.

**Tendencia (trend):** representa la segunda sección la cual refleja cambios a largo plazo observándose una disminución durante el año 2020, seguida de una recuperación y un ligero aumento hacia 2023.

**Estacionalidad (seasonal):** representa la tercera sección dándonos a conocer variaciones periódicas repetitivas, con un comportamiento cíclico constante a lo largo de los años. La amplitud de la estacionalidad parece estable, lo que nos indica que su contribución al comportamiento general de la serie es regular.

**Componente residual (random):** representa la cuarta sección donde se visualiza cierta aleatoriedad, pero con amplitudes que no parecen ser muy grandes en relación con la serie completa, indicando que el modelo de descomposición capta bien las componentes principales.

*Figura 25. Análisis de residuos de la demanda*



En la Figura 25 se muestran tres gráficos que ayudan a evaluar la calidad del ajuste del modelo de datos de producción, teniendo en cuenta la serie temporal de los residuos, la función de autocorrelación (ACF) y el histograma de residuos.

➤ Serie temporal de los residuos

Este gráfico muestra la evolución de los residuos en el tiempo. Los valores de los residuos oscilan alrededor de 0, lo que es un buen indicativo de que el modelo ARIMA está capturando bien la conducta de la serie temporal.

➤ Autocorrelación de los residuos

Este gráfico muestra la función de correlación de los residuos, con los valores en función del desfase (lag). La mayoría de los valores están dentro de las líneas azules consideradas intervalos de confianza, lo que sugiere que los residuos son esencialmente no correlacionados.

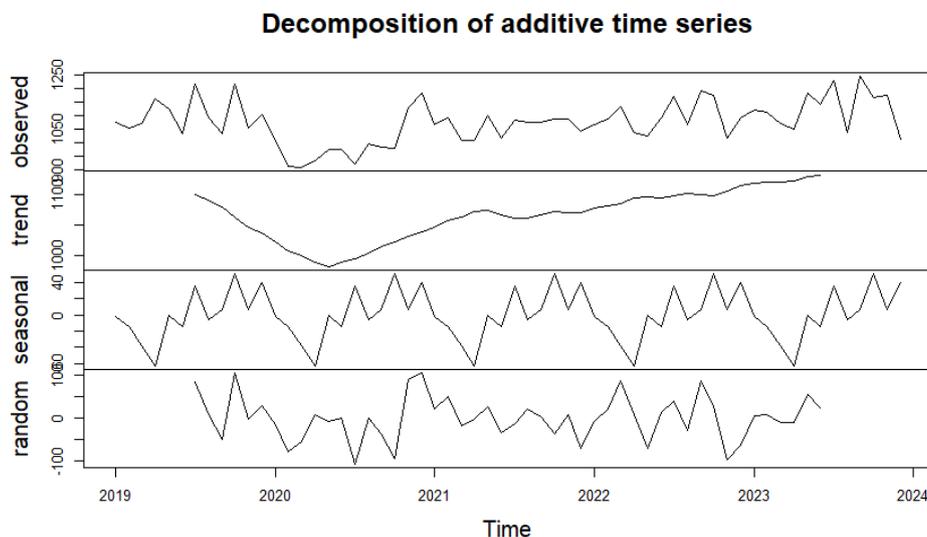
➤ Histograma de los residuos

El histograma posee una curva de densidad ajustada (línea roja). Los residuos parecen aproximarse a una distribución normal, con simetría alrededor de 0. Sin embargo, la cola derecha parece ser más alargada que la izquierda, lo que podría indicar cierta asimetría o la presencia de valores extremos.

En resumen, la figura 25 nos da a conocer que el modelo ARIMA (3, 1, 0) (1, 1, 0) [12] indica un ajuste adecuado de los datos, con residuos que oscilan alrededor de 0 y que su distribución de los residuos es cercana a la normalidad.

A continuación, se muestra la descomposición aditiva de la serie temporal la cual tiene como objetivo separar la serie original en tres componentes fundamentales para analizar y comprender mejor los patrones subyacentes de los datos.

**Figura 26.** *Serie temporal de aditivos de descomposición de ventas*



La gráfica 26 muestra la descomposición de una serie temporal aditiva en sus componentes: observada, tendencia, estacional y aleatoria (residual).

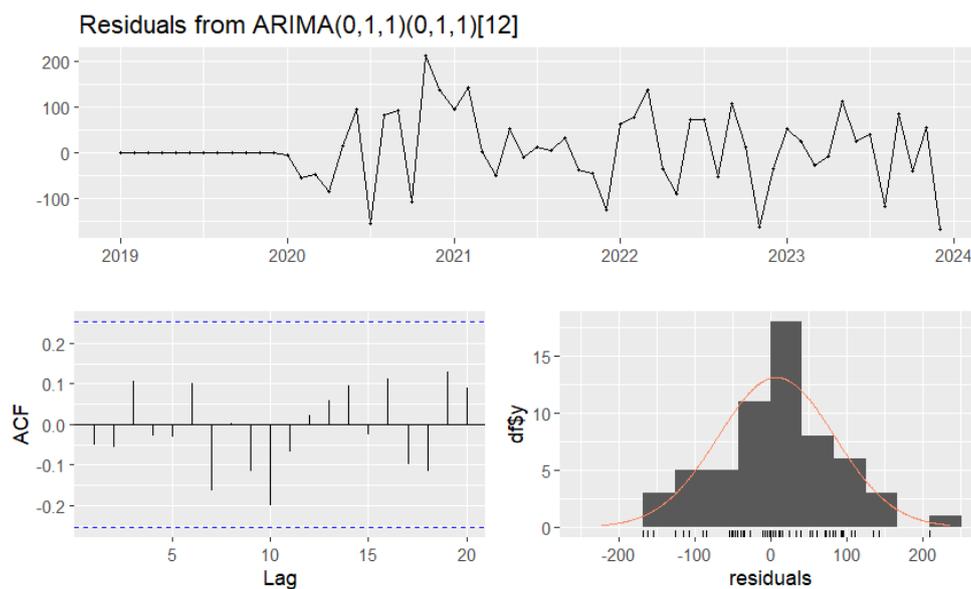
**Observada:** Esta es la línea que muestra las ventas reales de techos de policarbonato a lo largo del tiempo y sirve como fundamento para descomponerla en sus componentes (tendencia, estacionalidad y ruido) es decir es la suma de los tres componentes.

**Tendencia:** La tendencia es ascendente, lo que sugiere que las ventas de techos de policarbonato han registrado un aumento constante a lo largo del período analizado sin tomar en cuenta el año 2020.

**Estacional:** La estacionalidad es clara, ya que muestra patrones repetitivos que ocurren en intervalo regular. Entonces, en la gráfica existe un patrón estacional que influye en los valores de la serie.

**Aleatoria:** existe una variabilidad aleatoria presente, lo que indica que hay factores no modelados que afectan a los valores de la serie.

**Figura 27.** Análisis de residuos



En la gráfica 27 se visualiza 3 graficas que representan los residuales, ACF (función de autocorrelación) y un histograma donde fue ocupado el modelo (0,1,1) (0,1,1) [12]

➤ Gráfico de los residuales en el tiempo

Aquel grafico nos permitió visualizar si los residuos se distribuyen aleatoriamente alrededor de cero.

➤ Función de autocorrelación (ACF)

➤ Histograma de los residuos

Los valores fuera de la línea azul punteada indica que las correlaciones en esos lags son estadísticamente significativas, lo que sugiere que hay una dependencia temporal en las ventas a lo largo del tiempo. También se muestra que algunos lags tienen barras que sobrepasan la línea azul punteada lo que se da a conocer es que existe una autocorrelación significativa en esos puntos.

Por otro lado, el patrón de ACF da a conocer que las autocorrelaciones disminuyen rápidamente y algunas se mantienen cerca de cero, lo que podría indicar que la serie temporal es en gran medida estacionaria, aunque presenta algunas dependencias a corto plazo.

**NOTA:** La consideración de los datos de venta en nuestra empresa implica un análisis detallado de la demanda, que abarca no solo las unidades producidas en la semana actual, sino también el stock acumulado de semanas anteriores. Es importante señalar que los datos de venta y producción no son equivalentes, ya que las cifras de venta reflejan tanto los productos nuevos como aquellos que permanecen en el inventario desde períodos previos.

Esto significa que un producto no vendido en una semana puede influir en el stock disponible para la semana siguiente, afectando así las cifras reportadas. Por lo tanto, es esencial reconocer que esta variabilidad en el stock impacta tanto en las ventas como en la producción.

#### **4.3.2 Plan Agregado**

Para elaborar el plan global se utilizó la técnica de planificación por niveles, también denominada fuerza constante. Teniendo en cuenta la demanda prevista y el estudio de la capacidad de producción, se empleó el siguiente método de fuerza constante para crear el plan global. En la elaboración del plan global de producción se tendrán en cuenta los datos facilitados por el personal pertinente de la entidad.

**Tabla 6.** Datos de fabricación de techos P7-5

<b>DATOS</b>		
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO	3	Diario
OPERARIOS ACTUALES INICIALES	15	Trabajadores
COSTO DIARIO POR JORNADA	40	Diario
COSTO POR CONTRATAR UN OPERARIO	460	Empleado
COSTO POR DESPEDIR UN OPERARIO	575	Empleado
COSTO POR ALMACENAR	8	Unidad
COSTO POR FALTANTE	3	Unidad
INVENTARIO INICIAL	20	Unidad
HORAS POR JORNADA DE TRABAJO	8	Horas

**Fuente 16** :Elaboración propia

**Tabla 7.** Plan agregado de la producción de techos de policarbonato

<b>PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN DE TECHOS DE POLICARBONATO</b>							
<b>PARAMETROS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>TOTAL</b>
DIAS LABORALES	23	20	23	21	22	21	130
DEMANDA	1101	1102	1097	1107	1102	1115	6624
UNIDADES POR OPERARIO	69	60	69	63	66	63	390
OPERARIOS REQUERIDOS	17	17	17	17	17	17	17
OPERARIOS ACTUALES	15	17	17	17	17	17	
OPERARIOS CONTRATADOS	2	0	0	0	0	0	2
OPERARIOS DESPEDIDOS	0	0	0	0	0	0	0
OPERARIOS UTILIZADOS	17	17	17	17	17	17	17
UNIDADES PRODUCIDAS	1173	1020	1173	1071	1122	1071	6630
UNIDADES DISPONIBLES	1239	1158	1229	1203	1218	1187	7234
INVENTARIO	138	56	132	96	116	72	610
UNIDADES FALTANTES	0	0	0	0	0	0	0
<b>COSTOS DE PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN</b>							
POR CONTRATAR	920	0	0	0	0	0	920
POR DESPEDIR	0	0	0	0	0	0	0
POR MANO DE OBRA	15640	13600	15640	14280	14960	14280	74120
POR DE ALMACENAR	1104	448	1056	768	928	576	4304
POR FALTANTES	0	0	0	0	0	0	0
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>17664</b>	<b>14048</b>	<b>16696</b>	<b>15048</b>	<b>15888</b>	<b>14856</b>	<b>79344</b>

**Fuente:** 17 Elaboración propia

### 4.3.3 Capacidad de la planta

#### 4.3.3.1 Capacidad de producción

**Tabla 8 . Capacidad Instalada**

**Capacidad Instalada**

(Días de trabajo x horas turno x Numero de operarios x 60 minutos) x numero de turnos (1)

Días/T	hr/Turno	Ope-MOD	Min/hr	Turnos	USP/min	Minutos	Unidades	Unid/Dia
24	8	15	60	3	16.5	518400	31418	1309

**Capacidad Teórica**

(Días de trabajo x horas turno x Numero de operarios x 60 minutos) x numero de turnos (=2)

Capacidad Instalada								
Días/T	hr/Turno	Ope-MOD	Min/hr	Turnos	USP/min	Minutos	Unidades	Unid/Dia
24	8	15	60	1	16.5	172800	10473	436

**Capacidad Real**

(Días de trabajo x horas turno x Numero de operarios x60 minutos x Turnos)-(minausent+min improductivos)

Capacidad Instalada								
Días/T	hr/Turno	Ope-MOD	Min/hr	Turnos	USP/min	Minutos	Unidades	Unid/Dia
24	8	15	60	1	16.5	161049.6	9761	407

Min/Aus.	Min/Imp.	%/Aus.	%/Imp.
4200	1500	2.30%	4.50%
2%	1%	3974.4	7776

<input type="checkbox"/> CONTROL	PORCENTAJE
	FALSO

En la tabla 14 se presenta el cálculo de la capacidad teórica de producción de techos de policarbonato P7-5, que resulta en una producción diaria de 436 techos. También se determina la capacidad real, considerando los minutos de ausentismo de los operarios, lo que reduce la producción diaria a 407ruedas.

#### 4.3.3.2 Capacidad real de la planta

Como se expone en el ANEXO I, la capacidad real de la planta se calcula utilizando los días laborables de cada mes, tomando en cuenta los factores que afectaron el desarrollo de sus actividades y provoco reducciones en su capacidad. Esto permite calcular los minutos de producción mensuales, tal y como ilustra la siguiente tabla.

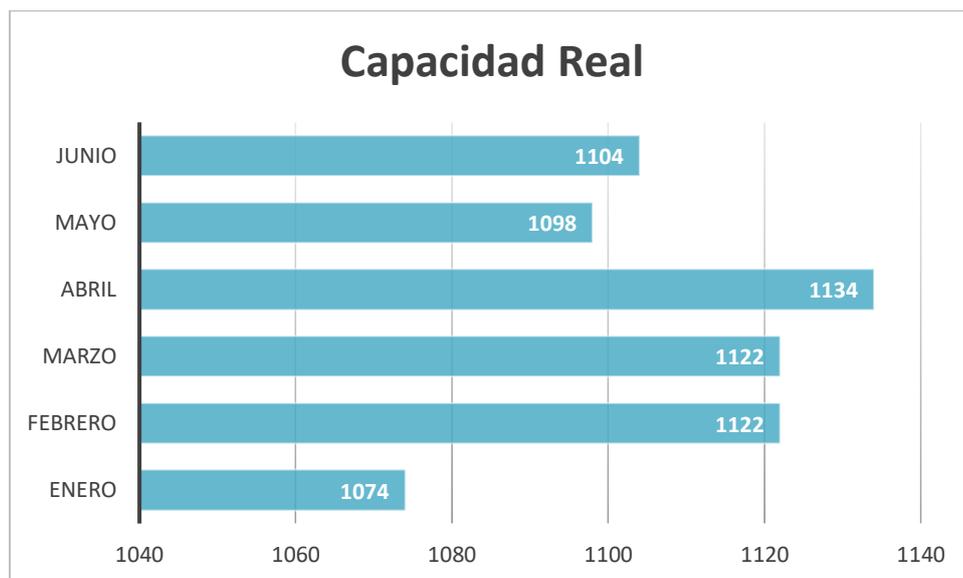
**Tabla 9 . Resumen de la capacidad de la planta**

CAPACIDAD TEORICA REAL								
Concepto	Minutos	SEM-1	SEM-2	SEM-3	SEM-4	SEM-5	SEM-6	TOTAL
Enero	10740	214	214	214	214	218		1074
Febrero	11220	280	280	280	282			1122

Marzo	11220	283	283	283	273		1122	
Abril	11340	284	284	284	282		1134	
Mayo	10980	220	220	220	219	219	1098	
Junio	11040	276	276	276	276		1104	
<b>Semestre</b>	<b>66540</b>	<b>1557</b>	<b>1557</b>	<b>1557</b>	<b>1546</b>	<b>437</b>	<b>0</b>	<b>6654</b>

Fuente 18: Elaboración propia

Figura 28. Capacidad real de la planta



#### 4.3.4 Pronóstico de ventas

Tabla 10. Pronóstico de ventas hasta el año 2028 hasta el mes de febrero

Fecha	Mes	Punto de pronóstico	Límite Inferior 95%	Límite Superior 95%
2024	Enero	1111	937	1284
	Febrero	1108	924	1291
	Marzo	1087	893	1281
	Abril	1060	856	1263
	Mayo	1134	921	1347
	Junio	1115	893	1336
	Julio	1194	964	1425
	Agosto	1070	832	1309
	Septiembre	1200	954	1447

	Octubre	1168	914	1422
	Noviembre	1134	873	1396
	Diciembre	1074	805	1343
2025	Enero	1119	813	1425
	Febrero	1116	797	1435
	Marzo	1095	763	1428
	Abril	1068	723	1413
	Mayo	1142	785	1499
	Junio	1123	755	1491
	Julio	1203	823	1582
	Agosto	1079	688	1469
	Septiembre	1209	807	1610
	Octubre	1177	765	1588
	Noviembre	1142	721	1564
	Diciembre	1082	651	1514
2026	Enero	1127	661	1593
	Febrero	1124	643	1606
	Marzo	1104	607	1601
	Abril	1076	565	1588
	Mayo	1150	625	1676
	Junio	1131	592	1671
	Julio	1211	658	1764
	Agosto	1087	521	1654
	Septiembre	1217	638	1796
	Octubre	1185	593	1777
	Noviembre	1151	546	1755
	Diciembre	1091	474	1707
2027	Enero	1136	486	1786
	Febrero	1133	465	1800
	Marzo	1112	428	1796
	Abril	1085	384	1786
	Mayo	1159	442	1876
	Junio	1140	407	1873

	Julio	1220	471	1968
	Agosto	1096	332	1859
	Septiembre	1225	447	2004
	Octubre	1194	400	1987
	Noviembre	1159	352	1967
	Diciembre	1099	278	1921
2028	Enero	1144	289	1999
	Febrero	1141	267	2015

#### 4.3.4.1 Plan maestro de producción

A continuación, se visualiza las tablas del plan maestro de producción para los 5 años pronosticados hasta los 8 meses de cada año.

*Tabla 11. PMP del 2024 de los primeros 8 meses*

MES 2024								
PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Inventario Inicial</b>	1092	1012	1011	1022	1022	996	988	902
<b>Pronóstico</b>	1188	1108	1087	1060	1134	1115	1194	1070
<b>Pedido</b>	1101	1102	1097	1107	1102	1115	1095	1141
<b>MPS</b>	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1108
<b>Inventario final</b>	1012	1011	1022	1022	996	988	902	868

*Tabla 12. PMP del 2025 de los primeros 8 meses*

MES 2025								
PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Inventario Inicial</b>	1100	1089	993	1002	1003	968	953	857
<b>Pronóstico</b>	1119	1203	1095	1068	1142	1123	1203	1079
<b>Pedido</b>	1103	1102	1098	1107	1102	1116	1095	1142
<b>MPS</b>	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1108
<b>Inventario final</b>	1089	993	1002	1003	968	953	857	823

*Tabla 13. PMP del 2026 de los primeros 8 meses*

MES 2026								
PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Inventario Inicial</b>	1100	1082	1066	1069	1069	1026	1003	899
<b>Pronóstico</b>	1127	1124	1104	1076	1150	1131	1211	1087
<b>Pedido</b>	1104	1103	1098	1108	1103	1116	1096	1143
<b>MPS</b>	1109	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1108
<b>Inventario final</b>	1082	1066	1069	1069	1026	1003	899	864

*Tabla 14. PMP del 2027 de los primeros 8 meses*

MES 2027								
PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Inventario Inicial</b>	1101	1075	1049	1045	1044	993	960	848
<b>Pronóstico</b>	1136	1133	1112	1085	1159	1140	1220	1096
<b>Pedido</b>	1105	1104	1099	1108	1104	1117	1096	1143
<b>MPS</b>	1110	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1108
<b>Inventario final</b>	1075	1049	1045	1044	993	960	848	812

*Tabla 15. PMP del 2028 de los primeros 2 meses*

MES 2028								
PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Inventario Inicial</b>	1101	1062						
<b>Pronóstico</b>	1144	1141						
<b>Pedido</b>	1105	1104						
<b>MPS</b>	1105	1108						
<b>Inventario final</b>	1062	1028						

#### 4.3.5 Eficiencia de producción

La eficiencia en la producción se alcanza cuando la empresa maximiza su producción utilizando de manera óptima todos sus recursos. Esto implica alcanzar el nivel más alto de

producción posible, minimizando el uso de insumos y costos. Para obtener esta eficiencia, es fundamental implementar procesos innovadores, optimizar la cadena de suministro y capacitar al personal en técnicas de trabajo más efectivas.

$$EP = \left( \frac{\text{Capacidad real}}{\text{Capacidad estandar}} \right) * 100$$

$$EP = \left( \frac{407}{436} \right) * 100$$

$$EP = (0.93) * 100$$

$$EP = 93.35 \%$$

#### 4.3.5.1 Eficiencia de la producción actual

La capacidad de producción de cada producto se utiliza para calcular la eficiencia de la producción actual.

$$EP = \left( \frac{298}{355} \right) * 100$$

$$EP = (0.83) * 100$$

$$EP = 83.94\%$$

#### 4.3.5.2 Cálculo del porcentaje de error de los pronósticos

Para verificar la precisión y efectividad de los modelos de predicción se calculó el porcentaje de error del pronóstico tanto de ventas como de producción.

*Tabla 16. Error porcentual de producción*

Tiempo	Real	Pronostico	Error %
--------	------	------------	---------

Ene - 23	1086	1113.927	-2.57%
Feb - 23	1098	1102.632	-0.42%
Mar - 23	1086	1125.345	-3.62%
Abr - 23	1110	1082.519	2.48%
May - 23	1110	1083.223	2.41%
Jun - 23	1110	1140.988	-2.79%
Jul - 23	1110	1102.754	0.65%
Ago - 23	1158	1133.58	2.11%
Sep - 23	1104	1119.927	-1.44%
Oct - 23	1110	1101.927	0.73%
Nov - 23	1134	1110.162	2.10%
Dic - 23	1092	1108.875	-1.55%
<b>Promedio Error</b>			<b>0%</b>

La tabla 16 muestra el cálculo del porcentaje de error del cual se obtuvo un error promedio del 0% lo que indica que en promedio el modelo no presenta un sesgo a la sobreestimación ni la subestimación. Reflejando así un buen ajuste en términos generales, aunque el valor absoluto del error en cada mes puede ser más informativo para evaluar la precisión individual.

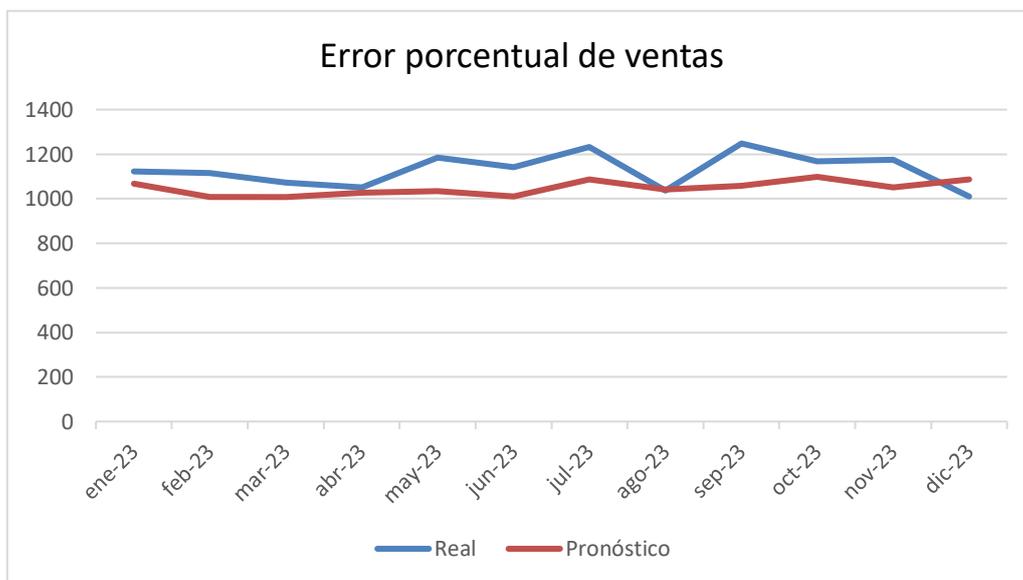
*Tabla 17. Error porcentual de ventas*

<b>Fecha</b>	<b>Real</b>	<b>Pronóstico</b>	<b>Error %</b>
Ene - 23	1122	1068	5%
Feb - 23	1115	1009	10%
Mar - 23	1072	1007	6%
Abr - 23	1050	1027	2%
May - 23	1184	1034	13%
Jun - 23	1141	1010	11%
Jul - 23	1233	1086	12%
Ago - 23	1036	1041	0%
Sep - 23	1248	1057	15%

Oct - 23	1168	1098	6%
Nov - 23	1175	1052	10%
Dic - 23	1010	1087	-8%
		<b>Promedio</b>	<b>7%</b>

Un error porcentual promedio que es menor al 10% generalmente se considera bueno, pero depende de la empresa. En este caso, el promedio el error porcentual es de 7% donde refleja una razonable precisión en las estimaciones, por lo que nos indica que los valores pronosticados se desviaron del valor real en un 7%, esto quiere decir que, aunque los pronósticos no son perfectamente precisos, la discrepancia es moderada.

**Figura 29.** Gráfico de Error porcentual de ventas



**Fuente: 19** Creación propia

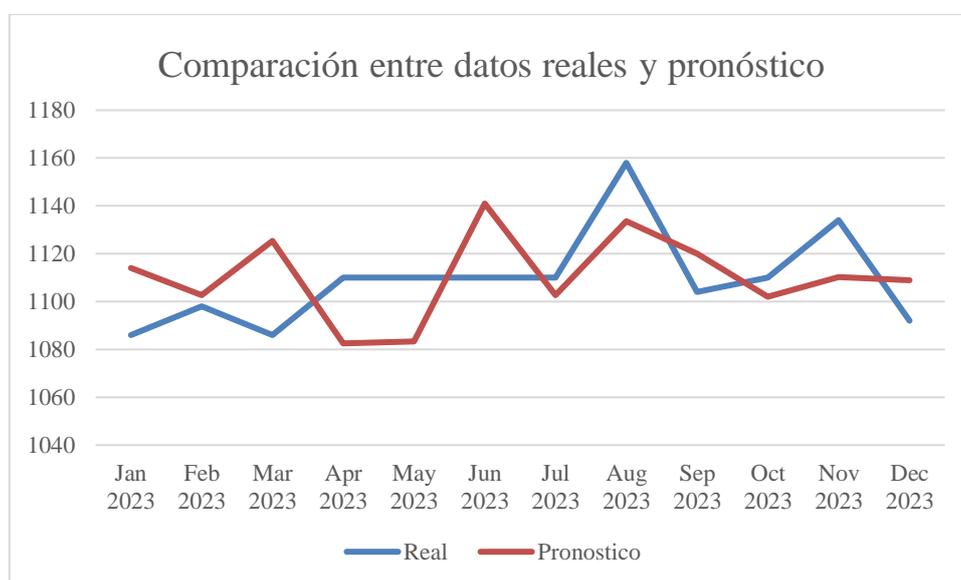
En la figura 29 se representa el error porcentual de ventas con los datos reales del 2023 y el pronóstico del mismo año mencionado. En el eje X se encuentra los 12 meses del año 2023 y en el eje Y se presenta los datos de ventas en un rango de (0-1400).

La línea azul se representa los datos reales y la línea roja representa los datos pronosticados, es decir, en combinación de las dos líneas se observa una tendencia a subestimar

las ventas reales, especialmente a partir del mes de julio. Esto quiere decir que los pronósticos iniciales fueron conservadores y no lograron captar el crecimiento real de las ventas. Sin embargo, es necesario visualizar que a medida que el año llegaba a su fin, la diferencia entre las cifras reales y las previstas disminuía, lo que sugiere una mejora en la precisión de los pronósticos a medida que va avanzando el año.

#### 4.3.6 Comparación entre los datos reales y simulados

*Figura 30. Gráfica de comparación producción*



*Fuente: 20 Creación propia*

La grafica presenta una comparación visual entre dos conjuntos de datos como lo son los datos reales de producción y los datos simulados obtenidos a partir del modelo de pronóstico para el año 2023. El eje X se representan los meses de enero a diciembre, mientras que el eje Y se muestra la producción en términos numéricos, fluctuando entre 1040 y 1180 unidades mensuales.

La línea azul corresponde a los datos reales, mientras que la línea roja representa los valores proyectados por el modelo de pronóstico. En general, las dos líneas siguen una tendencia similar, lo que indica que el modelo capturo de manera aceptable el comportamiento

general de la producción. Sin embargo, se observan diferencias notables en ciertos meses, como junio, agosto y septiembre, donde los valores reales presentan picos o caídas más marcadas que los pronosticados. Esto podría indicar que el modelo de pronóstico ofrece una aproximación razonable de la producción futura además de darnos a conocer que el modelo predice un aumento en la producción en el futuro lo cual sería una mejora.

## CAPÍTULO V.

### 5. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- La creación del árbol de problemas y del Diagrama de Ishikawa nos ha permitido localizar la problemática subyacente que influye en la productividad de POLICUBIERTAS S.A. Hemos descubierto cuellos de botella en meses concretos del año correspondiente (2019-2023) mediante el estudio de los datos de producción y ventas, y esto nos permitirá emplear tácticas de mejora para maximizar la unidad estándar de la empresa.
- La implementación de la modelación matemática ARIMA en el software R Studio nos muestra un enfoque cuantitativo para poder predecir la demanda futura del producto (techo P7-5) en el área de termoformado. Se ha especificado correctamente cada uno de los datos ya que esto impacta directamente la precisión de las predicciones.
- Tanto la demanda de la producción y la previsión de los datos de ventas nos ayudó al elaborar un plan maestro de producción a futuro para los cinco años posteriores desde el año 2024 hasta los inicios del año 2028. Al desarrollar el MPS y calcular la eficiencia nos permitió visualizar como se comportó el modelo en situaciones reales y su impacto en la eficiencia operativa.

#### 5.2 Recomendaciones

- Establecer un sistema que permita la recopilación y análisis de datos en tiempo real, ya que esto ayudara a identificar rápidamente cualquier desviación en la producción o ventas.
- Se recomienda revisar y ajustar periódicamente los periodos del modelo ARIMA para de esa manera mantener su precisión predictiva.

- Realizar un canal de retroalimentación con los equipos de producción y ventas para de esa manera poder discutir los resultados del modelo y hacer ajustes según las condiciones del mercado real.
- Poder involucrar a todas las áreas de la empresa POLICUBIERTAS S.A. en la búsqueda de mejoras en productividad y eficiencia ya que mejora un ambiente productivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barber, X. (2019). *Análisis clásico de las series temporales*. Elche: Departamento de estadística matemáticas informática.
- Esmeraldas, J. C. (2022). *Diseño de un Plan Maestro de Producción en la empresa TECNIBISAGRAS*. Latacunga-Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Gras, J. A. (2001). *Diseño de series temporales: Técnicas de análisis*. Edicions Universitat Barcelona. 8483382504
- Hanke, J., Wichern, D. (2010). *Pronósticos en los negocios*. Pearson. doi978-607-442-701-1
- Heizer, J., Render, B., L. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones : decisiones estratégicas*. Madrid : Pearson educación.
- Herrera, E. F. (2017). *MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE MONTAJE EN INDUSTRIAS DE MANUFACTURAS DE CALZADO DE CUERO*. Ambato : UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Higueros, A. G. (2023). *Diseño de investigación para el diseño de un modelo de pronóstico para la elaboración del plan de producción de una empresa procesadora de carne de Res*. Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hyndman, R. J., Athanasopoulos, G. (2018). *Forescasting Principles and Practice*. Australia: 2nd edition, OTexts: Melbourne.
- Krajewsk, L. J., Ritzman, L. P., Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. Estado de México: México: Pearson Educación. .
- Campos, D. M. (2010). *Propuesta del Plan Mestro de Producción en la Fábrica MORCAM en la ciudad de Valle de UPAR (César)*. Valledupar-Colombia: Universidad Libre.
- Martinez, T. M. (2005). Series de tiempo: Modelos ARIMA. *Medicina Universitaria*, 7(26), 49-51.

Peña, D. J., Vidarte, S. S. (2016). *Plan Maestro de Producción para aumentar la productividad en la empresa de productos de limpieza Girasoles*. Pimentel-Perú : Universidad Señor de Sipán.

Softonic. (2024). *RStudio Desktop para Windows* . <https://rstudio-desktop.en.softonic.com/>.

Taneja, K., Ahmad, S., Ahmad, K., D. (2016). Time series analysis of aerosol optical depth over New Delhi using Box–Jenkins ARIMA modeling approach. *Atmospheric Pollution Research*, 7(4), 585-589. doi10.1016/j.apr.2016.02.004

Tashman, S. &. (2013). ARIMA: The Models of Box and Jenkins. *I Foresight: The International Journal of Applied Forecasting EBBSCOhost*, 30(28), 13. 1555-9068

## ANEXOS

### Anexo 1 Capacidad teórica de la planta al 100%

Feriados
Fines de semana

CAPACIDAD DE LA PLANTA TEORICA AL 100%																																									
Enero			100%			Febrero			100%			Marzo			100%			Abril			100%			Mayo			100%			Junio			100%								
Día	Op	Min/Día	Día	Op	Min/Día	Día	Op	Min/Día	Día	Op	Min/Día	Día	Op	Min/Día	Día	Op	Min/Día	Día	Op	Min/Día	Día	Op	Min/Día	Día	Op	Min/Día	Día	Op	Min/Día	Día	Op	Min/Día									
1	15		1	15	590.526316	1	15	487.826087	1	15	540	1			1	15	501.818182	2			2	15	501.818182	3			3	15	549	3	15	501.818182	4			4	15	549	4	15	501.818182
2			2	15	590.526316	2	15	487.826087	2	15	540	2	15		2			2	15	501.818182	3			3	15	549	3	15	501.818182	4			4	15	549	4	15	501.818182			
3			3	15	590.526316	3	15	487.826087	3	15	540	3			3	15	549	3	15	501.818182	4			4	15	549	4	15	501.818182	5			5	15	549	5					
4	15	537	4	15	590.526316	4	15	487.826087	4	15	540	4			4	15	549	4	15	501.818182	5			5	15	549	5	15	549	5			5	15	549	5					
5	15	537	5	15	590.526316	5	15	487.826087	5	15	540	5	15	540	5	15	549	5	15	501.818182	6			6	15	549	6	15	549	6	15	549	6			6	15	549	6		
6	15	537	6			6			6	15	540	6	15	540	6	15	549	6	15	501.818182	7			7	15	549	7	15	549	7	15	549	7	15	549	7	15	549	7	15	549
7	15	537	7			7			7	15	540	7	15	540	7	15	549	7	15	501.818182	8			8	15	549	8	15	549	8	15	549	8	15	549	8	15	549	8	15	549
8	15	537	8	15	590.526316	8	15	487.826087	8	15	540	8	15	540	8			8	15	501.818182	9			9	15	549	9	15	549	9	15	549	9	15	549	9	15	549	9	15	549
9			9	15	590.526316	9	15	487.826087	9	15	540	9	15	540	9			9	15	501.818182	10			10	15	549	10	15	549	10	15	549	10	15	549	10	15	549	10	15	549
10			10	15	590.526316	10	15	487.826087	10	15	540	10			10	15	549	10	15	501.818182	11			11	15	549	11	15	549	11	15	549	11	15	549	11	15	549	11	15	549
11	15	537	11	15	590.526316	11	15	487.826087	11	15	540	11			11	15	549	11	15	501.818182	12			12	15	549	12	15	549	12	15	549	12	15	549	12	15	549	12	15	549
12	15	537	12	15	590.526316	12	15	487.826087	12	15	540	12	15	540	12	15	549	12	15	501.818182	13			13	15	549	13	15	549	13	15	549	13	15	549	13	15	549	13	15	549
13	15	537	13			13			13	15	540	13	15	540	13	15	549	13	15	501.818182	14			14	15	549	14	15	549	14	15	549	14	15	549	14	15	549	14	15	549
14	15	537	14			14			14	15	540	14	15	540	14	15	549	14	15	501.818182	15			15	15	549	15	15	549	15	15	549	15	15	549	15	15	549	15	15	549
15	15	537	15	15		15	15	487.826087	15	15	540	15	15	540	15			15	15	501.818182	16			16	15	549	16	15	549	16	15	549	16	15	549	16	15	549	16	15	549
16			16	15	590.526316	16	15	487.826087	16	15	540	16	15	540	16			16	15	501.818182	17			17	15	549	17	15	549	17	15	549	17	15	549	17	15	549	17	15	549
17			17	15	590.526316	17	15	487.826087	17	15	540	17			17	15	549	17	15	501.818182	18			18	15	549	18	15	549	18	15	549	18	15	549	18	15	549	18	15	549
18	15	537	18	15	590.526316	18	15	487.826087	18	15	540	18			18	15	549	18	15	501.818182																					

19	15	537	19	15	590.526316	19	15	487.826087	19	15	540	19	15	549	19		
20	15	537	20			20			20	15	540	20	15	549	20		
21	15	537	21			21			21	15	540	21	15	549	21	15 501.818182	
22	15	537	22	15	590.526316	22	15	487.826087	22	15	540	22			22	15 501.818182	
23			23	15	590.526316	23	15	487.826087	23	15	540	23			23	15 501.818182	
24			24	15	590.526316	24	15	487.826087	24			24	15		24	15 501.818182	
25	15	537	25	15	590.526316	25	15	487.826087	25			25	15	549	25	15 501.818182	
26	15	537	26	15	590.526316	26	15	487.826087	26	15	540	26	15	549	26		
27	15	537	27			27			27	15	540	27	15	549	27		
28	15	537	28			28			28	15	540	28	15	549	28	15 501.818182	
29	15	537				29	15	487.826087	29	15	540	29			29	15 501.818182	
30						30	15	487.826087	30	15	540	30			30	15 501.818182	
31						31	15	487.826087				31	15	549			
<b>Total, del mes</b>			<b>Total, del mes</b>			<b>Total, del mes</b>			<b>Total, del mes</b>			<b>Total, del mes</b>			<b>Total, del mes</b>		
<b>10740</b>			<b>11220</b>			<b>11220</b>			<b>11340</b>			<b>10980</b>			<b>11040</b>		