



**UAI**  
**UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ**



## **PROYECTO DE PASANTÍA**

Realizado en el área de Operaciones de RNP Perfomex Chile

**Implementación y desarrollo de un nuevo sistema de control de  
planificación y gestión de inventario.**

*Enzo Lagarini Gálvez*

Proyecto para optar al título de Ingeniería Civil Industrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Adolfo Ibáñez.

Profesor guía:

*Raimundo Sánchez*

Santiago, Chile 2023

## Resumen Ejecutivo

Este informe detalla el trabajo desarrollado en RNP Perfomex, enfocado en la gestión de inventario a nivel global. La principal función asignada fue desarrollar la planificación de compras, que enfrenta un incremento debido a la demanda de sus productos. Este desafío ha generado una sobrecarga en el área de abastecimiento y se ha visto reflejado en un aumento significativo de quiebres de stock, lo que ha llevado a costos operativos excedentes.

Un análisis detallado de la data histórica reveló que los quiebres de stock promedian un 22% a nivel global, subrayando la urgencia de mejorar la gestión de los materiales clasificados como segmento A y B, cuya disponibilidad es crucial para la continuidad operativa.

El objetivo general del proyecto fue disminuir los quiebres de stock en estos insumos críticos en un plazo de cuatro meses. Se establecieron objetivos específicos para reducir el error en la predicción de la demanda y optimizar los procesos de análisis de datos.

Se evaluaron múltiples soluciones, optando por la implementación de un modelo híbrido de gestión de inventarios, que incluye la utilización de los modelos estadísticos Prophet y ARIMA. La metodología seleccionada para la implementación fue un enfoque secuencial de seis etapas, desde la conceptualización hasta el mantenimiento continuo del nuevo sistema.

Los resultados obtenidos después de la implementación del sistema híbrido de gestión de inventarios mostraron una notable mejora en la exactitud de las predicciones de demanda y en la eficiencia del procesamiento de datos, con una reducción en los tiempos de análisis de información en un 75%. Además, se ajustaron los parámetros de los materiales, aumentando los niveles de stock de seguridad. A pesar de los lead times de la empresa, que promedian 30 días, se observó una disminución en los quiebres de stock, señalando un progreso tangible hacia los objetivos establecidos y se espera que estos avances continúen fortaleciéndose con el tiempo.

## Abstract

This report outlines the work undertaken during the intern's tenure at RNP Perfomex, focusing on global inventory management. The primary function assigned was to develop the procurement planning, which has seen an increase due to the rising demand for the company's products. This challenge has resulted in an overburdening of the supply area and has been reflected in a significant increase in stockouts, leading to excessive operational costs.

A thorough analysis of historical data revealed that stockouts average 22% globally, underscoring the urgency of improving the management of materials classified in segments A and B, whose availability is vital for operational continuity.

The overall objective of the project was to reduce stockouts of these critical inputs within a four-month timeframe. Specific goals were set to decrease the error in demand forecasting and to optimize data analysis processes.

Multiple solutions were evaluated, leading to the adoption of a hybrid inventory management model that incorporates the statistical models Prophet and ARIMA. The chosen methodology for implementation was a six-stage sequential approach, ranging from conceptualization to the continuous maintenance of the new system.

The results following the implementation of the hybrid inventory management system demonstrated a marked improvement in the accuracy of demand predictions and the efficiency of data processing, with a 75% reduction in the time taken for information analysis. Furthermore, material parameters were adjusted, increasing safety stock levels. Despite the company's average lead times of 30 days, a reduction in stockouts was observed, indicating tangible progress towards the established goals, with expectations that these advancements will continue to strengthen over time.

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
1.1 CONTEXTO DE LA EMPRESA.....	5
1.2 PROBLEMÁTICA / DESCRIPCIÓN DEL DOLOR-PROBLEMA.....	5
1.3 OPORTUNIDAD .....	6
<b>2. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>7</b>
2.1 INDAGACIÓN Y DIAGNOSTICO .....	7
2.2 DIAGNOSTICO.....	11
2.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO .....	12
2.4 MEDIDAS DE DESEMPEÑO .....	13
2.5 RESTRICCIONES .....	15
<b>3. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>16</b>
3.1 MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS .....	16
3.2 MODELOS PREDICTIVOS .....	17
<b>4. SOLUCIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>5. METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
5.1 PROCEDIMIENTO .....	22
5.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	23
5.3 ANÁLISIS DE RIESGO .....	25
<b>6. DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>26</b>
6.1 RECOPIACIÓN DE DATOS .....	26
6.2 EJECUCIÓN DEL CÓDIGO .....	27
6.3 PREDICCIÓN DE DEMANDA .....	29
6.4 MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS .....	32
<b>7. RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
7.1 PRINCIPALES RESULTADOS.....	33
7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	35
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>37</b>

# 1. Introducción

## 1.1 Contexto de la empresa

RNP Perfomex es un destacado líder en la producción de perforadoras hidráulicas, neumáticas y repuestos, con una experiencia que abarca más de 45 años en la industria minera. Con una presencia global sólida que abarca más de 15 países, incluyendo Canadá, Estados Unidos, Colombia, Argentina, Francia, Nicaragua, Zambia y Chile, la empresa ha demostrado su competitividad a nivel mundial. Su compromiso con la mejora constante se refleja en sus pilares base: una infraestructura de primer nivel, materia prima de calidad mundial, procesos estandarizados y un personal altamente calificado, todos trabajando en perfecta unión. Esta empresa es un líder en soluciones de barrenación subterránea, respaldado por más de 50 años de experiencia y un historial sólido de cumplimiento de las demandas cambiantes de la industria minera global, lo que se refleja en su impresionante crecimiento, ya que ha logrado un aumento del 10% en los ingresos respecto al año anterior, con ingresos de USD 38.000.000 a este año.

## 1.2 Problemática / Descripción del dolor-problema

Para RNP Perfomex, asegurar un flujo de ventas constante y eficiente es un desafío significativo a nivel global, exacerbado por una creciente demanda en los diversos mercados donde opera. A nivel internacional, la empresa ha enfrentado retos en la gestión de inventario, manifestados en un promedio de quiebres de stock del 22% en sus operaciones a lo largo del último año. Este problema ha sido particularmente agudo en el caso de repuestos de alta criticidad y uso frecuente.

La estructura de la cadena de suministro de RNP Perfomex, que depende en gran medida de su única fábrica ubicada en México para abastecer tanto a sus clientes directos como a sus bodegas en diferentes países, ha presentado dificultades significativas. La incapacidad

de mantener un suministro constante de productos esenciales ha impactado negativamente en los ingresos de la empresa, con una estimación de aproximadamente 3 millones de dólares en costos adicionales debido a la adquisición y transporte de productos faltantes.

Esta situación ha conducido a una asignación ineficiente de recursos, desviando la atención de la empresa de sus operaciones principales hacia tareas relacionadas con el abastecimiento. Enfrentar y resolver estos desafíos es crucial para asegurar la competitividad y mantener la calidad de servicio de RNP Perfomex en el mercado minero global. Implementar soluciones que optimicen la gestión de inventario y mejoren la eficiencia operativa en todas sus ubicaciones se ha vuelto una necesidad imperante para la empresa.

### 1.3 Oportunidad

El proyecto en RNP Perfomex se ha expandido para abarcar una optimización integral de la gestión de inventario a nivel global, más allá de su enfoque inicial en el mercado chileno. Esta ampliación del alcance busca mitigar los quiebres de stock en todas las operaciones internacionales de la empresa, un objetivo crítico frente a los desafíos que presenta la fluctuante demanda mundial, los retrasos en las entregas de los proveedores y otros factores imprevistos. La implementación exitosa de este proyecto reducirá significativamente los riesgos de interrupciones en la entrega, un aspecto fundamental en el ámbito global donde los costos operativos, como las compras ineficientes y los gastos de transporte, pueden escalar rápidamente.

En el escenario global, la falta de stock de productos críticos, como perforadoras y repuestos, podría ocasionar retrasos significativos en la distribución, afectando las operaciones clave de la empresa. La optimización del inventario permitirá a RNP Perfomex no solo mejorar sus procesos de adquisición y aumentar sus márgenes de ganancia, sino también realizar compras más grandes y con menor frecuencia. Este enfoque más eficiente

y rentable en la gestión de inventario es esencial para mantener la continuidad operativa y la satisfacción del cliente a nivel mundial.

Al reducir los riesgos de quiebres de stock y mejorar los procesos de adquisición, RNP Perfomex fortalecerá su competitividad en el mercado internacional. Esta estrategia global de gestión de inventario no solo mejorará el rendimiento financiero de la empresa, sino que también reforzará su capacidad para responder de manera ágil y efectiva a las necesidades y desafíos del mercado global.

## 2. Evaluación de la Situación Actual

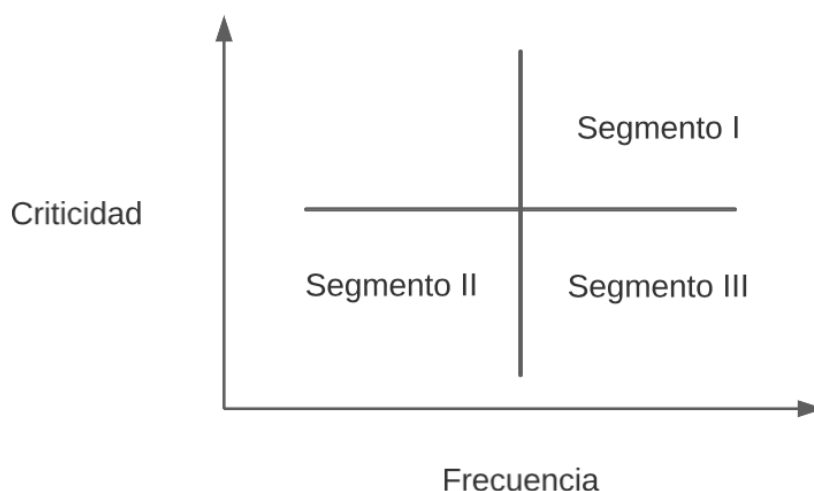
### 2.1 Indagación y diagnóstico

Durante su estudio en RNP Perfomex, el alumno se sumergió en la gestión de inventario, un área crucial para la empresa especializada en la venta de repuestos y perforadoras. Esta inmersión implicó una participación activa en una variedad de tareas esenciales, como la evaluación de precios de diferentes proveedores y el análisis de patrones de consumo, todo ello enfocado en comprender a fondo los procesos y operaciones de esta división.

Parte central de la investigación fue la planificación y parametrización de los productos, que incluyó definir puntos de pedido y niveles de stock de seguridad, elementos clave para la venta efectiva de repuestos y perforadoras. Asimismo, se generaron proyecciones de consumo basadas en tendencias históricas, asegurando la disponibilidad oportuna de los productos.

Además, se realizó una segmentación detallada de los productos según su importancia y frecuencia de uso, integrándola en el sistema de gestión de inventario. Esto permitió

establecer planes de adquisición específicos para cada categoría, optimizando así la eficiencia y efectividad del inventario en RNP Perfomex.



*Figura 1: Diferenciación de productos. Fuente: RNP Perfomex*

Dentro de la estrategia de segmentación, se han identificado tres grupos claramente definidos. El Segmento I, compuesto por repuestos de alta criticidad y alta frecuencia, se gestiona con un plan de adquisición que determina cuándo y cuánto adquirir, lo que tiene como objetivo garantizar la disponibilidad constante de estos repuestos esenciales para llevar a cabo los mantenimientos de las perforadoras. El Segmento II, que consiste en las perforadoras de baja frecuencia y baja criticidad, opera de manera distinta, adquiriéndose solo cuando un usuario requiere una nueva unidad. Finalmente, el Segmento III se caracteriza por los repuestos de baja criticidad pero alta frecuencia, esenciales para las operaciones de la organización. Al igual que el Segmento I, estos repuestos cuentan con un plan de adquisición que busca optimizar la gestión de adquisiciones y proyectar la demanda futura.

Con el objetivo de analizar minuciosamente el área de gestión de adquisiciones en RNP Perfomex, se llevó a cabo un estudio de esta parte de la organización, incluyendo al equipo



de ventas y mantenimiento. Durante esta investigación, se puso un enfoque especial en el proceso de solicitud y adquisición de los productos, con el fin de comprender a fondo su funcionamiento y descubrir posibles obstáculos que pudieran afectar su eficiencia.

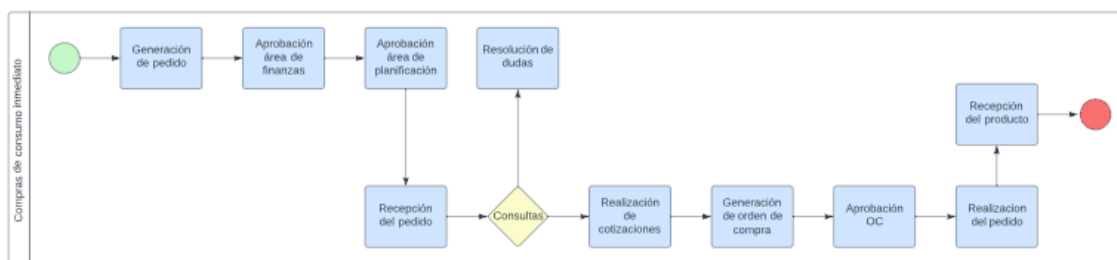


Diagrama 1: Compras de consumo inmediato. Fuente: Elaboración propia.

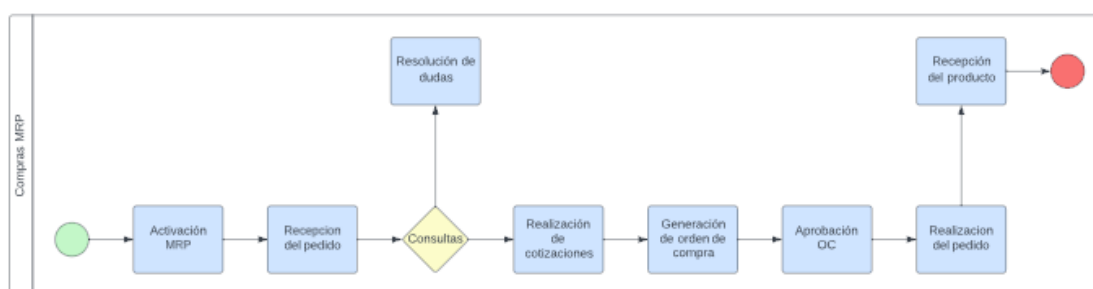


Diagrama 2: Compras MRP. Fuente: Elaboración propia.

En este análisis se han identificado dos flujos de compra claramente definidos. En primer lugar, encontramos el flujo de solicitud directa por parte de los usuarios, que puede ser impulsado por urgencias o necesidad de una faena con contrato establecido, lo que se conoce como compra inmediata. En este contexto, se ha identificado un punto crítico en la fase de búsqueda de proveedores, cotización y aprobación, lo que ocasionalmente provoca retrasos notables en la obtención de los productos necesarios. Por otro lado, en el proceso de compra a través del MRP, basado en los parámetros predefinidos por el equipo de adquisición, se ha identificado un segundo punto de congestión en la fase de verificación de fábrica. Esta etapa conlleva demoras en la confirmación de la producción y envío de los productos solicitados.

Además de lo mencionado, se ha realizado un análisis exhaustivo de los costos asociados a la adquisición de productos, transporte, logísticos y almacenamiento, con el propósito de evaluar el impacto que estos últimos tienen en relación a otros gastos de la empresa.

Ordens de Compra:	USD	Q	Costo de Transporte	Costos Logísticos	Costo de almacenamiento
Compra OC 23	\$ 256.833	2005	\$ 30.820	\$ 10.273	\$ 5.137
Compra OC 59	\$ 421.551	1849	\$ 50.586	\$ 16.862	\$ 8.431
Compra OC 110	\$ 173.320	2364	\$ 20.798	\$ 6.933	\$ 3.466
Compra OC 111	\$ 215.704	3613	\$ 25.884	\$ 8.628	\$ 4.314
Compra OC 112	\$ 240.778	4419	\$ 28.893	\$ 9.631	\$ 4.816
Compra OC 113	\$ 230.694	4249	\$ 27.683	\$ 9.228	\$ 4.614
Compra OC 115	\$ 804.915	3657	\$ 96.590	\$ 32.197	\$ 16.098
Compra OC 116	\$ 570.000	10	\$ 68.400	\$ 22.800	\$ 11.400
Compra OC 123	\$ 8.717	200	\$ 1.046	\$ 349	\$ 174
<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 2.922.512</b>	<b>\$ 22.366</b>	<b>\$ 350.701</b>	<b>\$ 116.900</b>	<b>\$ 58.450</b>

*Tabla 1: Costos de Compras. Fuente: Elaboración propia.*

Al observar la tabla anterior, se pueden identificar los gastos relacionados con las compras de productos. Dentro de estos gastos, se incluye el costo de transporte, el cual equivale aproximadamente al 12% del precio registrado en el sistema por la compra de un producto. Además, es importante destacar que el costo de logística constituye aproximadamente un 4% asociados a la gestión de cada producto. Esto nos permite obtener una comprensión más precisa de los costos logísticos involucrados. Otro aspecto significativo es el costo de almacenamiento, que, según la información proporcionada por el equipo de bodegas, puede estimarse en alrededor del 2% del precio unitario de cada producto.

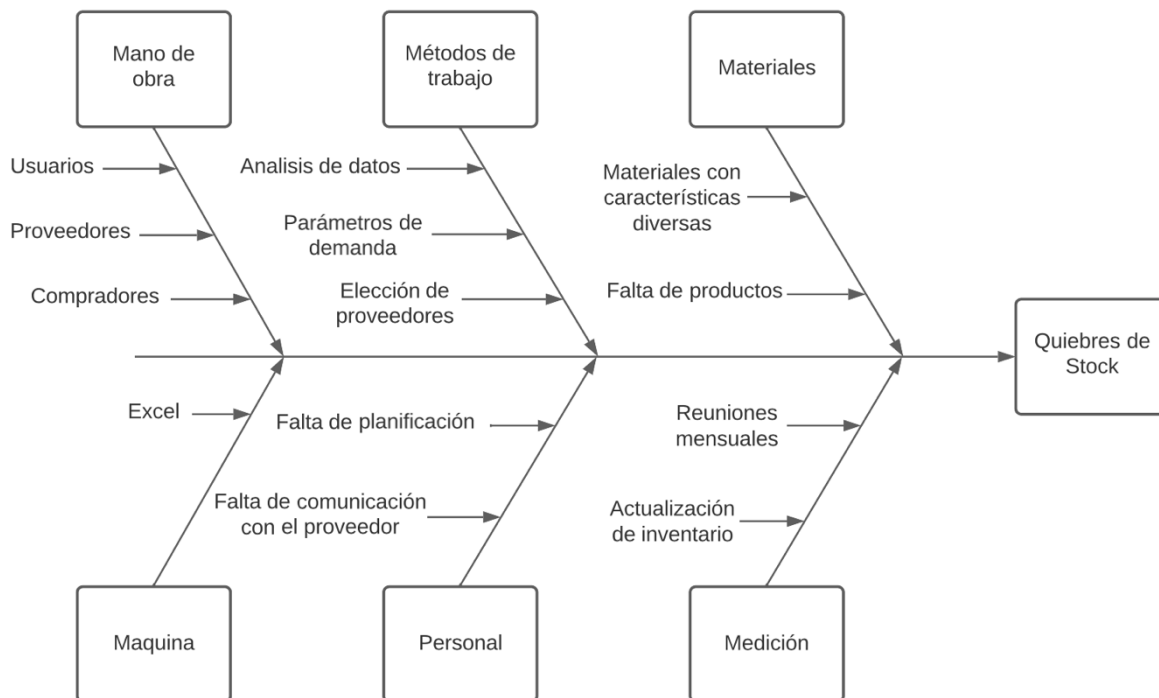
Finalmente, es fundamental considerar los costos derivados de los quiebres de stock, que se calculan en función de la cantidad de material no suministrada multiplicada por el costo logístico. Estos costos juegan un papel crítico en la gestión de inventarios y deben ser evaluados de manera adecuada ya que actualmente se obtiene un costo de quiebre aproximado de USD 575.211.

$$\text{Costo quiebre} = \sum \text{Cantidad no suministrada} \times \text{Costos logísticos}$$

*Fórmula 1: Ecuación de costo de quiebre. Fuente: Elaboración propia.*

## 2.2 Diagnostico

Habiendo completado la fase de indagación y siguiendo el enfoque en los desafíos relacionados con los quiebres de stock, el siguiente paso implica la investigación de las causas subyacentes a esta problemática. Con el objetivo de identificar y comprender las razones detrás de los problemas en la gestión de inventarios, se ha optado por emplear el enfoque del diagrama de Ishikawa. Este enfoque se centra en desglosar y categorizar las causas del problema en seis áreas clave: mano de obra, métodos de trabajo, materiales, maquina, personal y medición. Según lo anterior, se presenta el diagrama de Ishikawa, que ayudará a desvelar las causas fundamentales de los quiebres de stock:



*Diagrama 3: Diagrama de Ishikawa. Fuente: Elaboración propia.*

En el proceso de análisis del diagrama, se han desvelado dos causas fundamentales que afectan a RNP Perfomex. Estas causas se relacionan directamente con la mano de obra y los métodos de trabajo en el área de gestión de adquisiciones. En lo que concierne a la mano de obra, se ha identificado que los proveedores son un factor crítico, ya que sus tiempos de entrega prolongados generan quiebres de stock debido a la falta de materiales durante extensos períodos. De hecho, el 32% de las compras actuales experimenta retrasos, lo que es un indicativo claro de esta problemática. Paralelamente, los compradores se enfrentan a dificultades para comprender y estimar cuando les va llegar el pedido solicitado al área de ventas.

Por otra parte, en relación a los métodos de trabajo, se ha resaltado una escasa velocidad en el análisis y procesamiento de información, lo que se traduce en tiempos prolongados para generar y examinar informes vinculados a los quiebres de stock. Además, se ha destacado la falta de precisión en las parametrizaciones, lo que conlleva a la insuficiente gestión de los niveles de inventario. En resumen, las causas fundamentales se centran en la mano de obra y los métodos de trabajo, ambas caracterizadas por la extensión de los tiempos de acción y una capacidad limitada de análisis. Estos factores resultan en una capacidad de respuesta deficiente y, en consecuencia, en quiebres de stock.

### 2.3 Objetivos del trabajo

El objetivo principal del trabajo es la implementación y desarrollo de un nuevo sistema de control de planificación y gestión de inventario para RNP Perfomex. Este sistema busca integrar tecnología avanzada y optimizar procesos para una gestión de inventario más precisa y eficiente. La finalidad es doble: por un lado, mejorar la precisión en la predicción de la demanda mediante la utilización de modelos estadísticos avanzados, y por otro, optimizar los flujos de trabajo relacionados con el inventario, desde la adquisición hasta la distribución de los materiales.

El sistema tiene como meta reducir los costos asociados con la gestión de inventario, incluyendo tanto los costos directos como los indirectos, tales como la obsolescencia y los costos de oportunidad por falta de disponibilidad de productos. Al mismo tiempo, se espera que esta mejora en la gestión de inventario aumente la competitividad de la empresa, mejorando la satisfacción del cliente y atrayendo nuevos negocios. Este enfoque integrado y eficiente no solo beneficiará la operativa interna de RNP Perfomex, sino que también reforzará su posición en el competitivo mercado de la industria minera.

Objetivos específicos:

1. Reducir el error de predicción actual en un 5% a 10% en el transcurso de cuatro meses.
2. Mejorar la eficiencia en la adquisición y análisis de datos en un periodo de cuatro meses, apuntando a una reducción sustancial del 60%.

#### 2.4 Medidas de desempeño

1. Para monitorear el progreso y el logro de los objetivos establecidos, se han definido diversas métricas:

$$\% \text{ de quiebres de stock} = \frac{100}{P} \times \sum_{p=1}^P Q_p$$

Con:

- $P$ : Cantidad de productos.
- $Q_p$ : Variable binaria que puede valer 1 si hubo quiebre de stock de  $p$  o 0 si no lo hubo.

2. Para calcular el porcentaje de error en la predicción de la demanda, se utilizó el SMAPE como métrica para evaluar si los resultados de la predicción cumplieron con el objetivo establecido:

$$e_t = F_t - D_t$$

Con:

- $e_t$ : Error de pronóstico.
- $F_t$ : Valor pronosticado.
- $D_t$ : Valor real.

$$SMAPE = \frac{100}{N} \times \sum_{t=1}^N \frac{|e_t|}{(|D_t| + |F_t|)/2}$$

Con:

- $e_t$ : Error de pronóstico.
- $F_t$ : Valor pronosticado.
- $D_t$ : Valor real.
- $N$ : Periodos a analizar.

3. Para verificar la reducción en los tiempos de análisis y recolección de información, se registró el número de horas dedicadas a estas actividades mediante la siguiente fórmula:

$$HH = \sum_{n=1}^N H_n$$

Con:

- $N$ : Cantidad de trabajadores.
- $H_n$ : Horas dedicadas por el trabajador  $n$  para llevar a cabo la tarea respectiva.

## 2.5 Restricciones

Para abordar la solución del problema identificado en RNP Perfomex, se han considerado diversas restricciones fundamentales que influyen en el proceso de gestión de inventarios. Estas restricciones son las siguientes:

- Presupuesto: Como en cualquier organización, RNP Perfomex opera con recursos limitados. El presupuesto asignado aproximadamente es de USD 6.000.000.
- Espacio en bodegas: A pesar de que aumentar el inventario podría parecer una solución directa, en la realidad, la capacidad física de las bodegas es limitada. Esto significa que no se puede simplemente adquirir todo el inventario deseado, ya que se debe ajustar a las capacidades de almacenamiento de las bodegas disponibles.
- Costo de mantenimiento: Además de las restricciones de espacio, también se debe considerar el costo asociado al mantenimiento del inventario en las bodegas. Aunque los costos derivados de los quiebres de stock son significativos, llega un punto en el que los costos de mantener un inventario excesivo superan los costos de los quiebres. Por lo tanto, mantener un exceso de inventario no es una opción viable.
- Lead time de los proveedores: Aunque es posible optimizar los tiempos de entrega al agrupar diferentes productos, una variable inmodificable es el tiempo de demora de los proveedores desde la realización de la orden de compra hasta que el producto llega al cliente. Esta restricción es fundamental y debe tenerse en cuenta al desarrollar soluciones.

Estas restricciones son esenciales para definir una estrategia efectiva que permita mejorar la gestión de inventarios en RNP Perfomex y abordar los problemas de quiebres de stock de manera eficiente.

### 3. Estado del arte

#### 3.1 Modelos de gestión de inventarios

En el ámbito de la administración de recursos empresariales, las estrategias para la optimización de inventarios representan un conjunto integral de prácticas orientadas a la reducción de gastos operacionales, la mejora de la eficiencia procesal y, en última instancia, la ampliación de las ganancias corporativas. Esto se consigue a través de la implementación de varios parámetros operativos, como lo son la determinación de volúmenes óptimos de pedido, la identificación de momentos críticos para realizar pedidos y la delimitación de inventarios de seguridad, entre otros. Dentro del espectro académico y profesional, se han identificado múltiples enfoques para la gestión de inventarios, categorizados en sistemas determinísticos y probabilísticos. Los sistemas determinísticos operan bajo el supuesto de una demanda y tiempos de entrega predecibles y constantes, mientras que los sistemas probabilísticos se estructuran alrededor de la premisa de que tanto la demanda como los plazos de suministro están sujetos a variaciones y son intrínsecamente impredecibles.

##### Modelos probabilísticos:

En la gestión moderna de inventarios, se aplica un enfoque conocido como el sistema de lote de compra estático con tiempo de entrega fijo. Este método implica la proyección de necesidades futuras de recursos, permitiendo así determinar con precisión tanto el volumen requerido de pedidos como el cronograma óptimo para los mismos en un ciclo de aprovisionamiento subsiguiente. Paralelo al modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ), este enfoque considera los costes asociados con la realización de pedidos y el



almacenamiento para calcular la dimensión ideal del lote. No obstante, se diferencia del modelo EOQ en que no presupone una demanda constante y conocida, sino que trabaja sobre la base de una previsión estimada. En un entorno marcado por la incertidumbre en cuanto a la demanda real y los plazos de entrega, este sistema incorpora un inventario de seguridad diseñado para absorber las fluctuaciones en la demanda y las variaciones en los tiempos de suministro.

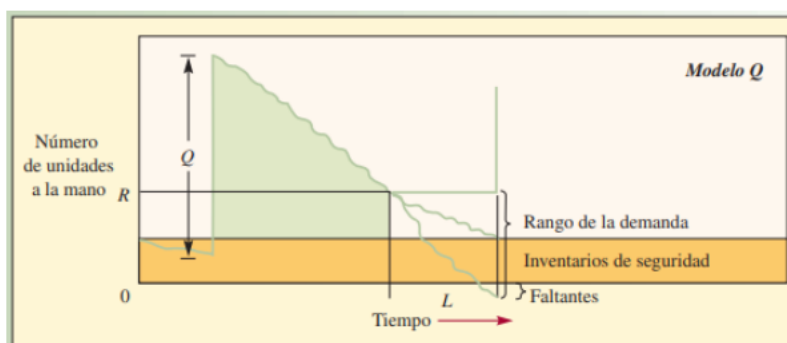


Figura 2: Modelo de cantidad de pedido fija. Fuente: Libro "Administración de operaciones producción y cadena de suministros"

### 3.2 Modelos predictivos

Los métodos de proyección son herramientas clave en la anticipación y la toma de decisiones estratégicas respecto a la demanda futura. Mediante su aplicación, se pueden realizar estimaciones sobre volúmenes de consumo, ventas, producción, expansión de clientela y otras variables críticas para la operación empresarial. Existen diversos enfoques de pronóstico, subdivididos en categorías cualitativas y cuantitativas. Las metodologías cuantitativas son especialmente valoradas por su capacidad de integrar datos históricos y estadísticos en el análisis, a diferencia de las técnicas cualitativas que se fundamentan en juicios expertos y la recolección de opiniones. Para el propósito de este análisis, se enfatiza la importancia de los modelos cuantitativos, específicamente los relacionados con análisis de series temporales y modelos causales.

Modelos de series de tiempo:

Los métodos de análisis de series de tiempo se basan en la evaluación de registros históricos para anticipar tendencias futuras. Cuatro técnicas sobresalen por su uso frecuente en este dominio.

- a) Medias Móviles: Esta técnica calcula la media de los últimos 'N' registros para proyectar futuras fluctuaciones. Se caracteriza por su simplicidad y aplicación directa.

$$F_t = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N}^{t-1} D_i$$

- b) Medias Móviles Ponderadas: Similar al método anterior, este enfoque difiere al asignar distintos grados de relevancia a cada observación, otorgando pesos variables en la fórmula.

$$F_t = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N}^{t-1} (\alpha_i D_i)$$

- c) Alisado Exponencial: Esta técnica se especializa en dar mayor énfasis a las observaciones más recientes, lo que mejora la capacidad de respuesta ante variaciones recientes en la demanda.

La suavización exponencial se divide en tres variantes principales:

1. La versión básica, que no considera componentes de estacionalidad ni tendencia.
2. Una forma avanzada que incorpora tendencia, permitiendo capturar movimientos ascendentes o descendentes a lo largo del tiempo.
3. El modelo de suavización exponencial triple, que añade un componente estacional al análisis de tendencias, conocido por su flexibilidad y facilidad de actualización con la llegada de nuevos datos.

Cada variante de la suavización exponencial emplea diferentes coeficientes de suavizado que permiten afinar el modelo de acuerdo con el peso que se desea dar a los datos históricos.

- d) Prophet: Este método, desarrollado por Facebook, es una técnica de pronóstico de series de tiempo que maneja datos con tendencias estacionales y feriados,

destacando por su robustez ante los datos faltantes y los cambios en la tendencia. Es capaz de modelar eficazmente las irregularidades estacionales de diferentes periodos y se distingue por su capacidad para descomponer la serie de tiempo en componentes de tendencia, estacionalidad y vacaciones. Un ejemplo relevante de su eficacia se encuentra en el ámbito financiero, donde un estudio reciente evidenció que Prophet, mediante la adopción de parámetros adecuados, logró modelar con precisión los movimientos del mercado, alcanzando un error porcentual absoluto medio (MAPE) de solo el 6%. Esta precisión en un sector tan complejo subraya la potencia de Prophet en la predicción de series de tiempo, destacándolo como una herramienta confiable y versátil en la modelización de tendencias de mercado. “En el campo financiero, Prophet demostró ser una herramienta excepcional, logrando una alta precisión en la modelización y predicción de movimientos de mercado con un MAPE de tan solo el 6%, resaltando su idoneidad para aplicaciones en entornos dinámicos y complejos.” (Umi Kalsom Yusof (2021). Financial Time Series Forecasting Using Prophet. Springer.).

#### Modelos Estadísticos:

Los enfoques ARIMA y SARIMA son metodologías avanzadas de pronóstico estadístico que se utilizan para analizar y predecir comportamientos en series temporales.

- a) ARIMA: El modelo AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA) combina técnicas autorregresivas y de promedio móvil, enfocado en describir y pronosticar series de tiempo basándose en sus propias lagunas y errores pasados.
- b) SARIMA: Seasonal ARIMA (SARIMA) extiende ARIMA para incluir patrones estacionales, ideal para series temporales con patrones que se repiten regularmente.
- c) Aplicación Práctica: Un estudio innovador comparó ARIMA con el modelo de aprendizaje automático Prophet de Facebook y XGBoost en la predicción de ventas, revelando que ARIMA superó a los otros modelos en efectividad. “En este análisis comparativo, ARIMA demostró ser el enfoque más eficaz, subrayando la importancia

y relevancia de los modelos estadísticos tradicionales incluso en la era del aprendizaje automático” (Sushila Ratre & Jyotsna. Jayaraj (2023). Sales Prediction Using ARIMA, Facebook’s Prophet and XGBoost Model of Machine Learning. Springer.).

#### Modelos Híbridos:

Los modelos híbridos en la predicción de demanda, combinar los modelos Prophet y ARIMA mediante un promedio ofrece una estrategia robusta y eficaz, aprovechando las fortalezas únicas de ambos métodos para mejorar la precisión de las proyecciones. Un estudio reciente evidenció la eficacia de esta combinación, destacando que mientras Prophet maneja eficientemente la estacionalidad compleja y tendencias no lineales, su integración con ARIMA, que es fuerte en capturar dinámicas a corto plazo y relaciones estadísticas, resulta en un modelo híbrido superior. Esta sinergia permite un análisis más completo y preciso de la demanda, crucial para la gestión eficiente de inventarios y planificación de recursos. La combinación de Prophet y ARIMA, al promediar sus resultados, ofrece una visión equilibrada, reduciendo la variabilidad y mejorando la precisión en la predicción de demanda, un enfoque que se alinea con las necesidades de empresas orientadas a la optimización de su gestión de inventario, como RNP Perfomex. Este enfoque híbrido no solo complementa los puntos fuertes de cada modelo, sino que también reduce sus debilidades, resultando en predicciones más confiables y precisas. 'La combinación de Prophet y ARIMA en un marco híbrido mejora significativamente la precisión en las predicciones, al ofrecer una visión más holística de la demanda futura' (Mohammed Elseidi (2023). A hybrid Facebook Prophet-ARIMA framework for forecasting high-frequency temperature data. Springer.).

#### 4. Solución

Como se discutió previamente, la elección recayó en la aplicación de un modelo de lote económico con inventarios de seguridad, cuya eficacia depende esencialmente de la

exactitud en la predicción de la demanda y la agilidad en el análisis y la toma de decisiones. Para abordar estas necesidades, se desarrollaron dos líneas de acción: la primera involucra la estandarización de los reportes de fallos de stock, que se realizarán semanalmente para agilizar su elaboración y análisis, mejorando la toma de decisiones para la gestión de inventarios. Esta estandarización facilitará la tarea del departamento de planificación, permitiendo una preparación y parametrización más efectiva de las compras de inventario. En cuanto a la predicción de la demanda de los productos, se optará por un enfoque innovador, combinando las fortalezas del modelo Prophet y el modelo ARIMA. Esta combinación se ejecutará utilizando RStudio, aprovechando la amplia gama de paquetes y bibliotecas disponibles para análisis de series temporales. Se utilizarán datos históricos desde 2021, disponibles en el sistema ERP, para construir un modelo que se ajuste más estrechamente a la realidad operativa de la empresa y permita una parametrización precisa de los productos reduciendo los riesgos de stock insuficiente o excesivo.

La nueva estrategia de predicción apunta a superar la precisión de los métodos actuales, empleando un promedio ponderado entre los resultados de Prophet y ARIMA para obtener una proyección refinada y más alineada con las condiciones reales del mercado, con el objetivo de minimizar el error de pronóstico, medido a través del indicador SMAPE.

Respecto a la implementación del modelo de lote económico, se utilizarán los parámetros derivados de los reportes estandarizados y la predicción avanzada para establecer las condiciones óptimas del modelo. El impacto esperado de la implementación del modelo, según estudios y literatura sobre el modelo determinista EOQ, apunta a una reducción significativa en los casos de falta de stock. Aunque los resultados pueden variar debido a la incertidumbre inherente al proceso, se anticipa un ahorro potencial significativo.

Además de los beneficios económicos directos, como los ahorros en costes de material y la posibilidad de negociar precios más ventajosos con los proveedores, se espera que la

implementación del modelo aporte valor intangible, como una mejora en la gestión de bodegas, una gestión de inventario más confiable y una reducción en los márgenes de error.

## 5. Metodología

### 5.1 Procedimiento

Para ejecutar el proyecto de optimización de la gestión de inventario en RNP Perfomex, se incorporaron principios de ingeniería en la metodología secuencial o 'Waterfall'. Este enfoque, ideal para procesos estructurados, se caracteriza por su naturaleza lineal, donde cada fase sucede tras la finalización de la anterior y se integran elementos de ingeniería industrial para mejorar la eficiencia y eficacia del sistema. Las fases se detallan a continuación:

1. Fase de Análisis de Requerimientos: Esta etapa inicial implica una recolección y análisis exhaustivo de la información histórica, utilizando herramientas y técnicas de análisis de datos para comprender la situación actual de la empresa en términos de gestión de inventario y predicciones de demanda. Se establecen los objetivos específicos del proyecto aplicando principios de gestión de proyectos y análisis sistémico.
2. Fase de Diseño del Sistema: Aquí se desarrolla la solución, integrando conceptos de diseño de sistemas y modelado. Se conceptualiza tanto la estructura del modelo de pronóstico combinado de Prophet y ARIMA como los métodos de reporte estandarizados, aplicando principios de optimización y simulación.
3. Fase de Implementación: Se inicia el desarrollo práctico del proyecto, donde se aplican habilidades de programación e ingeniería de software. Utilizando RStudio, se programan y se integran los modelos de pronóstico, enfatizando en la eficiencia computacional y la precisión de los modelos.

4. Fase de Pruebas: En esta etapa se realiza una evaluación rigurosa de la implementación, aplicando metodologías de pruebas de ingeniería para identificar y corregir errores o ineficiencias en el modelo de pronóstico y los procesos de reporte.
5. Fase de Despliegue: Se presenta la entrega final del proyecto, asegurando que tanto los modelos de predicción de demanda como los sistemas de reporte de inventario estén operativos y optimizados según los estándares de ingeniería.
6. Fase de Mantenimiento y Actualización: Esta última fase implica un monitoreo y ajuste continuo, aplicando técnicas de control de calidad y mejora continua para mantener las predicciones de demanda actualizadas y ajustar los parámetros del modelo según las condiciones cambiantes del mercado y las operaciones de la empresa.

## 5.2 Evaluación económica

En el contexto de la implementación del proyecto de gestión de inventario en RNP Perfomex, se realizó una evaluación financiera exhaustiva para el segundo semestre del año 2023. Este periodo de seis meses se consideró idóneo para una observación efectiva de los resultados post-implementación.

Costos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
Capacitacion inicial mensual	\$ 5.030	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Reuniones mensuales	\$ 482	\$ 482	\$ 482	\$ 482	\$ 482	\$ 482	
Desarrollo del proyecto	\$ 2.235	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Implementacion mensual	\$ 1.572	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Persona a cargo de seguimiento	\$ 3.444	\$ 3.444	\$ 3.444	\$ 3.444	\$ 3.444	\$ 3.444	Total costos
Total costos	\$ 12.763	\$ 3.926	\$ 3.926	\$ 3.926	\$ 3.926	\$ 3.926	\$ 32.394

Tabla 2: Costos de Implementación. Fuente: Elaboración propia.

Se espera que la implementación del proyecto de gestión de inventario en RNP Perfomex tenga un impacto económico positivo significativo. Se proyecta una reducción de costos considerable, estimada en \$781.250 USD para el semestre. Este ahorro proviene

principalmente de la disminución del scrap, la mejora en la satisfacción del cliente al cumplir con los pedidos de manera eficiente, y la reducción de los niveles de inventario.

Adicionalmente, se anticipa un aumento en las oportunidades de venta, estimado en \$83.333 USD mensuales, debido a la mejora en el índice de cumplimiento de pedidos. Para proporcionar una estimación conservadora y realista, se ha considerado solo un cuarto de este potencial incremento en los ingresos, lo que se traduce en una ganancia adicional de \$156.250 USD mensuales, excluyendo el primer mes de implementación, donde se espera que no se generen ingresos adicionales debido al proceso de transición y ajuste.

Ingresos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
Ingreso reduccion costos	\$ -	\$ 156.250	\$ 156.250	\$ 156.250	\$ 156.250	\$ 156.250	<b>Total ingresos</b>
Ingresos totales	\$ -	\$ 156.250	\$ 156.250	\$ 156.250	\$ 156.250	\$ 156.250	\$ 781.250

*Tabla 3: Ingresos. Fuente: Elaboración propia.*

El análisis financiero incluyó la elaboración de un flujo de caja, contabilizando tanto los ingresos adicionales como los costos asociados.

Flujo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
Ingresos totales	\$ -	\$ 156.250	\$ 156.250	\$ 156.250	\$ 156.250	\$ 156.250	
Costos totales	-\$ 12.763	-\$ 3.926	-\$ 3.926	-\$ 3.926	-\$ 3.926	-\$ 3.926	<b>Total Flujo</b>
Total Flujo	-\$ 12.763	\$ 152.324	\$ 152.324	\$ 152.324	\$ 152.324	\$ 152.324	\$ 748.856

*Tabla 4: Flujo. Fuente: Elaboración propia.*

Para la evaluación financiera del proyecto, se empleó un análisis de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), utilizando una tasa de descuento estándar del 10%, equivalente a una tasa mensual del 0,79%.

<b>VAN</b>	<b>\$ 564.664</b>
<b>TIR</b>	<b>1194%</b>

*Tabla 5: VAN y TIR. Fuente: Elaboración propia.*



Los resultados indican un VAN positivo, confirmando la rentabilidad del proyecto y la expectativa de generar beneficios significativos. La TIR resultó ser excepcionalmente alta, lo cual se atribuye a la combinación de bajos costos de implementación y altos retornos potenciales. Basándose en estos análisis financieros, la solución se considera económicamente viable y rentable.

La implementación de esta solución no solo impactará positivamente en la rentabilidad y eficiencia de RNP Perfomex, sino que también servirá como una herramienta avanzada para una mejor comprensión y gestión de la demanda. Esta capacidad mejorada para predecir y satisfacer la demanda se reflejará en una planificación más precisa de los pedidos a proveedores y en una disponibilidad optimizada de productos, beneficiando a los clientes con una mayor disponibilidad y variedad de productos esenciales.

### 5.3 Análisis de riesgo

Para asegurar el éxito del proyecto de optimización de inventario en RNP Perfomex, es esencial identificar y abordar proactivamente los riesgos potenciales. A continuación se presenta una tabla con los riesgos identificados, seguida de una discusión detallada sobre las estrategias de mitigación para cada uno de ellos:

Riesgos	Mitigaciones	Nivel de Riesgo
Demanda incierta	Realizar predicción continua	Alto
Poder de negociacion de los proveedores	Cambio de proveedores	Alto
Sobreestimar o desestimar la capacidad	Seguimiento del pronóstico y colaboración entre áreas	Medio

*Tabla 6: Matriz de Riesgos. Fuente: Elaboración propia.*

1. Incertidumbre de la Demanda: Uno de los desafíos más significativos es la incertidumbre inherente en la predicción de la demanda. Para mitigar este riesgo, se propone implementar un proceso de revisión y ajuste continuo de las proyecciones de demanda, utilizando la combinación de los modelos Prophet y ARIMA. Este enfoque permitirá actualizaciones frecuentes, idealmente en un ciclo semanal o mensual, para reflejar con precisión las tendencias y cambios del mercado.
2. Negociación con Proveedores: Existe el riesgo de que los proveedores impongan condiciones de precio desfavorables, afectando los ahorros proyectados. La estrategia de mitigación incluye la exploración de alternativas de suministro más económicas y fiables. En casos donde los proveedores son únicos y no se pueden cambiar, se deberá adaptar la estrategia de compras para manejar los precios impuestos de la manera más eficiente posible.
3. Sobrestimación o Subestimación de la Capacidad de la Bodega: Este riesgo implica una mala interpretación de las predicciones de demanda, llevando a errores en la planificación de recursos humanos y de espacio en la bodega. Para contrarrestarlo, se recomienda una colaboración estrecha entre el equipo de pronóstico y la gestión de la bodega, asegurando que todas las decisiones operativas se basen en datos actualizados y precisos.

Estos riesgos y sus respectivas estrategias de mitigación son componentes cruciales para el éxito del proyecto. La solución de gestión de inventario no solo debe ser implementada eficazmente, sino también utilizada como una herramienta de monitoreo y ajuste continuos, vital para la eficiencia operativa y la consecución de los objetivos de RNP Perfomex.

## 6. Desarrollo de la Implementación

### 6.1 Recopilación de datos

En el análisis exhaustivo del surtido de productos ofrecidos por RNP Perfomex, se examinaron alrededor de 3.500 artículos clasificados según la segmentación ABCD. Se descubrió que una proporción significativa, más del 50%, ya no se encuentra en circulación

o ha caído en desuso. Dada esta situación, se priorizó el estudio en los productos pertenecientes a las categorías A y B, sumando un total de 279 artículos. Estas categorías fueron elegidas por su frecuencia de demanda y su contribución significativa a las ganancias de la empresa. Por otro lado, se decidió no centrar el análisis en las categorías C y D, ya que estos productos se fabrican bajo pedido debido a su alto costo u otras razones específicas. Este enfoque estratégico sobre las categorías A y B es crucial para optimizar la planificación, así como para incrementar la eficiencia operativa y financiera de la empresa. Próximamente, se presentará un gráfico que ilustra esta distribución específica de productos.

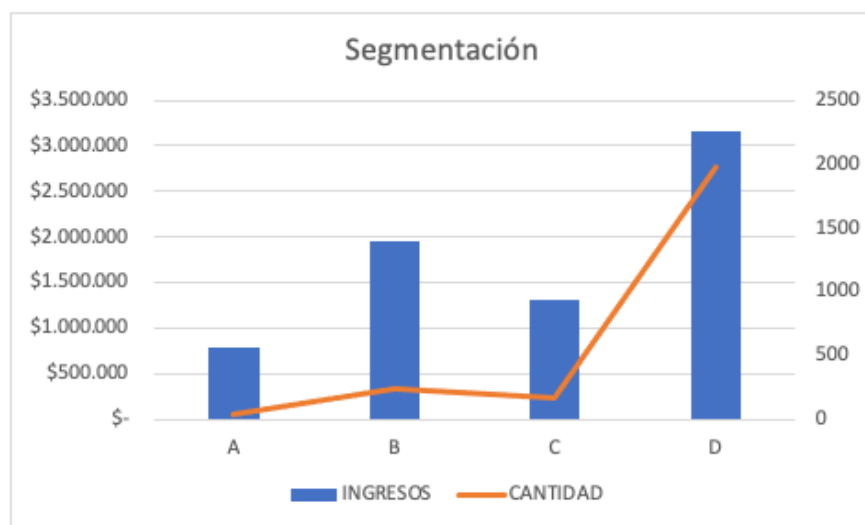


Gráfico 1: Segmentación en el eje X (A,B,C,D) por cantidad eje Y lado izquierdo y sus ingresos eje Y lado derecho en USD .  
Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 Ejecución del código

El código se centra en la carga de datos, el procesamiento de pronósticos utilizando dos métodos diferentes (Prophet y ARIMA), y la combinación y el promedio de estos pronósticos antes de guardar los resultados. Aquí está el desglose:

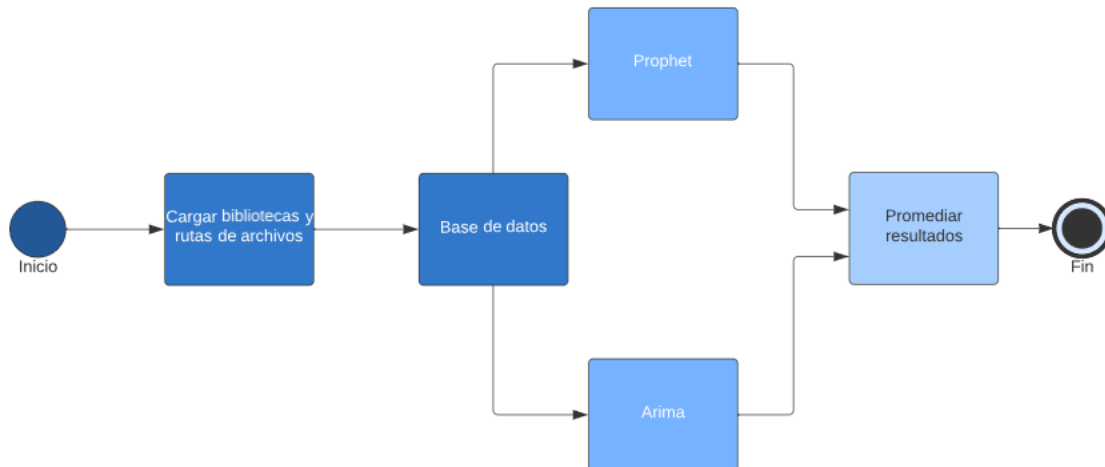


Diagrama 4: Proceso del Código. Fuente: Elaboración propia.

1. Carga de Bibliotecas: Se cargan las bibliotecas readxl, prophet, forecast, writexl.
2. Definición de Rutas: Se establecen las rutas de entrada y salida para los archivos.
3. Lectura de Datos: Se leen los datos de un archivo Excel.
4. Definición de Periodos para Pronosticar: Se establece el número de periodos (h\_periods) a pronosticar.
5. Proceso con Prophet:
  - Obtención de nombres de productos.
  - Para cada producto:
    - Creación y ajuste del modelo Prophet.
    - Utilización de la función “Fit” para el entrenamiento del modelo con la finalidad de elegir los mejores parámetros para cada producto.
    - Pronóstico para h\_periods en el futuro.
    - Almacenamiento de los pronósticos.
6. Proceso con ARIMA:
  - Definición de una función para aplicar ARIMA o SARIMA.
  - Para cada producto:
    - Conversión de datos a series temporales.
    - Utilización de la función “auto.arima” para la elección de los parámetros óptimos para cada producto.

- Aplicación de la función ARIMA y almacenamiento de pronósticos.

#### 7. Combinar y Promediar:

- Combina los pronósticos de Prophet y ARIMA.
- Calcula el promedio y ajusta los valores negativos a cero.
- Almacena los resultados promediados.
- Muestra los errores con la métrica (SMAPE) de los modelos por separados y juntos.

#### 8. Guardar Resultados:

- Los resultados promediados se guardan en un archivo Excel.

### 6.3 Predicción de demanda

En el proyecto de RNP Perfomex para la predicción de la demanda, se implementó una combinación de los modelos estadísticos Prophet y ARIMA. Esta metodología se seleccionó por su capacidad para proporcionar proyecciones precisas tanto en el corto como en el mediano plazo, adaptándose eficazmente a las variaciones en los patrones de demanda. La sinergia de Prophet y ARIMA es particularmente efectiva para ajustar las predicciones considerando tendencias y factores estacionales, lo cual es esencial para una gestión de inventario efectiva.

Para evaluar la eficacia de estas técnicas de pronóstico, se seleccionaron cuatro productos representativos del inventario de RNP Perfomex: dos de la segmentación A y dos de la segmentación B. Estos productos fueron elegidos debido a su relevancia y frecuencia de uso dentro de la empresa. Analizar estos productos proporcionará una visión detallada del comportamiento de la demanda y demostrará la efectividad de las herramientas de pronóstico en el entorno operativo real de RNP Perfomex.

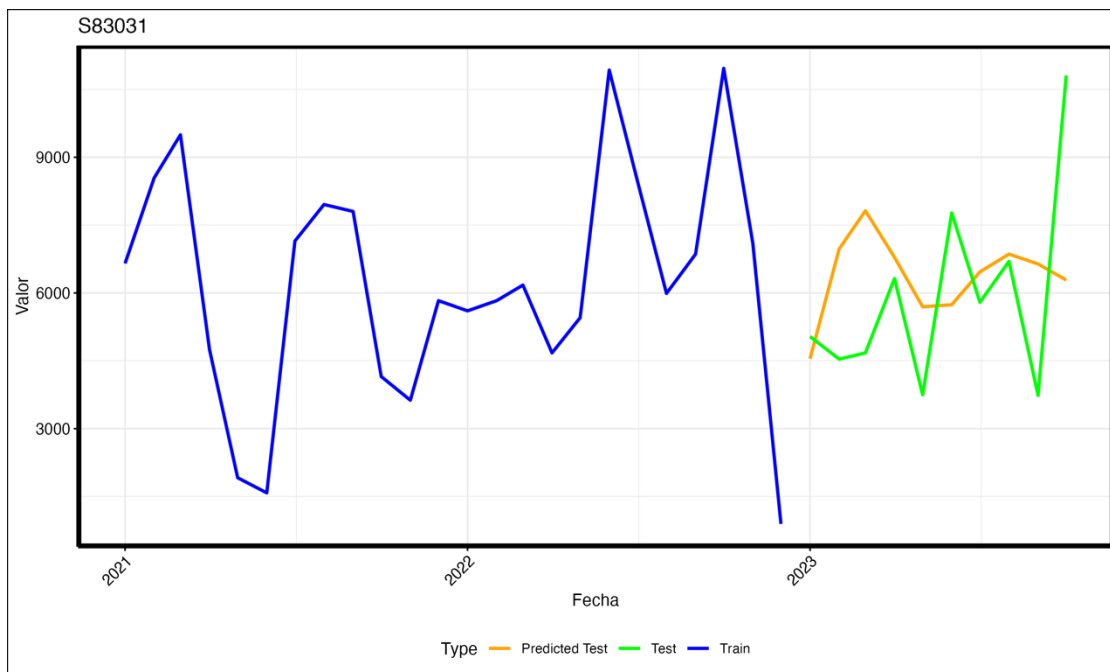


Gráfico 2: Consumo RN-R91-11A ALETA. Fuente: Elaboración propia.

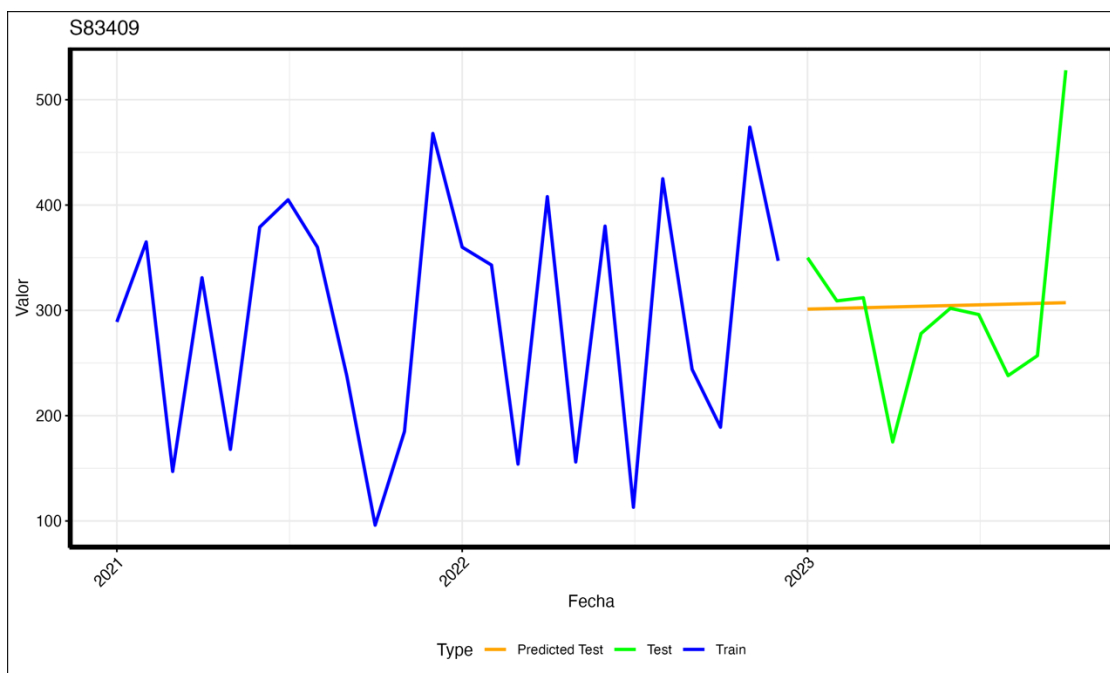


Gráfico 3: Consumo RN-761 MANIJA (EMPAQUE). Fuente: Elaboración propia.

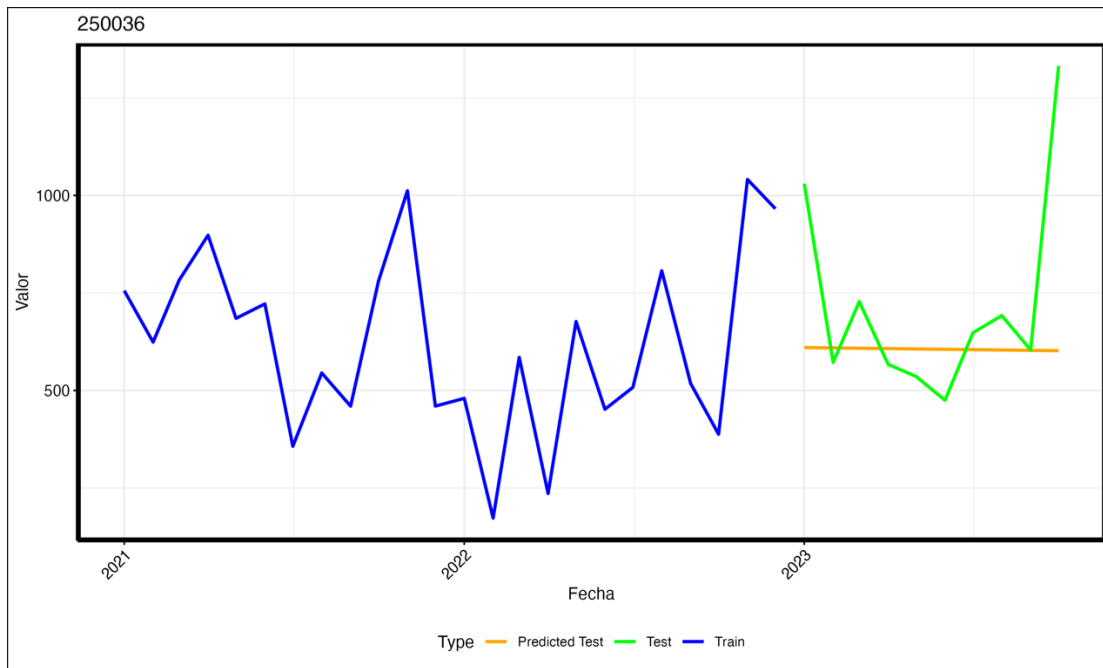


Gráfico 4: Consumo RN-164-231 (164-3903) ORING. Fuente: Elaboración propia.

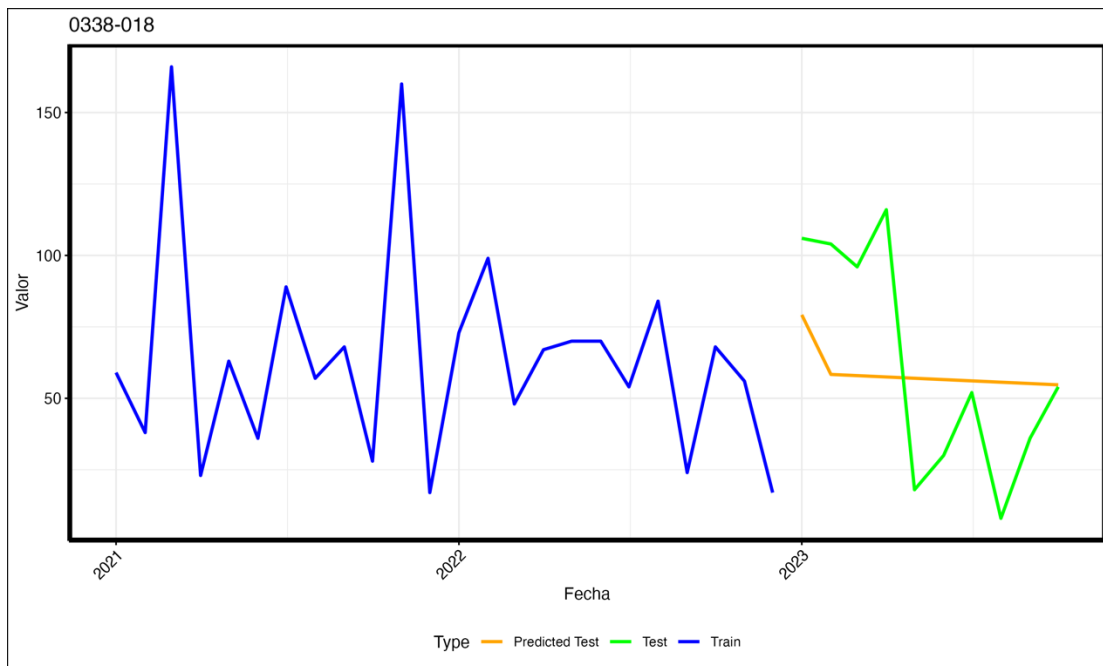


Gráfico 5: Consumo RN-3115-0286-00 DOME NUT/TUERCA DOMO. Fuente: Elaboración propia.

Tras revisar los gráficos generados por el modelo híbrido, que integra las técnicas de Prophet y ARIMA, se observó que este enfoque se ajustaba de forma efectiva a los distintos conjuntos de datos analizados. La capacidad de este modelo para adaptarse a las variaciones en los patrones de demanda era evidente, aunque la precisión exacta aún necesitaba una evaluación cuantitativa.

Para determinar la exactitud del modelo híbrido, se calculó el error SMAPE (Error Porcentual Absoluto Medio Simétrico) de las predicciones. Paralelamente, se realizó un cálculo similar del error SMAPE utilizando la metodología de pronóstico previamente empleada en RNP Perfomex. Esta comparación permitió evaluar objetivamente la mejora en la precisión y efectividad del modelo híbrido en comparación con los métodos tradicionales de pronóstico, proporcionando una comprensión más clara de su rendimiento en términos de predicciones de demanda reales.

SKU	Descripción	SMAPE Antiguo	SMAPE Modelo Híbrido
S83031	RN-R91-11A ALETA	46%	30%
S83409	RN-761 MANIJA (EMPAQUE)	34%	18%
250036	RN-164-231 (164-3903) ORING	26%	21%
0338-018	RN-3115-0286-00 DOME NUT/TUERCA DOMO	64%	56%

*Tabla 7: Comparación SMAPE método antiguo v/s Modelo Híbrido. Fuente: Elaboración propia.*

En el análisis de los resultados obtenidos de la tabla, se observó que los índices de SMAPE fueron no tan elevados para ambos métodos de predicción en estos casos. No obstante, el enfoque del modelo híbrido demostró ser más eficaz que el método tradicional, registrando un menor margen de error y superando en rendimiento a las proyecciones realizadas por RNP Perfomex. Esto sugiere que dichas predicciones son viables para ser usadas como referencia en el desarrollo de modelos de gestión de inventarios. Para aclarar esta comparación se hizo desde el mes de enero del 2023 hasta octubre del mismo año.

#### 6.4 Modelo de gestión de inventarios



Tras completar las etapas iniciales, que incluyeron la recopilación de datos de varios informes y la generación de estimaciones de demanda mediante el uso de técnicas de modelos de aprendizaje automático, se crearon las bases para implementar el modelo de lote económico, incorporando niveles de inventario de seguridad. Para facilitar este proceso, se recurrió al uso de programación en R. Esta herramienta fue esencial para consolidar diversos conjuntos de datos, permitiendo así un análisis integrado que abarcaba tanto las previsiones de demanda como los costos relacionados con los materiales.

Una vez realizada la integración de los datos, el siguiente paso fue aplicar las diversas ecuaciones del modelo de lote económico. Este procedimiento fue crucial para recalibrar los parámetros asociados a los productos, basándose en la información consolidada y las proyecciones actualizadas. Este enfoque metódico y basado en datos asegura una gestión de inventario más precisa y eficiente.

## 7. Resultados

### 7.1 Principales resultados

A raíz de las medidas implementadas, se observaron diversos resultados tras la ejecución de las actividades propuestas. En primer lugar, la estandarización logró una reducción significativa de las horas hombre, lo que además permitió liberar personal para realizar análisis más profundos. Mientras que antes la elaboración de informes consumía alrededor de 2 horas, ahora se completa en solo 30 minutos, representando un ahorro sustancial de tiempo.

En lo que respecta a la predicción de la demanda, se generaron proyecciones de consumo para los materiales de los grupos A y B. Dada la amplia gama de materiales en estos segmentos, se decidió mostrar las proyecciones de los cinco principales materiales de cada grupo junto con su respectiva proyección mensual:

Producto	Descripción del producto	Predicción mensual
010-014-I	RN-3115-1880-90 SET OF SEALS/JUEGO DE SELLOS	16
0238-009	RN-3115-1876-00 COVER/TAPA	31
0338-015	RN-3115-2702-10 SCREW/TORNILLO	114
0338-018	RN-3115-0286-00 DOME NUT/TUERCA DOMO	105
0338-043	RN-3115-0327-00 GASKET/SELLO	18
250004	RN-12812UF (D-1932) TUERCA DEL PERNO	255
250009	RN-C-1512 ROSCA CHUCK	256
250027	RN-A-660 CABEZA	250
S83013	RN-S58F-7DA CASQUILLO	6
S83021	RN-S83F-9A PISTON	3

*Tabla 8: Predicción de consumo mensual de productos de segmentación A y B. Fuente Elaboración Propia.*

Además de las proyecciones de consumo para los materiales de los grupos A y B, se calculó el error SMAPE promedio de las predicciones, que resultó ser del 66%, un indicador de la precisión alcanzada con el nuevo modelo implementado en RNP Perfomex. Aunque este valor sugiere un margen de mejora, refleja una mejora significativa en comparación con las metodologías anteriores.

En relación con la aplicación del modelo híbrido de gestión de inventarios que integra los modelos Prophet y ARIMA, se establecieron nuevos parámetros para la planificación de los materiales, incluyendo la definición de un lote óptimo para cada uno. Los resultados de este modelo y los lotes optimizados se presentarán a continuación:

Producto	Descripción del producto	PP	SS	Cantidad a pedir
010-014-I	RN-3115-1880-90 SET OF SEALS/JUEGO DE SELLOS	16	8	24
0238-009	RN-3115-1876-00 COVER/TAPA	31	17	48

0338-015	RN-3115-2702-10 SCREW/TORNILLO	114	61	175
0338-018	RN-3115-0286-00 DOME NUT/TUERCA DOMO	105	58	163
0338-043	RN-3115-0327-00 GASKET/SELLO	18	10	28
250004	RN-12812UF (D-1932) TUERCA DEL PERNO	255	139	394
250009	RN-C-1512 ROSCA CHUCK	256	139	395
250027	RN-A-660 CABEZA	250	138	388
S83013	RN-S58F-7DA CASQUILLO	6	2	8
S83021	RN-S83F-9A PISTON	3	3	6

*Tabla 9: Cantidad a pedir utilizando la proyección y el modelo de lote económico. Fuente: Elaboración propia.*

## 7.2 Análisis de resultados

Tras el análisis de los resultados obtenidos, se contrastaron con el desempeño habitual de RNP Perfomex. Los nuevos procesos de análisis permitieron la implementación de estrategias que previamente no eran factibles. Gracias a un análisis más profundo y detallado, se identificó una sobreproducción en ciertos productos con baja demanda, lo que llevó a una reducción en su producción en un 48%. Esta acción contribuyó significativamente a la disminución del exceso de inventario y alineó la producción con las necesidades reales del mercado.

En cuanto a la precisión de la demanda y su error asociado, la comparación entre las proyecciones del modelo antiguo y el nuevo enfoque híbrido de gestión de inventarios reveló una reducción sustancial en el error SMAPE. Mientras que el modelo antiguo registraba un error del 125%, el nuevo modelo híbrido demostró un error del 66%. Esta mejora evidencia la superioridad del modelo híbrido y su efectividad en la predicción de demanda, lo que se traduce en una gestión de inventario más precisa y eficiente en RNP Perfomex.

## 8. Conclusiones

El proyecto en RNP Perfomex tenía como objetivo principal reducir los quiebres de stock. Tras la implementación de las medidas propuestas, se observaron resultados mixtos. Aunque no se logró una reducción completa de los quiebres de stock en el plazo inicial de la pasantía, se realizaron avances significativos gracias a una gestión más eficaz del inventario. La disminución de la producción de productos con baja demanda en un 48% fue una mejora notable, facilitada por un análisis más detallado y preciso de los datos.

Al revisar las variables involucradas, se concluye que estos resultados mixtos se deben parcialmente a los lead times de aproximadamente 30 días, lo que sugiere que los resultados más destacables se verán en un plazo más largo. Con respecto a los objetivos específicos, se superó considerablemente la meta de reducir el error en la predicción de la demanda, que alcanzó un 59% en lugar del 10% propuesto, aunque aún queda espacio para mejoras en este aspecto.

Además, se alcanzó con éxito el objetivo de disminuir los tiempos de análisis de datos en un 75%, aumentando simultáneamente la capacidad de análisis. Esto se reflejó en una reducción significativa de los quiebres de stock en los segmentos A y B, evidenciando el impacto positivo de agregar variables de estudio en los informes mensuales.

Como recomendación adicional, se sugiere la implementación de software de automatización para tareas como la extracción y unificación de información, con el fin de optimizar los tiempos y permitir que el personal se concentre en el análisis de datos en lugar de en su preparación. Esto facilitará una gestión aún más eficiente del inventario en RNP Perfomex.

## 9. Bibliografía

Umi Kalsom Yusof (2021). *Financial Time Series Forecasting Using Prophet*. Springer.

Sushila Ratre & Jyotsna. Jayaraj (2023). *Sales Prediction Using ARIMA, Facebook's Prophet and XGBoost Model of Machine Learning*. Springer.

RAYMUNDO, J. M. (s.f.). *Implementación del Método de Reposición ROP y la clasificación ABC para mejorar la gestión y control de inventario en una empresa minera*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

Mohammed Elseidi (2023). *A hybrid Facebook Prophet-ARIMA framework for forecasting high-frequency temperature data*. Springer.