



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Diseño de políticas de inventario y optimización del plan
maestro de producción para productos congelados en una
fábrica en Guayaquil”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINSITRO

Presentada por:

Allison Stephania Espinoza Delgado

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2024

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Jenny Gutiérrez, Ph.D.

Profesor de Materia

María Belén Segovia, MSc.

Tutor de proyecto

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Allison Stephania Espinoza Delgado acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 14 de marzo del 2025

Allison Stephania Espinoza Delgado

RESUMEN

El presente proyecto consistió en el diseño de una política de inventario para productos congelados IQF en una fábrica ubicada en Guayaquil, con el fin de optimizar la gestión de almacenamiento y reducir gastos operativos. La empresa objeto de estudio se dedica a la producción IQF (Individually Quick Frozen) y exportación de productos a base de banano y plátano, con un esquema de producción que combina estrategias Make to Order (MTO) y Make to Stock (MTS).

En los últimos años, el crecimiento de la demanda ha generado una mayor producción, pero también ha expuesto una importante limitación: la falta de capacidad de almacenamiento en las cámaras de congelación. Esta situación llevó a la empresa a recurrir a almacenamiento externo no previsto en su presupuesto, lo que incrementó sus gastos en un 116% en 2024. El proyecto propone una solución basada en herramientas de optimización de inventarios, con el objetivo de reducir al menos un 15% del gasto de almacenamiento externo generado durante el 2024.

La metodología utilizada incluyó un análisis de clasificación ABC al producto terminado para priorizar la gestión de inventarios, la identificación de patrones de demanda a través de series de tiempo y la aplicación de modelos de pronóstico como suavización exponencial y Holt. A partir de estos análisis, se diseñaron y efectuaron políticas de inventario del tipo (s, S), ajustadas a la estabilidad de la demanda de cada producto. Asimismo, se desarrolló un Plan Maestro de Producción (MPS) basado en programación lineal, con el propósito de mejorar la planificación de la producción y la proyección del inventario final a fin de optimizar el uso del espacio de almacenamiento.

Los resultados muestran que la implementación de las nuevas políticas permitió una reducción significativa en los niveles de inventario y en la necesidad de almacenamiento externo. La prueba de diferencia de medias confirmó que el nuevo esquema de gestión generó una mejora estadísticamente significativa en el inventario promedio final. En términos financieros, se logró una reducción del 34% en el gasto de almacenamiento externo, superando el objetivo general propuesto.

Palabras claves: Gestión de inventarios, Pronóstico de demanda, Plan maestro de producción, Plátano y Banano, Clasificación ABC, Políticas de inventario.

ABSTRACT

This project focused on designing an inventory policy for IQF (Individually Quick Frozen) products in a factory located in Guayaquil, with the aim of optimizing storage management and reducing operating expenses. The company under study is dedicated to the production and export of IQF banana and plantain based products, operating under a mixed strategy of Make to Order (MTO) and Make to Stock (MTS).

In recent years, increased demand has driven higher production volumes. However, the company faced a storage capacity shortage in the freezing chambers. As a result, the company had to rely on unplanned external storage solutions, leading to a 116% increase in storage costs during 2024. To address this issue, the project proposed a solution based on inventory optimization tools, aiming to reduce external storage expenses by at least 15%.

The methodology included an ABC classification of finished goods to prioritize inventory management efforts, as well as demand pattern identification using time series analysis. Forecasting models such as exponential smoothing and Holt's method were applied to support this analysis. Based on demand behavior, (s, S) inventory policies were implemented, along with a linear programming based on Master Production Schedule (MPS) for work in-process products to improve production planning and projecting ending inventory to optimize available storage space.

The results showed that implementing these new policies led to a significant reduction in both inventory levels and the need for external storage. A statistical test confirmed that the new inventory management approach generated significant improvement in the average ending inventory. Financially, the company achieved a 34% reduction in external storage costs, surpassing the original savings target.

Keywords: Inventory management, Demand forecasting, Master production schedule, Banana and Plantain, ABC classification, Inventory policies.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	1
1 Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Descripción del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivo Especifico.....	2
CAPÍTULO 2.....	3
2 Metodología.....	3
2.1 Plan de recolección de datos.....	4
2.2 Clasificación ABC de producto terminado.....	5
2.3 Identificación de patrones de demanda.....	6
2.4 Determinación del pronóstico de ventas.....	9
2.5 Gestión de inventario actual: producto en proceso.....	12
2.6 Diseño de políticas de inventario.....	13
2.6.1 Periodic-Review, Order-Up-to-Level (R, S) System.....	13
2.6.2 Order-Point, Order-Up-to-Level (s, S) System.....	13
2.6.3 Plan maestro de producción para producto en proceso.....	16
CAPÍTULO 3.....	21
3 Resultados.....	21
3.1 Resultados producto terminado.....	21
3.1.1 Prueba de diferencia de medias de producto terminado.....	22
3.2 Resultados producto en proceso.....	23
3.2.1 Prueba de diferencia de medias de producto en proceso.....	23
3.2.2 Análisis de sensibilidad producto en proceso.....	25
3.3 Resultados financieros.....	28
3.3.1 Producto terminado.....	28
CAPÍTULO 4.....	31
4 Conclusiones y recomendaciones.....	31
4.1 Conclusiones.....	31
4.2 Recomendaciones.....	32
Bibliografía.....	33
Apéndice A.....	34

Apéndice B	36
Apéndice C	37
Apéndice D	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Pasos para el desarrollo de la metodología	3
Figura 2.2 Serie de tiempo de venta en toneladas de Banano Convencional.....	7
Figura 2.3 Serie de tiempo de venta de toneladas de Banano orgánico	7
Figura 2.4 Serie de tiempo de venta de toneladas de Maduro frito	7
Figura 2.5 Serie de tiempo de venta en toneladas de Patacón	8
Figura 2.6 Resumen de modelos de pronóstico propuesto por Chopra.....	9
Figura 2.7 Serie de tiempo de venta en toneladas del pronóstico de la demanda de maduro	11
Figura 2.8 Serie de tiempo de venta en toneladas del pronóstico de la demanda de patacón.....	11
Figura 2.9 Movimiento de inventarios de las entradas y consumos de la producción de producto en proceso de maduro	12
Figura 2.10 Movimiento de inventarios de las entradas y consumos de la producción de producto en proceso de patacón.....	12
Figura 2.11 Prueba de normalidad para SKU 13005065 banano convencional	14
Figura 2.12 Prueba de normalidad para SKU 13005098 banano convencional	14
Figura 2.13 Resultados producción en toneladas obtenidos de producto en proceso de plátano tras la ejecución del MPS	20
Figura 3.1 Gráfica de valores reales vs valores obtenidos después de la implementación de política producto terminado	22
Figura 3.2 Gráfica de valores reales vs valores de implementación producto en proceso.....	24
Figura 3.3 Resultado de producción PP mensual en toneladas considerando 20% en el costo unitario	25
Figura 3.4 Resultado de producción PP mensual en toneladas considerando 40% en el costo unitario	25
Figura 3.5 Análisis de sensibilidad del almacenamiento externo con incrementales asociados al costo unitario por producir	27
Figura 3.6 Posiciones de inventario para producto terminado mensual comparando la necesidad Real vs la necesidad por la nueva política de inventario	28
Figura 3.7 Posiciones de inventario para producto terminado mensual comparando la necesidad Real vs la necesidad por la nueva política de inventario tras validación con planificación de la producción	29
Figura 3.8 Gasto de almacenamiento externo mensual total en USD comparando Gasto Real vs Gasto proyectado por implementación del proyecto	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Plan de recolección de datos	4
Tabla 2. Resumen de análisis ABC de productos de Banano convencional.....	5
Tabla 3. Resumen de análisis ABC de productos de Banano orgánico.....	5
Tabla 4. Resumen de análisis ABC de productos de Maduro frito	6
Tabla 5. Resumen de análisis ABC de productos de Patacón	6
Tabla 6. Resumen de resultados de patrones de demanda identificados a partir de las series de tiempo por cada subcategoría	8
Tabla 7. Resumen de categorización para la demanda para elección de modelo de pronóstico.....	10
Tabla 8. Consideraciones de la elección de los modelos de pronóstico elegidos.....	10
Tabla 9. Resumen de la revisión literaria realizada para la elección del modelo de MPS	17
Tabla 10 Resultados de producción plátano en toneladas obtenidos de la ejecución del MPS.....	20
Tabla 11 Resultados obtenidos de la proyección del inventario final por periodo tras la ejecución del MPS	20
Tabla 12 Resultados estadísticos de diferencia de medias producto terminado inventario promedio actual vs inventario promedio con implementación políticas	22
Tabla 13 Resultados estadísticos de diferencia de medias producto en proceso inventario promedio actual vs inventario promedio final	24
Tabla 14 Resumen de resultados en posiciones adicionales requeridas y dólares por cada escenario de producción	26
Tabla 15 Resultado de necesidad de posiciones adicionales mensuales requeridas para producto terminado con política	28
Tabla 16 Resultado de necesidad de posiciones adicionales mensuales requeridas para producto terminado con política de inventario tras validación con planificación de la producción	29
Tabla 17 Resumen de total gastos de almacenamiento externo mensual en Miles USD comparación Presupuesto inicial 2024, Real 2024 y Proyección propuesta tras implementación del proyecto.	30

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Punto de reorden para SKU normales.....	15
Ecuación 2. Punto de reorden para SKU normales desagregando el inventario de seguridad.....	15
Ecuación 3. Nivel máximo del inventario para SKU normales.....	15
Ecuación 4. Punto de reorden para SKU no normales.....	16
Ecuación 5. Nivel máximo de inventario para SKU no normales.....	16
Ecuación 6. Función objetivo modelo MPS para producto en proceso.....	19
Ecuación 7. Restricción para el balance de inventario inicial.....	19
Ecuación 8. Restricción para el balance de inventario.....	19
Ecuación 9. Restricción de capacidad de producción por familia de producto en proceso.....	19
Ecuación 10. Restricción de producción mínima por cada periodo para el total de producción de cada familia de producto de producto en proceso.....	19
Ecuación 11. Restricción de no negatividad del inventario y producción.....	19

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El proyecto se desarrolla en una empresa dedicada a la producción de alimentos IQF (Individually Quick Frozen) destinados a la exportación. Esta empresa se especializa en el procesamiento de materias primas agrícolas, específicamente frutas como banano y plátano, transformándolas en productos de alto valor agregado que se distribuyen a consumidores de todo el mundo.

La operación se basa en la maduración y producción de estas dos materias primas principales. El banano maduro es transformado en rodajas (slices) y exportado en grandes volúmenes (bulk) de diversos tamaños de hasta 50 libras, esto que finaliza como producto terminado es almacenado en cajas por pallet. Por otro lado, el plátano maduro, que dentro de su proceso es pelado y cortado, y el plátano verde que es adquirido ya pelado y cortado, es frito y luego congelado dentro del proceso IQF, el cual subsiguientemente a la salida del proceso IQF son ensacados como producto en proceso (PP) y almacenados en perchas metálicas en cámaras de congelación, para posteriormente este PP en sacos ser entregado al proceso de envasado para su conversión en producto terminado (PT) el mismo que se almacena después en cajas por pallet americano quedando listo para el despacho al contenedor. Ambos productos son para ser distribuidos en diferentes presentaciones para el retail internacional.

Como negocio se planifican para la línea de Banano 42 SKU de producto terminado y para la línea Plátano se manejan como producto en proceso 4 SKU de plátano maduro y 4 SKU plátano patacón, y un total de 78 SKU como producto terminado; 47 SKU de plátano maduro y 31 SKU de plátano patacón

Brevemente podemos describir el flujo de trabajo con el comienzo de la recepción de las materias primas agrícolas. La planificación de la producción se enfoca en la producción de producto terminado para la línea de banano y la producción de producto en proceso para plátano para su posterior planificación de producción para la conversión en producto terminado en el envasado. Sin embargo, tanto en plátano como en banano la elaboración de producto terminado (PT) es Make to Order (MTO), la presentación final la define la orden de venta directa del cliente. Por lo que, para plátano, la producción del producto en proceso (PP) es Make to stock (MTS) y se almacena en sacos estibados en perchas metálicas y la producción del envasado del producto terminado (PT) es Make to order (MTO) la orden de venta define el PT. Por otro lado, en banano desde el inicio del proceso productivo es producto terminado siendo la producción entera MTO.

En 2024, la empresa experimento un aumento en la demanda, lo que implicó un aumento en volumen de producción, así como en los gastos operativos para cubrirla. La proyección al cierre de la venta fue con un crecimiento del 2% sobre el presupuesto anual y del 14% sobre el año anterior. Actualmente, se cuenta con 6 cámaras de

congelación para almacenamiento de producto en proceso y producto terminado. Se cuenta con 1,154 posiciones para almacenamiento de producto terminado y 3,763 posiciones para almacenamiento de producto en proceso.

1.2 Descripción del problema

Desde febrero de 2024, se experimentó una falta de capacidad para el almacenamiento de productos en proceso y terminados en las cámaras de congelación de la planta.

Esta situación generó la necesidad de recurrir a almacenamiento externo adicional no previsto en el presupuesto anual. Como resultado, se incurrió en gastos adicionales de \$224k dólares, lo que representó un incremento del 116% sobre el total de gastos planeados para el alquiler de almacenes. Este sobre costo impacta directamente en la rentabilidad y eficiencia operativa de la planta.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una política de inventario para las categorías de plátano y banano, utilizando herramientas de optimización para reducir el stock y minimizar el exceso de inventario. Con el fin de reducir al menos el 15% del gasto por alquiler externo proyectado para el 2024.

1.3.2 Objetivo Específico

- Clasificar mediante ABC de producto terminado según el volumen de ventas históricos e ingresos monetarios
- Identificar patrones de demanda a fin de mejorar la precisión del pronóstico de producto terminado
- Diagnosticar la gestión del inventario de producto en proceso para evaluar su desempeño en términos de control y almacenamiento.
- Evaluar diferentes políticas de inventario y seleccionar la política de inventario adecuada para producto terminado
- Simular los resultados del diseño propuesto contra el escenario actual que permita evaluar escenarios financieros sobre los gastos de almacenamiento externo actual.

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

Con el objetivo de brindar mayor claridad sobre el desarrollo del proyecto, se incluye un diagrama de flujo que detalla los pasos realizados:



Figura 2.1 Pasos para el desarrollo de la metodología

Fuente: Autor

2.1 Plan de recolección de datos

Se recopilaron datos históricos de demanda correspondientes a los últimos cinco años, desglosados por categoría, cliente y SKU. Además, se analizarán los movimientos de inventario de los SKU a evaluar, considerando los registros desde la implementación del nuevo ERP en 2020 hasta la fecha actual de la compañía.

Tabla 1. Plan de recolección de datos

Datos	Unidades	Definición	Fuente	Tipo de datos	¿Dónde guardar?	¿Cómo usar?
Demanda histórica de venta	Unidades	Venta histórica mensual en unidades	Base de datos	Cuantitativos	Excel	Para realizar el pronóstico de la demanda
Lista de referencia de todos los productos de la línea de banano y plátano	Unidades	Lista de productos al detalle de los productos que la empresa maneja	Base de datos	Cuantitativos	Excel	Línea base de SKU de productos de plátano y banano
Movimiento de inventarios de producto en proceso y producto terminado	Unidades	Movimientos de inventarios históricos de los productos en proceso y terminado	Base de datos	Cuantitativos	Excel	Analizar los niveles de stock y su relación con la demanda
Lead time de entregas de producción y envasado	Días	Fecha de inicio y fecha de entrega	Base de datos	Cuantitativos	Excel	Analizar tiempos de reabastecimiento

Fuente: Autor

Inicialmente, el alcance que se planteó para el proyecto contemplaba la revisión de la historia de ventas desde el año 2020. Sin embargo, dado que los datos previos a 2021 perdieron relevancia tras la unificación del proyecto civil más grande de la compañía, se decidió acortar el período de análisis y enfocarse en los años 2023 y 2024, por ser los más recientes y representativos.

En cuanto a los resultados de la validación se obtuvo la siguiente información:

Se mencionó previamente que la compañía cuenta con dos categorías relevantes: Banano IQF y Plátano IQF. Además, dentro de la categoría de Banano IQF, se identificó una subcategoría clave para la evaluación del proyecto: Banano convencional y Banano orgánico.

En este contexto, la línea base contempla un total de 42 SKU de Banano IQF, distribuidos en dos subcategorías de 27 SKU de Banano convencional y 15 SKU de Banano orgánico respectivamente. Para la categoría de Plátano IQF, para las subcategorías se identificaron 78 SKU, de los cuales 47 corresponden a maduro frito y 31 a patacón. Además, dentro de esta categoría se validó la existencia de 8 SKU de productos en proceso activo, divididos en 4 de maduro frito y 4 de patacón.

En general, el lead time de entrega para la línea de Banano es de 4 días, incluyendo el tiempo requerido para la liberación del producto antes del despacho. Para la línea de Plátano, el lead time se compone de 1 día para el envasado del producto y 1 día para la producción del producto en proceso.

2.2 Clasificación ABC de producto terminado

Dado que en sistemas de inventarios multiproducto, no todos los productos son igualmente rentables por lo que los costos de control pueden justificarse en algunos casos y en otros no (Nahmias & Olsen, 2015). Por ello, se realizó un análisis de los productos de las líneas de Banano y Plátano mediante la metodología ABC, evaluando el volumen de ventas anual tanto en dólares como en toneladas vendidas. Este enfoque permitió clasificar los productos en categorías A, B y C, priorizando el control de aquellos que tienen mayor impacto en los ingresos y en el volumen de almacenamiento. Se utilizó la base de venta histórica mensual de los años 2023 y 2024, obteniéndose los resultados presentados en la Tabla 2 a la Tabla 5, que resumen la clasificación ABC por subcategoría de producto (véase Tablas 2–5).

Tabla 2. Resumen de análisis ABC de productos de Banano convencional

Banano convencional			
Type	% Ingresos	N° ítems	% ítems
A	85%	11	41%
B	95%	6	22%
C	>95%	10	37%
Total		27	100%

Fuente: Autor

Tabla 3. Resumen de análisis ABC de productos de Banano orgánico

Banano orgánico			
Type	% Ingresos	N° ítems	% ítems
A	85%	5	33%
B	95%	4	27%
C	>95%	6	40%
Total		15	100%

Fuente: Autor

Tabla 4. Resumen de análisis ABC de productos de Maduro frito

Maduro frito			
Type	% Ingresos	N° ítems	% ítems
A	85%	14	30%
B	95%	12	26%
C	>95%	21	45%
Total		47	100%

Fuente: Autor

Tabla 5. Resumen de análisis ABC de productos de Patacón

Patacón			
Type	% Ingresos	N° ítems	% ítems
A	85%	8	26%
B	95%	9	29%
C	>95%	14	45%
Total		31	100%

Fuente: Autor

A partir de la clasificación ABC, se definieron niveles de servicio diferenciados en función del impacto y volumen de cada grupo de productos. Se asignó un nivel de servicio del 98% para los SKU tipo A, 90% para los tipo B y 80% para los tipo C. Esta definición fue validada con las partes interesadas, priorizando así la atención a los productos más relevantes desde el punto de vista financiero y logístico.

El nivel de servicio se midió en términos de fill rate, es decir, la capacidad de satisfacer la demanda sin incurrir en faltantes. La aplicación de distintos niveles permitió optimizar el uso de recursos, asegurando alta disponibilidad para los productos críticos, sin comprometer la eficiencia operativa en el resto del portafolio. Esta estrategia fue importante dentro de la construcción de políticas de inventario diferenciadas y efectivas para su control y gestión.

2.3 Identificación de patrones de demanda

Para identificar los patrones de demanda, se emplearon series de tiempo para un análisis visual, complementado con evaluaciones estadísticas para validar el tipo de demanda a nivel de SKU.

Se inició con la revisión de las series de tiempo de las subcategorías de Banano IQF (Banano convencional y Banano orgánico) y Plátano IQF (Maduro frito y Patacón). Este análisis se realizó de forma agregada por subcategoría para definir el comportamiento macro de la demanda (véase Figura 2.2 a Figura 2.5). Un resumen de los patrones identificados se presenta en la Tabla 6.

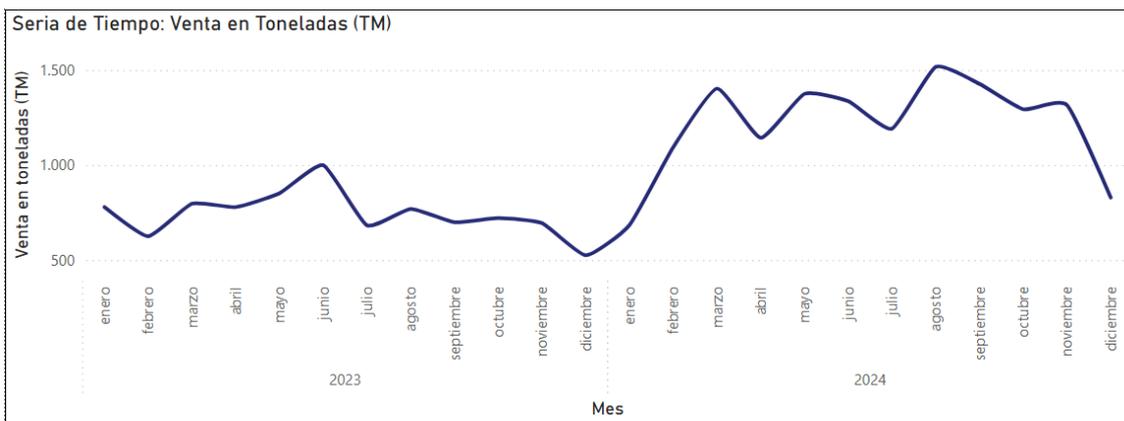


Figura 2.2 Serie de tiempo de venta en toneladas de Banano Convencional

Fuente: Autor

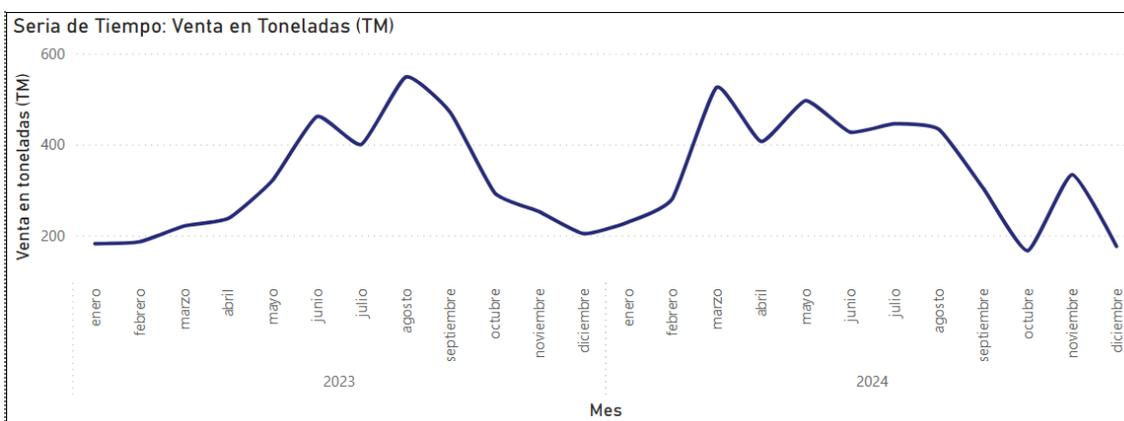


Figura 2.3 Serie de tiempo de venta de toneladas de Banano orgánico

Fuente: Autor

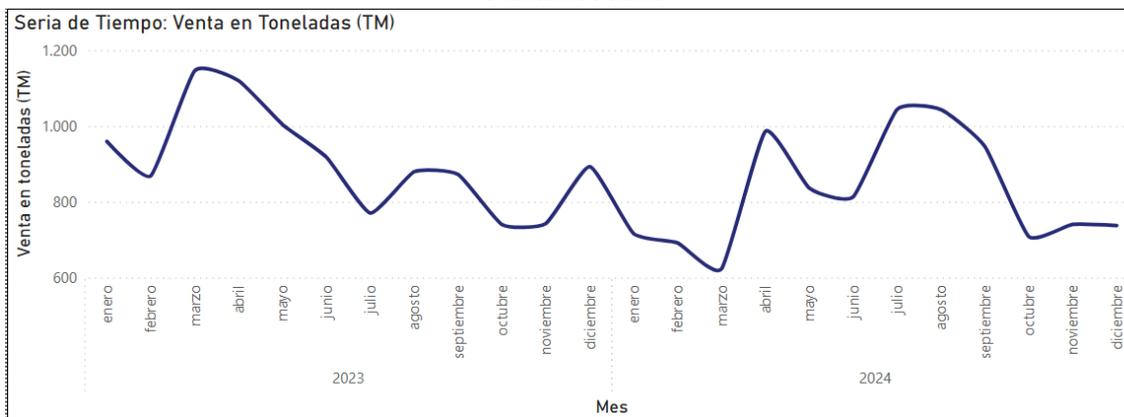


Figura 2.4 Serie de tiempo de venta de toneladas de Maduro frito

Fuente: Autor

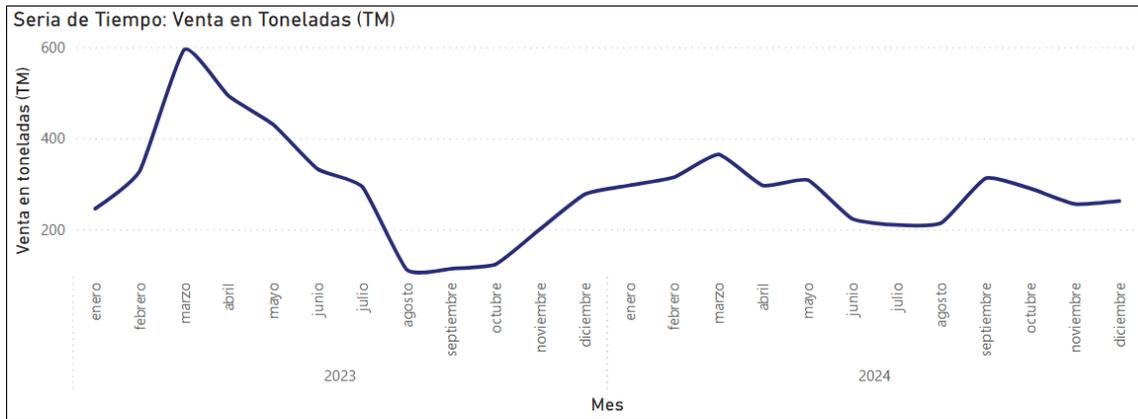


Figura 2.5 Serie de tiempo de venta en toneladas de Patacón

Fuente: Autor

Se presenta un resumen por cada subcategoría de la revisión mensual:

Tabla 6. Resumen de resultados de patrones de demanda identificados a partir de las series de tiempo por cada subcategoría

Referencia	Tendencia	Estacionalidad	Estabilidad	Observaciones Adicionales
Banano convencional	Al alza con fluctuaciones	Picos en marzo, julio y octubre; caída en diciembre	Moderada, con variaciones cíclicas	Patrón cíclico bien definido, con estacionalidad en los meses mencionados debido al aumento de la demanda durante la temporada de verano en el mercado estadounidense, principal destino de exportación de este producto
Banano orgánico	Alza sostenida hasta mediados de 2023, luego estabilidad	Picos en junio y marzo; caída en diciembre	Más estable en 2024 después de un crecimiento inicial	Demanda en crecimiento sostenido, con estacionalidad en meses similares al banano convencional debido a la temporada de verano en el mercado estadounidense
Maduro frito	Descenso moderado seguido de recuperación	Picos en abril y septiembre; caídas en enero y octubre	Alta variabilidad con períodos de baja demanda	Alta variabilidad en la primera mitad del período, seguida de una recuperación del volumen en 2024, tras haber enfrentado una escasez global de plátano.
Patacón	Tendencia estable con ligeras fluctuaciones	Picos en marzo y agosto; caída en diciembre	Relativamente estable con pequeñas oscilaciones	Oscilaciones menores sin cambios bruscos, debido a la alta oferta de maduro frito. Sin embargo, el patacón es un producto con una oferta limitada a nivel mundial, pero de gran importancia para el país

Fuente: Autor

Finalmente, se analizó la intermitencia y el coeficiente de variación para evaluar la estabilidad de la demanda de cada SKU y definir una propuesta de pronóstico y tratamiento adecuado.

Para categorizar la demanda, se consideró que una intermitencia menor al 10% indica una demanda regular y predecible. Entre el 10% y 30%, se clasifica como moderadamente intermitente, con fluctuaciones manejables para el pronóstico. Si supera el 30%, la demanda es altamente intermitente, lo que dificulta su predicción (Croston, 1972)

El coeficiente de variación (CV), calculado como la relación entre la desviación estándar y la media de la demanda, se interpreta según (Silver & Pyke, 1998) y otros estudios en pronósticos de demanda:

- **CV < 0.5:** Demanda estable, con baja variabilidad; modelos de medias móviles o suavización exponencial son adecuados.
- **0.5 ≤ CV ≤ 1:** Demanda con variabilidad media, requiriendo modelos avanzados que consideren estacionalidad o tendencias.
- **CV > 1:** Demanda errática, para la cual los métodos convencionales pueden ser ineficaces, recomendándose enfoques como simulaciones o pronósticos probabilísticos.

2.4 Determinación del pronóstico de ventas

Dado que el objetivo principal del proyecto no era identificar el modelo de pronóstico más preciso, se optó por aplicar un método de pronóstico adecuado en función de los resultados del análisis que se obtuvieron de las serie de tiempo. En (Chopra & Meindl, 2016) se presenta un resumen de los enfoques utilizados y sus implicaciones en el contexto de la demanda.

<i>Método de pronóstico</i>	<i>Aplicable a</i>
Promedio móvil	Sin tendencia o estacionalidad
Suavizamiento exponencial simple	Sin tendencia o estacionalidad
Modelo de Holt	Con tendencia sin estacionalidad
Modelo de Winter	Con tendencia y estacionalidad

Figura 2.6 Resumen de modelos de pronóstico propuesto por Chopra

Fuente: (Chopra & Meindl, 2016)

A partir de los resultados de identificación de intermitencia y variabilidad y con base en esta clasificación se asignaron modelos de pronóstico específicos (véase Tabla 7). Las características de los modelos utilizados se detallan en la Tabla 8, mientras que las proyecciones de demanda se visualizan en las Figuras 2.7 y 2.8.

Tabla 7. Resumen de categorización para la demanda para elección de modelo de pronóstico

Clasificación	Intermitencia	Variación	Modelo de pronóstico sugerido
Estable	baja (<30%)	baja (cv < 0.5)	suavizamiento exponencial simple o promedio móvil
Tendencia	baja (<30%)	media o alta (cv ≥ 0.5)	suavizamiento exponencial con tendencia (holt) o regresión lineal
Estacional	baja (<30%)	media o alta (cv ≥ 0.5)	holt-winters o sarima (arima con estacionalidad)

Fuente: Autor

Se escogió el método de pronóstico de suavizamiento exponencial simple para nivel y tendencia. Por lo que se definieron valores de los factores de suavización en un rango de 0.1 a 0.3 para el nivel y de 0.4 a 0.7 para la tendencia. Además, se evaluó diferentes factores de suavización, a fin de encontrar el más adecuado para minimizar el error del pronóstico. La Tabla 8 presenta un resumen de las consideraciones aplicadas en cada modelo.

Tabla 8. Consideraciones de la elección de los modelos de pronóstico elegidos

Característica	Suavizamiento Exponencial Simple	Modelo de Holt (Suavizamiento Exponencial con Tendencia)
Uso	Series de tiempo sin tendencia	Series de tiempo con tendencia
Fórmula	$F_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) F_{t-1}$	$F_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$
Parámetros	α (nivel)	α (nivel) y β (tendencia)
Pronóstico Futuro	$F_{t+h} = F_t$	$F_{t+h} = F_t + hT_t$

Fuente: (Chopra & Meindl, 2016)

Los resultados del pronóstico de las categorías de plátano (maduro y patacón) se presentan en las las Figuras 2.7 y 2.8.

El resumen de los pronósticos, junto con los errores y los intervalos de predicción, se encuentran en el Apéndice A.

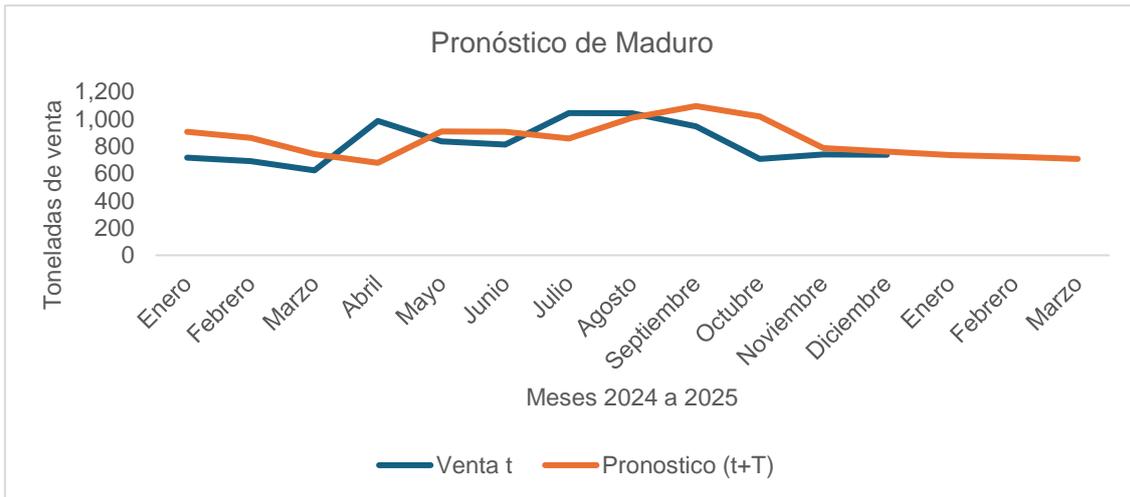


Figura 2.7 Serie de tiempo de venta en toneladas del pronóstico de la demanda de maduro

Fuente: Autor

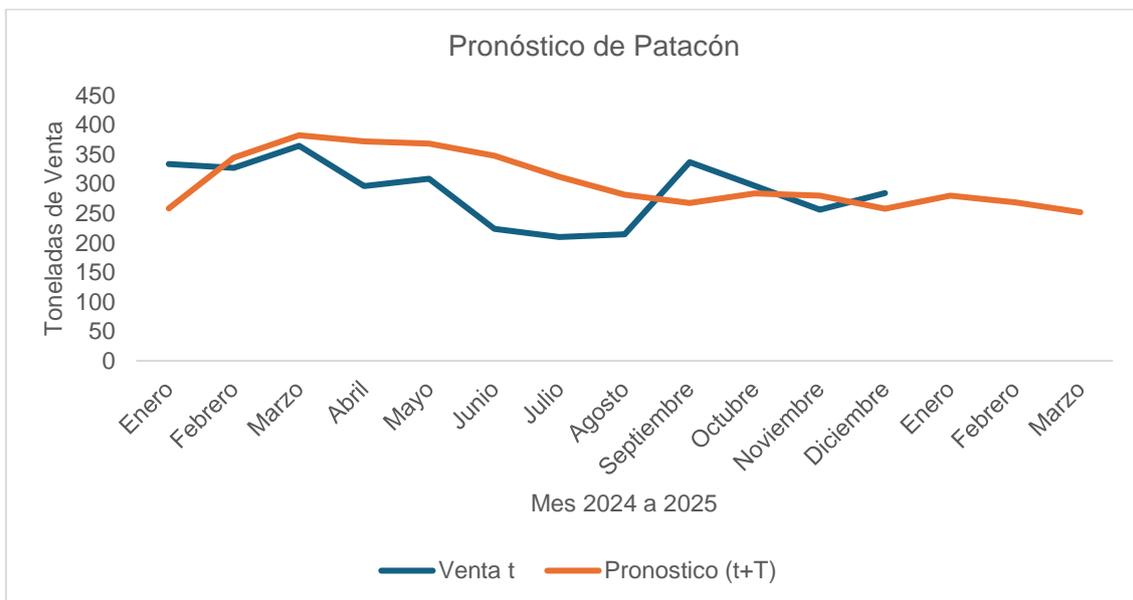


Figura 2.8 Serie de tiempo de venta en toneladas del pronóstico de la demanda de patacón

Fuente: Autor

Para medir la precisión, se utilizó el Mean Absolute Percentage Error (MAPE), ya que permite expresar el error en porcentaje, facilitando la comparación entre diferentes SKU y mejorando la interpretación de los resultados (Hyndman & Koehler, 2006). Finalmente, los resultados del pronóstico fueron utilizados como insumo en la siguiente fase del análisis.

Para el desarrollo de las políticas de inventario, se excluyeron del análisis los SKU categorizados como moderadamente intermitentes y altamente intermitentes, debido a su comportamiento impredecible. (Ver apéndice A) En su lugar, se propuso gestionarlos bajo un modelo Make to Order (MTO), produciéndolos únicamente bajo pedido del cliente y solicitándolos al momento de recibir la orden de venta.

2.5 Gestión de inventario actual: producto en proceso

Para la gestión del inventario del producto en proceso, se utilizó información recolectada de SAP correspondiente a los años 2023 y 2024. Se analizaron los ingresos y consumos de producción dentro de la categoría de plátano, los movimientos de entradas y consumos de inventario para maduro y patacón se ilustran en las Figuras 2.9 y 2.10.

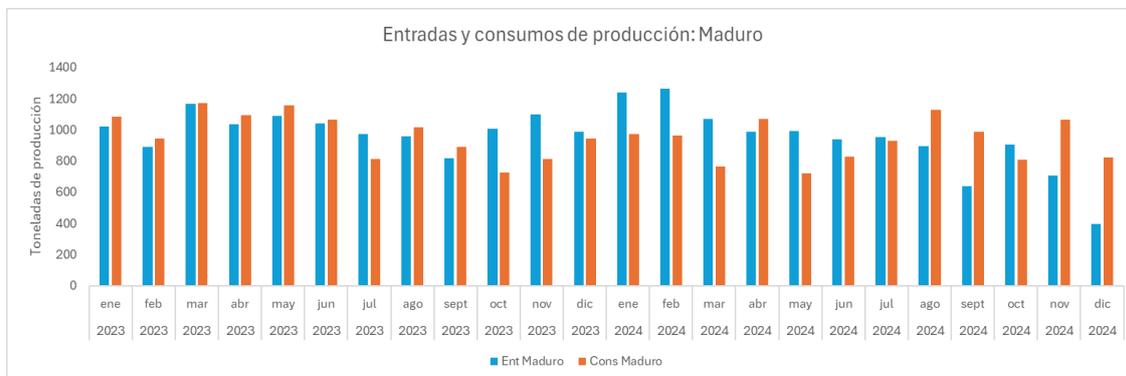


Figura 2.9 Movimiento de inventarios de las entradas y consumos de la producción de producto en proceso de maduro

Fuente: Autor

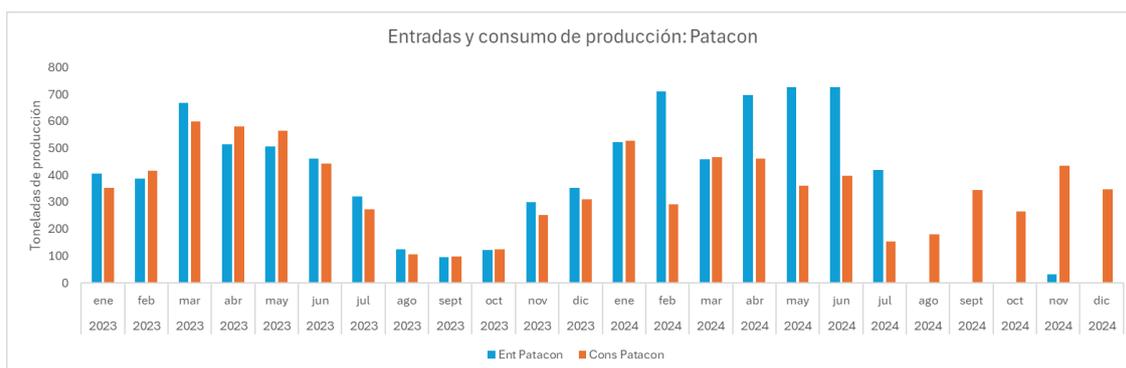


Figura 2.10 Movimiento de inventarios de las entradas y consumos de la producción de producto en proceso de patacón

Fuente: Autor

1. Las entradas de producción de maduro y patacón fueron superiores durante el primer semestre en comparación con el segundo semestre.
2. En cuanto a la cobertura de inventario promedio en días, para maduro se registraron 17 días en 2023 y 55 días en 2024. Para patacón, la cobertura fue de 22 días en 2023 y 103 días en 2024, evidenciando un incremento significativo en la permanencia del inventario durante 2024 en comparación con años anteriores. Esto dado la disponibilidad de materia prima que hubo en el 2024.
3. Asimismo, se observó que la producción y los ingresos de patacón se concentraron principalmente en el primer semestre del año. Esto se debió a la disponibilidad de la línea de producción, la cual no estuvo operativa para patacón en la segunda mitad del año. Durante este período, la línea fue destinada exclusivamente al procesamiento de otra fruta de zafra estacional, la cual debía ser procesada en su totalidad durante su periodo de ingreso. Para patacón este

es el esquema de disponibilidad que se debe manejar dado su relación compartida con la disponibilidad de la línea de producción.

2.6 Diseño de políticas de inventario

Una política de gestión de inventarios basada en un “Buffer” o “Target de inventario” se adapta a la realidad de la institución, evitando costos operativos adicionales. Esta política busca minimizar los niveles de inventario existentes mientras maximiza el nivel de servicio en los despachos (Andrade, Cabanilla, & Abad, 2022).

La gestión de inventarios fue abordada mediante la clasificación de los SKU en categorías A, B o C. A partir de esta clasificación, se establecieron políticas de inventario para definir cuándo realizar un pedido y qué cantidad solicitar, adaptándose a las características de la demanda (Silver & Pyke, 1998). Dado que los sistemas de control varían según el entorno y la estabilidad de la demanda, se excluyeron del análisis los SKU con comportamiento altamente intermitente o errático. Para estos productos, se mantuvo un modelo Make to Order (MTO), permitiendo su fabricación únicamente bajo pedido.

Con este enfoque, los elementos clave a considerar dentro del diseño incluyen la demanda y el tiempo de reposición. La demanda se asociará al pronóstico de ventas, mientras que el lead time se refiere al tiempo necesario para reponer la producción.

2.6.1 Periodic-Review, Order-Up-to-Level (R, S) System

El sistema de nivel de reabastecimiento (R, S) revisa los niveles de inventario en intervalos de tiempo definidos por un período R . En cada revisión, se realiza un pedido de reposición para elevar el nivel de inventario al punto deseado. (Visentin, Prestwich, Rossi, & Tarim, 2021).

2.6.2 Order-Point, Order-Up-to-Level (s, S) System

El sistema (s, S) opera bajo revisión continua, donde se realiza un pedido cuando el inventario cae al nivel s o por debajo. La cantidad de reabastecimiento es variable y se ordena lo suficiente para elevar el inventario hasta el nivel S . Este método mantiene el stock dentro de un rango controlado, optimizando costos de reposición y evitando desabastecimientos. (Silver & Pyke, 1998)

Dada la literatura sobre gestión de inventarios, se ha seleccionado la política **Order-Point, Order-Up-to-Level (s, S)** debido a su eficiencia en costos y su capacidad para mantener el inventario dentro de un rango controlado.

En comparación con otros métodos, como el sistema **(R, S)**, que opera bajo revisión periódica, el modelo **(s, S)** resulta más preciso al responder dinámicamente a cambios en la demanda, reduciendo costos de mantenimiento y minimizando riesgos de desabastecimiento. Además, la literatura (Zipkin, 2000) respalda su uso en productos con demanda variable, ya que optimiza los costos totales de reposición, almacenamiento y escasez. Por ello, se trabajó en el desarrollo de estas políticas en el producto terminado de las categorías.

Para el establecimiento de la aplicación de las políticas, se evaluó la normalidad de los datos para el diseño de las políticas del grupo de SKU escogidos dentro del desarrollo

de las políticas y se pudo evidenciar que no todos los SKU cumplen con el criterio de normalidad. La evaluación se realizó en Minitab por categoría secundaria (Convencional, Orgánico, Maduro y Patacón) usando el estadístico de Anderson-Darling para determinar si los datos cumplen el supuesto de normalidad para una prueba t. Bajo la siguiente hipótesis y con un nivel de confianza del 95%:

H_0 : Los datos siguen una distribución normal

H_1 : Los datos no siguen una distribución normal

Se muestra un ejemplo en la Figura 2.11 y Figura 2.12 dentro de la categoría de Banano convencional por 2 SKU:

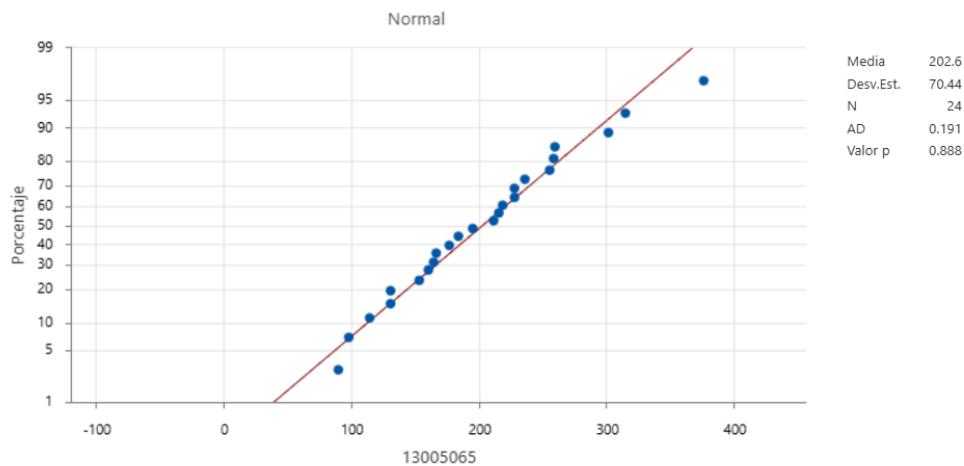


Figura 2.11 Prueba de normalidad para SKU 13005065 banano convencional

Fuente: Autor

Conclusión: Dado que el valor $p > 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que los datos siguen una distribución normal.

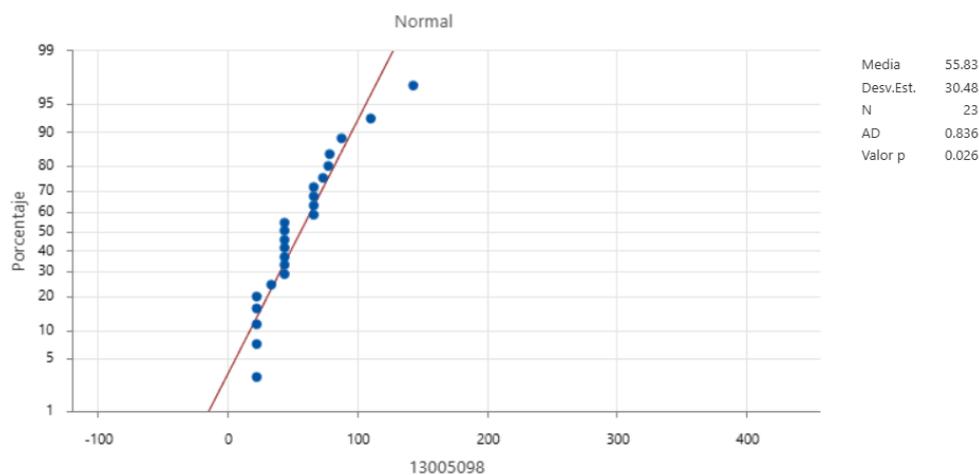


Figura 2.12 Prueba de normalidad para SKU 13005098 banano convencional

Fuente: Autor

Conclusión: Dado que el valor $p \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que los datos no siguen una distribución normal.

Esta prueba se realizó para todos los SKU con el objetivo de diseñar las políticas correspondientes. Para aquellos que cumplían con el criterio de normalidad, se utilizaron las siguientes fórmulas para su diseño:

Punto de reorden:

$$s = \hat{D} + SS$$

Ecuación 1. Punto de reorden para SKU normales

$$s = \hat{D} + k \times \hat{\sigma}$$

Ecuación 2. Punto de reorden para SKU normales desagregando el inventario de seguridad

Nivel máximo S:

$$S = s + \hat{D}$$

Ecuación 3. Nivel máximo del inventario para SKU normales

Donde:

\hat{D} = Demanda mensual promedio pronosticada

$\hat{\sigma}$ = desviación estandar de la demanda mensual pronosticada

k = factor de seguridad

Se asignó el factor de seguridad considerando la clasificación ABC para optimizar la gestión de inventario, considerando los niveles de servicio: A a 98%, B a 90%, C a 80%. Además, se tomaron en cuenta el lead times previamente recolectados en el plan de recolección para cada categoría de producto (Banano y Plátano).

En alineación con el nivel máximo S (Ecuación 3) el inventario máximo esperado en piso se proyectó en 643 pallets, representando las posiciones estimadas de producto terminado. (Ver apéndice B y C)

Para aquellos SKU que no cumplieran con los criterios de normalidad, con la misma estructura de la política (s, S) se utiliza la forma propuesta por (Ray, 1981) sobre análisis del punto de reorden que no considera la distribución de los datos. En este caso, se ha optado por el uso de percentiles empíricos calculados con funciones de Excel, lo cual permite capturar la variabilidad real de la demanda.

Punto de reorden:

$$s = P_{\text{percentil nivel de servicio}} \times \text{Lead Time}$$

Ecuación 4. Punto de reorden para SKU no normales

Nivel máximo S:

$$S = P_{\text{percentil alto}} + s$$

Ecuación 5. Nivel máximo de inventario para SKU no normales

Donde:

$$P = \text{Demanda mensual promedio pronosticada}$$

$$\text{Lead time} = \text{leadtime durante la demanda}$$

En alineación con el nivel máximo S (Ecuación 5), el inventario máximo esperado en piso se proyectó en 216 pallets, representando las posiciones estimadas de producto terminado.

2.6.3 Plan maestro de producción para producto en proceso

(Silver & Pyke, 1998) destacan que el desarrollo de un Plan maestro de producción (MPS: Master production scheduling) efectivo es crucial debido a su impacto directo en la proyección del inventario final. Un MPS bien diseñado ayuda a mantener niveles de inventario adecuados, evitando tanto excesos como faltantes. Esto es vital para satisfacer la demanda del cliente sin incurrir en costos innecesarios de almacenamiento o enfrentar situaciones de desabastecimiento. Partiendo de esta premisa, se planteó la aplicación del modelo MPS para validar las cantidades de producción de cada producto en proceso dentro de la línea de plátano, dado su impacto significativo en la proyección del inventario final y en la eficiencia operativa de la cadena de suministro. Considerando el diagnóstico de inventario previamente realizado.

Para escoger el modelo aplicar se revisaron 4 referencias literarias:

Tabla 9. Resumen de la revisión literaria realizada para la elección del modelo de MPS

Referencia	Enfoque del Modelo	Características Clave
Venkataraman y Nathan (1994)	Programación lineal entera mixta	- MPS tradicional
		- Horizonte rodante
		- Demanda determinista
		- Múltiples líneas de producción
Mula et al. (2006)	Programación lineal difusa	- Restricciones de producción mínima según tamaño de lote
		- MPS a medio plazo
		- Contexto MRP con capacidad limitada
		- Multiproducto, multinivel y multiperiodo
Gutiérrez-Gutiérrez et al. (2016)	Programación lineal entera	- Flexibilidad en función objetivo, demanda y capacidad de recursos
		- MPS para productos finales con demanda independiente
		- Considera costos de producción e inventario
Mohammed et al. (2024)	Programación lineal y no lineal	- Aplicado a la industria química
		- MPS para mezcla de productos
		- Considera recursos dinámicos
		- Incluye costos de materiales y de inventario

Fuente: Autor

Escogiendo un modelo similar propuesto por (Venkataraman & Nathan, 1994), ya que este este modelo es relevante para entornos con múltiples líneas de producción y demanda predecible.

Conjuntos:

$i \in I \rightarrow$ Productos en proceso (SKU de maduro y SKU de patacon)

$t \in T \rightarrow$ Períodos (meses)

$j \in J \rightarrow$ Familias de productos a la que pertenece cada producto (Maduro y Patacon)

Parámetros:

D_{it} : Demanda de consumo del producto i en el período t

(Explotación de necesidad de producto en proceso de acuerdo a la demanda pronosticada para el PT)

h_i : Costo de mantenimiento de inventario del producto i

p_{it} : Costo de producción del producto i en el periodo t

C_{jt} : Capacidad máxima de producción de la familia j en el período t

G_{ij} : Parámetro binario (1 si el producto i pertenece a la familia j , 0 en el caso contrario)

I_{i0} : Inventario inicial del producto i

$P_{\min(t)}$: Producción mínima total requerida en cada período t

Variables:

x_{it} : Cantidad de producción del producto i en el período t

I_{it} : Nivel de inventario del producto i al final del período t

Función objetivo

$$\text{minimizar } Z = \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} (h_i \times I_{it} + p_{it} \times x_{it})$$

Ecuación 6. Función objetivo modelo MPS para producto en proceso

Con la Ecuación 6 se buscó minimizar el costo total considerando costos de producción y costos de mantenimiento de inventario.

s.t.

$$I_{i1} + x_{i1} = D_{i1} + I_{i0}, \forall i$$

Ecuación 7. Restricción para el balance de inventario inicial

$$I_{it} + x_{it} = D_{it} + I_{i,t-1}, \forall i, \forall t > 1$$

Ecuación 8. Restricción para el balance de inventario

Con la Ecuación 7 y Ecuación 8 se establece que la producción más el inventario del siguiente período deben cubrir la demanda y el inventario inicial de cada periodo.

$$\sum_{i \in I} G_{ij} \times x_{it} \leq C_{jt}, \forall j, \forall t$$

Ecuación 9. Restricción de capacidad de producción por familia de producto en proceso

Con la Ecuación 9 se establece que la producción de cada período no puede superar la capacidad específica de ese mes para cada familia de producto a la que perteneces el producto en proceso.

$$\sum_{i \in I} x_{it} \geq P_{\min(t)}, \forall t$$

Ecuación 10. Restricción de producción mínima por cada periodo para el total de producción de cada familia de producto de producto en proceso

Con la Ecuación 10 se incorpora una restricción de producción mínima por período para garantizar un flujo continuo en la línea productiva, evitando inactividad y subutilización de recursos.

$$x_{it} \geq 0, I_{it} \geq 0, \forall i, \forall t$$

Ecuación 11. Restricción de no negatividad del inventario y producción

Con la Ecuación 11 se asegura que el inventario y la producción sean valores no negativos.

Para la aplicación del modelo, se utilizaron 8 SKU de producto en proceso (4 de maduro y 4 de patacón). El costo de producción se estimó con base en el historial de 2023 y 2024, considerando la variación en el costo de materia prima según el mes del año. Para el costo de mantenimiento, se aplicó una tasa del 14% sobre el costo unitario de producción.

La ejecución del modelo se realizó en GAMS, obteniendo los resultados correspondientes a las toneladas de producción de plátano, tanto de maduro como de patacón, por cada periodo de evaluación (ver Tabla 10 y Figura 2.13). Asimismo, se obtuvo la proyección del inventario final de producto en proceso, la cual fue traducida a posiciones de inventario, considerando que esta es la variable de interés principal del proyecto (ver Tabla 11).

Producción total por familia de producto:

Tabla 10 Resultados de producción plátano en toneladas obtenidos de la ejecución del MPS

Categoría	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
Maduro	431	1002	894	802	1080	1074	1147	1172	1284	1285	1055	586
Patacón	552	583	551	583	502	616	599	0	0	0	0	0

Fuente: Autor

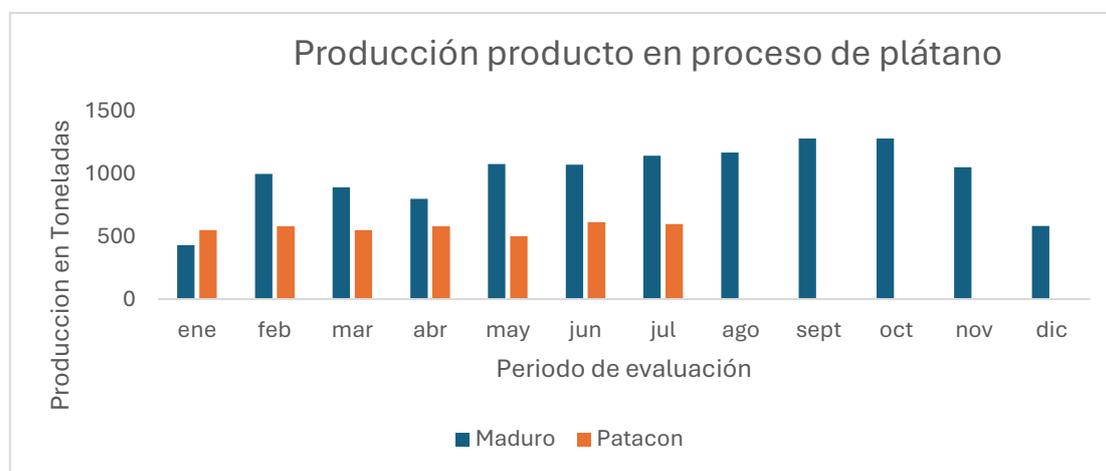


Figura 2.13 Resultados producción en toneladas obtenidos de producto en proceso de plátano tras la ejecución del MPS

Proyección de inventario final por periodo:

Tabla 11 Resultados obtenidos de la proyección del inventario final por periodo tras la ejecución del MPS

Inventario final plátano	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov
Inventario PP	456	670	790	961	1053	1278	1657	1299	970	737	583
Posiciones	1072	1576	1859	2262	2478	3007	3802	2982	2239	1643	1159

Fuente: Autor

Los resultados indican que la proyección máxima entre periodos alcanza las 3,802 posiciones.

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS

3.1 Resultados producto terminado

Para la evaluación de los resultados, se realizó una simulación semanal del proceso de reposición de inventario de producto terminado.

En esta simulación se consideraron los siguientes aspectos:

- **Despacho real por semana por SKU**, basado en el historial y la coordinación logística, asumiéndose como descuento de inventario para el ejercicio.
- **Reposición de inventario**, ajustada al punto de reorden y al nivel máximo, con el fin de proyectar el inventario final y traducirlo en posiciones de inventario disponible.

La simulación abarcó desde la semana 1 hasta la semana 52. No obstante, para la comparativa final, la evaluación de los resultados se centró en el periodo comprendido entre la semana 27 y la semana 52, dado que a partir de la semana 27 se dispone de datos reales.

Además, en la estimación de la necesidad de posiciones de producto terminado, se incluyeron las siguientes consideraciones:

- Posiciones asignadas a productos terminados (PT) fuera del análisis, debido a que su gestión requiere un modelo 100% MTO (Make-to-Order).
- Posiciones ocupadas por materia prima dentro de la cámara de almacenamiento.
- Posiciones destinadas a productos de temporada, los cuales tampoco formaron parte del análisis.

Los resultados estadísticos se resumen en la Tabla 12 (producto terminado). Las comparaciones gráficas correspondientes se muestran en las Figuras 3.1

3.1.1 Prueba de diferencia de medias de producto terminado

A partir de los resultados de la proyección de posiciones finales de producto terminado, se realizó una **prueba de diferencia de medias** para determinar si la implementación de las políticas propuestas genera una mejora significativa en el inventario promedio final, en comparación con los valores reales de 2024.

La prueba se ejecutó bajo las siguientes condiciones:

- **Tipo de prueba:** Prueba t para dos muestras independientes con varianzas iguales.
- **Nivel de confianza:** 95%.

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Hipótesis nula (H_0): No existe diferencia significativa entre el inventario promedio final real de 2024 y el proyectado tras la implementación de las políticas.

Hipótesis alternativa (H_1): La implementación de las políticas genera una diferencia significativa en el inventario promedio final

Tabla 12 Resultados estadísticos de diferencia de medias producto terminado inventario promedio actual vs inventario promedio con implementación políticas

Valor T GL Valor p

3.56	50	0.001
------	----	-------

Fuente: Autor

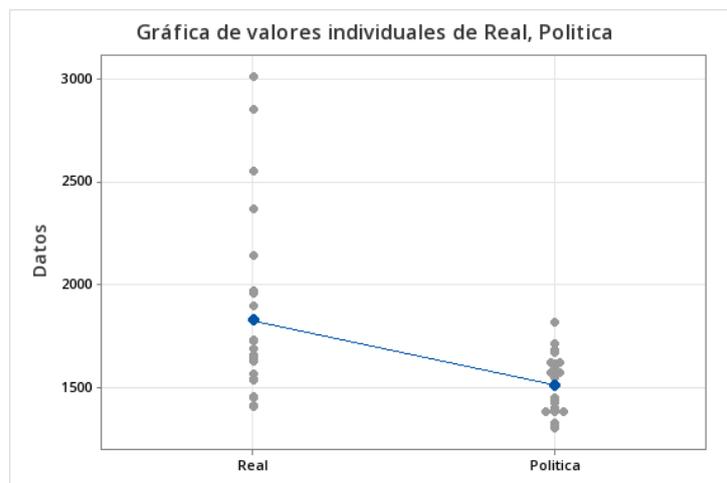


Figura 3.1 Gráfica de valores reales vs valores obtenidos después de la implementación de política producto terminado

Fuente: Autor

Dado que el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que **las políticas implementadas generaron un cambio estadísticamente significativo en el inventario promedio final.**

3.2 Resultados producto en proceso

Para la evaluación de los resultados, se consideró el inventario final tras la ejecución del modelo, tanto para **maduro** como para **patacón**, y se convirtió en posiciones de inventario para su análisis.

En esta evaluación se consideraron los siguientes aspectos:

- Posiciones de **producto en proceso (PP) por retenido**, generadas entre producciones, pero que no forman parte del análisis.
- Posiciones de **materia prima** que ocupan espacio asignado dentro de la cámara de almacenamiento.
- Posiciones de **productos de temporada**, que tampoco fueron incluidas en el análisis.

Se compararon los datos reales de 2024, correspondientes al periodo de enero a diciembre, con los resultados obtenidos tras la ejecución del modelo.

Los resultados estadísticos se resumen en la Tabla 13 (producto en proceso). Las comparaciones gráficas correspondientes se muestran en las Figuras 3.2

3.2.1 Prueba de diferencia de medias de producto en proceso

A partir de la proyección de posiciones finales dentro de **producto en proceso**, se realizó una **prueba de diferencia de medias** para evaluar si la optimización del **Master Plan de Producción** genera una mejora significativa en el inventario promedio final, en comparación con los valores reales de 2024.

La prueba se ejecutó bajo las siguientes condiciones:

- **Tipo de prueba:** Prueba t para dos muestras independientes con varianzas iguales.
- **Nivel de confianza:** 95%.

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Hipótesis nula (H_0): No existe diferencia significativa entre el inventario promedio final real de 2024 y el proyectado tras ejecución del modelo

Hipótesis alternativa (H_1): La ejecución del modelo genera una diferencia significativa en el inventario promedio final.

Tabla 13 Resultados estadísticos de diferencia de medias producto en proceso inventario promedio actual vs inventario promedio final

Valor T GL Valor p

3.08	22	0.006
------	----	-------

Fuente: Autor

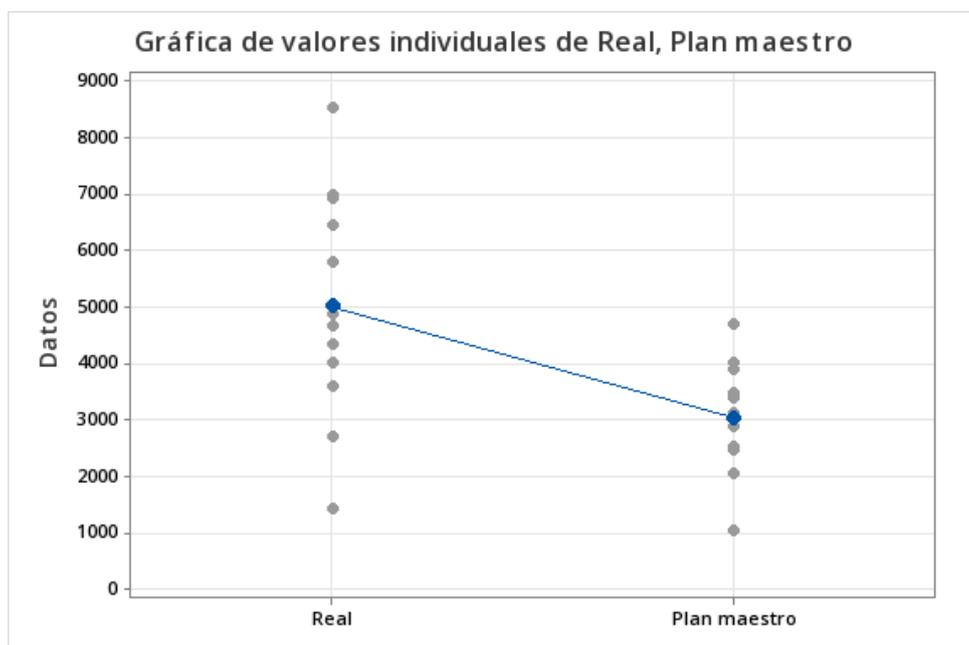


Figura 3.2 Gráfica de valores reales vs valores de implementación producto en proceso

Fuente: Autor

Criterio de decisión: Dado que el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que **la ejecución del modelo generó un cambio estadísticamente significativo en el inventario promedio final.**

3.2.2 Análisis de sensibilidad producto en proceso

Se llevaron a cabo distintos escenarios dentro del modelo de producción, en los cuales se evaluó el impacto del incremento en el costo unitario debido al aumento en el costo de la materia prima durante la temporada del año.

- Se realizaron múltiples réplicas considerando la aplicación de incrementos en el costo unitario, variando entre 20% y 40% en intervalos de cinco puntos porcentuales por réplica.

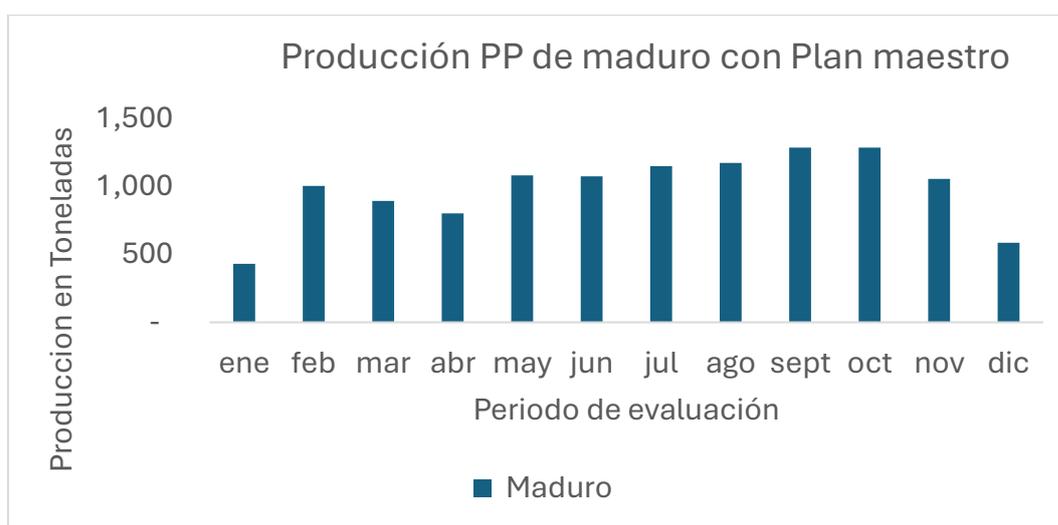


Figura 3.3 Resultado de producción PP mensual en toneladas considerando 20% en el costo unitario
Fuente: Autor

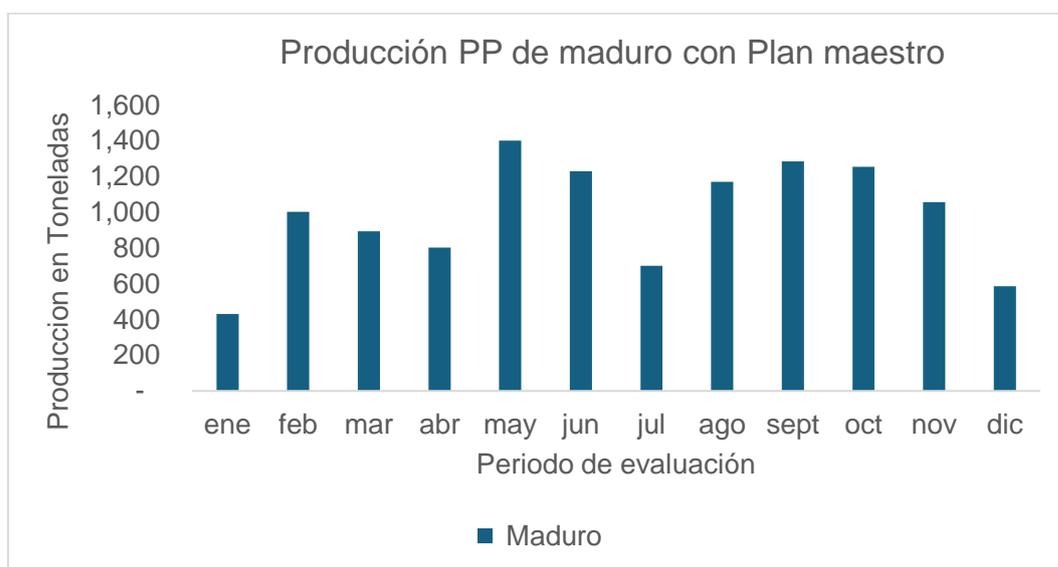


Figura 3.4 Resultado de producción PP mensual en toneladas considerando 40% en el costo unitario
Fuente: Autor

Como resultado del análisis, se observa que, en el primer escenario, con un incremento del 20% en el costo unitario, la producción en toneladas se mantiene constante, al igual que la proyección de inventario.

Sin embargo, en el último escenario, con un incremento del 40%, se evidencia la importancia de anticipar aún más la producción debido al impacto del costo de la materia prima. Esto requiere ajustes en el modelo actual de planificación, lo que a su vez genera una necesidad adicional de posiciones al final del periodo, superior a la proyectada originalmente por el modelo.

En la siguiente tabla se resume el resultado de los gastos de almacenamiento con los escenarios revisados:

Tabla 14 Resumen de resultados en posiciones adicionales requeridas y dólares por cada escenario de producción

Escenario	Posiciones adicionales requeridas	Gasto almacenamiento externo	Incremental
Costos unitario real 2024	860	\$45,580.00	
Incremento costo unitario al 20%	1070	\$56,710.00	24%
Incremento costo unitario al 25%	1526	\$80,878.00	43%
Incremento costo unitario al 30%	1670	\$88,510.00	9%
Incremento costo unitario al 35%	1670	\$88,510.00	0%
Incremento costo unitario al 40%	1670	\$88,510.00	0%

Fuente: Autor

En la Figura 3.5 se presenta un gráfico de líneas que resume la información de la tabla previamente mostrada. En este gráfico se visualiza, para cada escenario de incremento en el costo unitario (eje x), la cantidad de posiciones adicionales requeridas y su correspondiente impacto en USD (eje y) por cada punto porcentual de incremento.

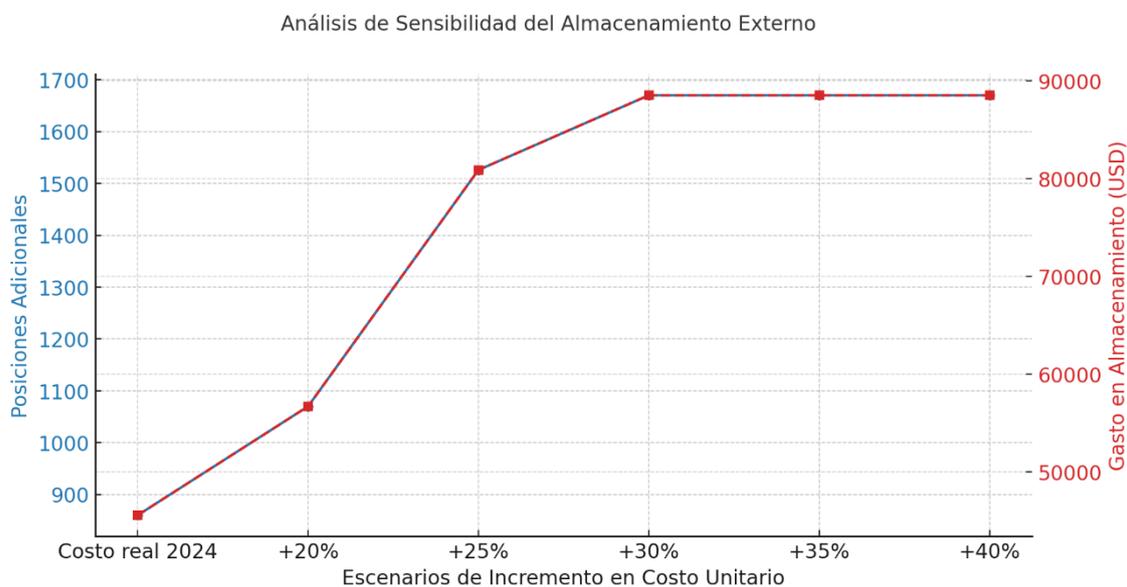


Figura 3.5 Análisis de sensibilidad del almacenamiento externo con incrementales asociados al costo unitario por producir

Fuente: Autor

Partiendo del resumen de la Tabla 14 y de la Figura 3.5, se pueden extraer las siguientes conclusiones derivadas del análisis de sensibilidad propuesto:

- El número de posiciones adicionales **aumenta de manera significativa hasta el 30% de incremento en costo unitario**, después de lo cual **se estabiliza en 1,670 posiciones**.
- A partir de un incremento del **30%**, la proyección del inventario final se mantiene constante, lo que implica que el gasto en almacenamiento externo sigue requiriendo la misma cantidad de posiciones adicionales. Este comportamiento se mantiene hasta alcanzar los **88,510 USD**, identificándose este valor como el **punto límite**.
- La estabilización sugiere que el sistema alcanza un límite logístico a partir de cierto punto.

3.3 Resultados financieros

3.3.1 Producto terminado

Los resultados relacionados con las posiciones adicionales requeridas se presentan en las Tablas 15 y 16, mientras que su evolución mensual puede observarse en las Figuras 3.6 y 3.7.

Tabla 15 Resultado de necesidad de posiciones adicionales mensuales requeridas para producto terminado con política

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Necesidad PT Mes (Política)	1325	1333	1324	1309	1320	1340	1324	1619	1619	1816	1712	1401
Disponible	1154											
<i>Adicionales</i>	<i>171</i>	<i>179</i>	<i>170</i>	<i>155</i>	<i>166</i>	<i>186</i>	<i>170</i>	<i>465</i>	<i>465</i>	<i>662</i>	<i>558</i>	<i>247</i>

Fuente: Autor

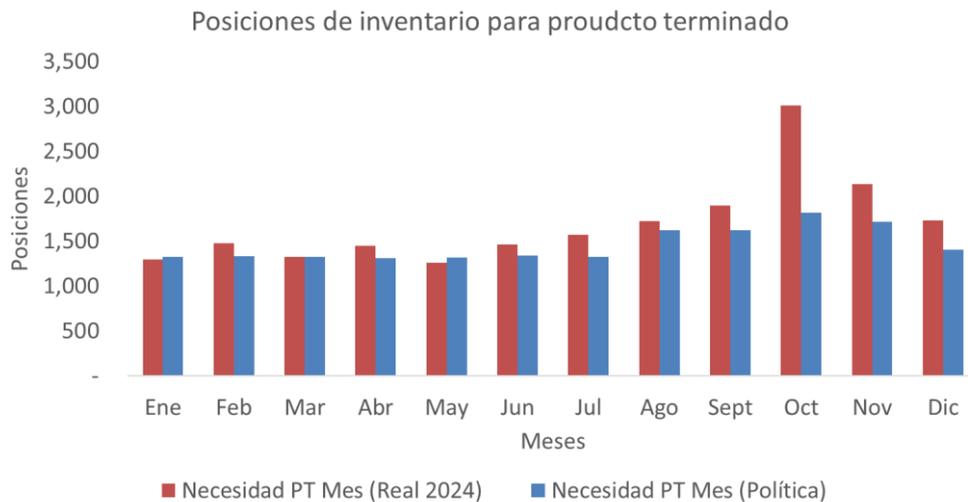


Figura 3.6 Posiciones de inventario para producto terminado mensual comparando la necesidad Real vs la necesidad por la nueva política de inventario

Fuente: Autor

Con un total de 3594 posiciones adicionales para todo el 2024 considerando el cierre mes a mes con un gasto total de almacenamiento externo \$222,828.

Se llevó a cabo la validación con los planeadores de producción respecto a las cantidades totales obtenidas semanalmente en las reposiciones. Durante este proceso, se identificó una restricción en la reposición semanal dentro de la categoría de banano, lo que llevó a una actualización en las cantidades de reposición y por tanto en la necesidad de posiciones de producto terminado (PT).

Tabla 16 Resultado de necesidad de posiciones adicionales mensuales requeridas para producto terminado con política de inventario tras validación con planificación de la producción

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Necesidad PT Mes (Política Ajustada)	1325	1369	1358	1327	1316	1340	1324	1619	1619	1816	1712	1401
Disponible	1154											
<i>Adicionales</i>	<i>171</i>	<i>215</i>	<i>204</i>	<i>173</i>	<i>162</i>	<i>186</i>	<i>170</i>	<i>465</i>	<i>465</i>	<i>662</i>	<i>558</i>	<i>247</i>

Fuente: Autor

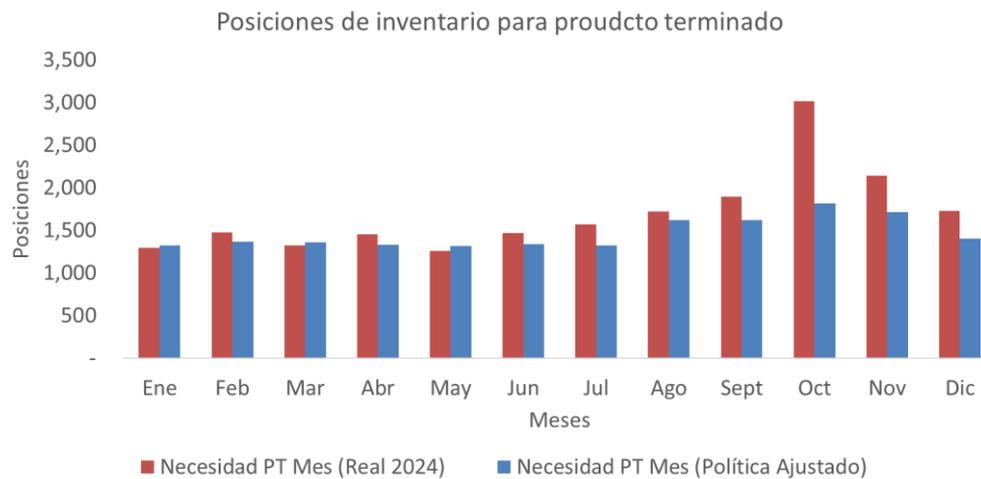


Figura 3.7 Posiciones de inventario para producto terminado mensual comparando la necesidad Real vs la necesidad por la nueva política de inventario tras validación con planificación de la producción

Fuente: Autor

Con un total de 3678 posiciones adicionales para todo el 2024 considerando el cierre mes a mes y un gasto total de almacenamiento externo es de \$228,036

Una vez consolidada la generación de los gastos, se comparan los totales resultantes de la implementación del proyecto con los gastos reales ejecutados en 2024. El análisis financiero del gasto mensual en almacenamiento externo se muestra en la Tabla 17 y en la Figura 3.8.

Se considera la necesidad de almacenamiento externo para producto en proceso, previamente estimada en **\$45,580**, así como la necesidad de almacenamiento para producto terminado, ajustada de acuerdo con la nueva política, por un total de **\$228,036**.

Tabla 17 Resumen de total gastos de almacenamiento externo mensual en Miles USD comparación Presupuesto inicial 2024, Real 2024 y Proyección propuesta tras implementación del proyecto.

Referencia	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	Totales
PPTO 2024	\$16	\$16	\$16	\$16	\$16	\$16	\$16	\$16	\$16	\$16	\$16	\$16	\$192
Real 2024	\$0	\$0	\$19	\$19	\$12	\$63	\$68	\$68	\$66	\$38	\$24	\$39	\$416
Proyección Propuesta	\$11	\$13	\$13	\$11	\$10	\$12	\$56	\$29	\$29	\$41	\$35	\$15	\$274

Fuente: Autor

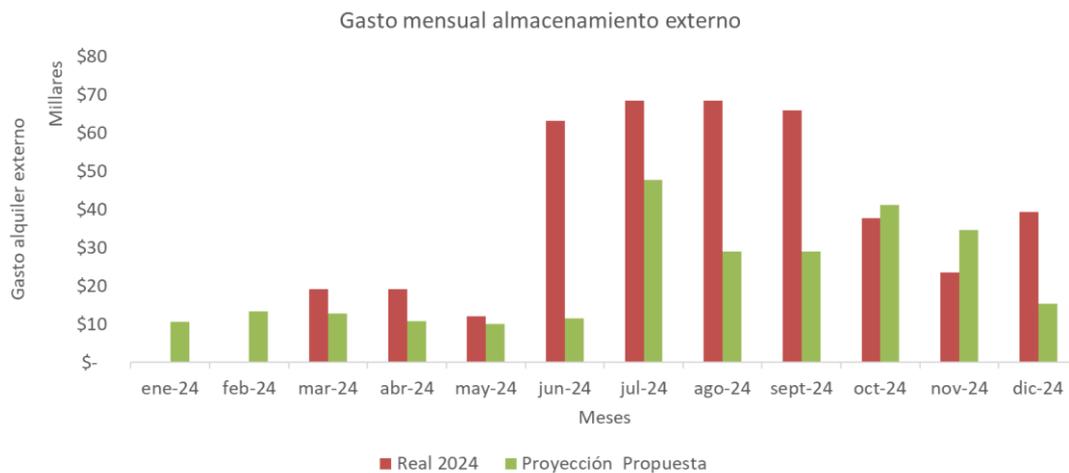


Figura 3.8 Gasto de almacenamiento externo mensual total en USD comparando Gasto Real vs Gasto proyectado por implementación del proyecto

Fuente: Autor

Se observa una reducción del 34% en el gasto de almacenamiento externo al comparar la proyección propuesta y la implementación del proyecto con los gastos reales de 2024.

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El proyecto logró diseñar una política de inventario para las categorías de plátano y banano, aplicando herramientas de optimización que permitieron reducir el stock innecesario y minimizar el exceso de inventario. Como resultado, se evidenció una reducción del 36% en los costos de almacenamiento externo en comparación con los valores reales de 2024, superando la meta inicial del 15% de reducción del gasto proyectado.

Se implementó una clasificación ABC basada en volumen de ventas e ingresos monetarios, lo que permitió enfocar la gestión de inventario en los productos de mayor impacto financiero y logístico. En el caso del Banano convencional, los productos tipo A representaron el 85% de los ingresos con 11 ítems (41%), los tipo B el 10% adicional con 6 ítems (22%) y los tipo C el resto con 10 ítems (37%). Para el Banano orgánico, los productos tipo A también concentraron el 85% de los ingresos con 5 ítems (33%), los tipo B un 10% adicional con 4 ítems (27%) y los tipo C el restante 6 ítems (40%).

En cuanto a los productos derivados de plátano, el análisis mostró que en Maduro frito, los productos tipo A representaron el 85% de los ingresos con 14 ítems (30%), tipo B el 10% con 12 ítems (26%) y tipo C el 5% restante con 21 ítems (45%). Finalmente, en la categoría Patacón, los productos tipo A representaron el 85% de los ingresos con 8 ítems (26%), los tipo B el 10% con 9 ítems (29%) y los tipo C el 5% restante con 14 ítems (45%).

Se identificaron patrones de demanda y se analizaron datos históricos para mejorar la precisión del pronóstico. La aplicación de modelos de suavizamiento exponencial y Holt mejoró la exactitud de los pronósticos, con un MAPE entre 21% y 33%, dependiendo de la categoría.

Durante el diagnóstico de la gestión del inventario en proceso, se detectó una alta permanencia del inventario en 2024, con incrementos significativos en días de cobertura, especialmente en patacón (de 22 días en 2023 a 103 días en 2024), lo que reflejó oportunidades de mejora en la rotación de inventarios.

Se implementó la política (s, S) para la gestión del inventario de producto terminado. Se diferenciaron estrategias para productos con distribución normal y aquellos que no cumplieran este criterio, basándose en percentiles para el cálculo del punto de reorden.

La validación estadística mediante pruebas t confirmó que la implementación de las políticas de inventario y del modelo de optimización tuvo un impacto significativo en la reducción del inventario promedio final. Para producto terminado, se redujo de 1827 a 1513 posiciones ($p = 0.001$) y para producto en proceso, de 5020 a 3039 posiciones ($p = 0.006$). Esto permitió disminuir el gasto total en almacenamiento externo en un

36%, pasando de \$416,307 a \$265,136 en la proyección. En resumen, el proyecto demuestra que una gestión más técnica del inventario puede traducirse en mejoras operativas y financieras sostenibles para la empresa.

4.2 Recomendaciones

Políticas de Inventario

- Para el forecast se recomienda incluir variables externas como promociones, demanda de temporadas pasadas, tendencias del mercado, cambios en costos de materia prima.
- Reforzar la implementación de la política (s, S), con ajustes periódicos en los niveles de inventario mínimo y máximo según las fluctuaciones de la demanda y los tiempos de entrega.
- Incorporar políticas diferenciadas por estacionalidad y tipo de SKU, utilizando enfoques de demanda intermitente para productos de baja rotación.
- Automatización del reabastecimiento con herramientas de software que permitan ajustes dinámicos en los puntos de reorden, considerando variabilidad en tiempos de entrega y demanda.

Optimización del Plan Maestro de Producción

- Integrar simulaciones de escenarios de costos y demanda para evaluar la sensibilidad de las políticas ante cambios en precios de materia prima y logística.
- Incorporar a el modelo el costo de paradas y arranques de línea para evitar programaciones con lotes muy pequeños que resulten ineficientes.
- Se recomienda desglosar el costo unitario en costo de materia prima y costo de transformación, con el objetivo de mejorar la precisión en la toma de decisiones. Esta separación permitirá evaluar de manera más detallada las variaciones de precio derivadas de la disponibilidad de materia prima, facilitando una gestión más eficiente de costos y recursos.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, R., Cabanilla, B., & Abad, J. (2022). Diseño de políticas de inventario para una institución pública utilizando modelos de simulación. *Revista Tecnológica - ESPOLE*, 34(2), 181-195.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Administración de la cadena de suministro*.
- Croston, J. D. (1972). Forecasting and stock control for intermittent demands. *Journal of the Operational Research Society*, 23(3), 289-303.
- Gunawan, R. W. (2015). *Improvement of inventory control systems for raw material in a make-to-order company (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember)*.
- Gutiérrez-Gutiérrez, E., García-Alcaraz, J. L., & Macías-Escrivá, F. (2016). Plan maestro de producción basado en programación lineal entera para una empresa química. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 15(28), págs. 149-166.
- Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 22(4), 679-688.
- Mohammed, A., & Sleem, A. A. (s.f.). Linear and Non-Linear Models for Master Scheduling of Dynamic Resources Product Mix. *arXiv preprint arXiv:2402.11306*.
- Mula, J., Poler, R., García-Sabater, J. P., & Lario, F. C. (2006). Models for production planning under uncertainty: A review. *International Journal of Production Economics*, 103(1), 271-285.
- Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). *Production and Operations Analysis*. Waveland press.
- Ray, W. (1981). Computation of Reorder Levels When the Demands are Correlated and the Lead Time Random. *Journal of the Operational Research Society*, 32(1), 27-34.
- Silver, E. A., & Pyke, D. (1998). *Inventory management and production planning and scheduling*. John Wiley & Sons.
- Venkataraman, R., & Nathan, R. (1994). A multiobjective master production schedule with a rolling horizon and deterministic demand. *European Journal of Operational Research*, 72(3), 404-417.
- Visentin, A., Prestwich, S., Rossi, R., & Tarim, A. (2021). Computing optimal (R, s, S) policy parameters by a hybrid of. *European Journal of Operational Research*, 294(1), 91-99.
- Zipkin, P. H. (2000). *Foundations of inventory management*. McGraw-Hill.

APÉNDICE A

Categorización de la demanda para producto terminado

Código	Categoría	Categoría 1	Patrón de Demanda (2024)	Media pronosticada (2024)	Media (2024)	Desv (2024)	CV	ABC
13005067	Banano lqf	Banano Convencional	Tendencia	276.29	263.09	87.62	0.33	A
13005065	Banano lqf	Banano Convencional	Estable	222.28	238.78	67.11	0.28	A
13005068	Banano lqf	Banano Organico	Tendencia	155.27	134.61	73.22	0.54	A
13005132	Banano lqf	Banano Convencional	Tendencia	118.04	101.81	50.35	0.49	A
13006783	Banano lqf	Banano Convencional	Tendencia	98.69	89.83	48.25	0.54	A
13006992	Banano lqf	Banano Convencional	Tendencia	74.87	71.32	58.32	0.82	A
13006542	Banano lqf	Banano Convencional	Estable	93.78	97.91	48.70	0.50	A
13005075	Banano lqf	Banano Convencional	Tendencia	53.52	45.35	32.36	0.71	A
13005098	Banano lqf	Banano Convencional	Tendencia	75.83	67.00	33.02	0.49	A
13005042	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	33.48	31.68	51.60	1.63	A
13005069	Banano lqf	Banano Organico	Estable	74.01	68.33	31.50	0.46	A
13006884	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	41.37	48.13	34.42	0.72	A
13005107	Banano lqf	Banano Organico	Tendencia	53.65	43.00	23.54	0.55	A
13005117	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	16.84	15.00	30.90	2.06	A
13007481	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	27.18	28.12	30.25	1.08	A
13005102	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	24.40	20.00	28.64	1.43	A
13005020	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	38.44	40.28	29.41	0.73	B
13006990	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	22.64	19.62	18.09	0.92	B
13005131	Banano lqf	Banano Convencional	Tendencia	25.81	20.30	16.17	0.80	B
13005111	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	10.96	12.34	14.41	1.17	B
13005070	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	7.77	7.77	16.71	2.15	B
13005088	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	7.33	8.25	16.99	2.06	B
13005010	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Moderado	9.13	9.64	8.01	0.83	B
13005270	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	10.64	9.07	11.21	1.24	B
13005091	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	7.30	7.30	11.71	1.60	B
13005074	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	9.19	7.56	14.77	1.95	C
13006989	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	9.00	10.00	16.04	1.60	C
13007429	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	6.75	5.46	9.88	1.81	C
13006856	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	5.50	5.50	9.95	1.81	C
13006882	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	4.38	1.83	6.35	3.46	B
13005384	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	6.57	5.20	8.00	1.54	C
13005085	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	6.40	5.90	7.47	1.27	C
13007094	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	6.31	4.99	9.02	1.81	C
13005073	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	3.94	3.67	8.56	2.34	C
13007312	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	3.43	3.43	8.01	2.34	C
13005087	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	3.15	2.81	6.99	2.49	C
13005162	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	2.50	2.50	6.22	2.49	C
13007300	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	2.30	2.02	6.62	3.27	C
13005383	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	1.89	2.17	3.91	1.81	C
13007594	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	0.95	0.95	3.30	3.46	C
13005012	Banano lqf	Banano Organico	Intermitente Errático	0.83	1.67	5.77	3.46	C
13006854	Banano lqf	Banano Convencional	Intermitente Errático	0.34	0.02	0.08	3.46	C

Código	Categoría	Categoría 1	Patrón de Demanda (2024)	Media pronosticada (2024)	Media (2024)	Desv (2024)	CV	ABC
13006554	Platano lqf	Maduro Frito	Tendencia	211.52	208.14	134.46	0.65	A
13000540	Platano lqf	Patacon Regular	Tendencia	122.83	112.44	29.73	0.26	A
13000456	Platano lqf	Maduro Frito	Tendencia	65.43	67.36	38.43	0.57	A
13006610	Platano lqf	Maduro Frito	Tendencia	70.47	66.32	42.60	0.64	A
13000482	Platano lqf	Maduro Frito	Estable	96.54	93.48	30.74	0.33	A
13005632	Platano lqf	Maduro Frito	Tendencia	48.82	39.93	40.00	1.00	A
13007303	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	25.63	27.99	25.80	0.92	A
13000539	Platano lqf	Patacon Regular	Tendencia	47.95	38.85	16.99	0.44	A
13000487	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	18.88	12.89	25.99	2.02	A
13000483	Platano lqf	Maduro Frito	Estable	57.06	54.39	20.29	0.37	A
13000476	Platano lqf	Maduro Frito	Tendencia	26.49	23.65	16.75	0.71	A
13000470	Platano lqf	Maduro Frito	Tendencia	23.06	21.06	19.26	0.91	A
13000486	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	12.94	11.10	13.91	1.25	A
13006609	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	12.28	12.28	12.26	1.00	A
13000530	Platano lqf	Patacon Regular	Tendencia	26.40	19.06	14.38	0.75	A
13000468	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Moderado	15.94	8.18	14.60	1.78	A
13002445	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	14.00	10.00	12.36	1.24	A
13000529	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	12.97	16.20	13.16	0.81	A
13006778	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	12.49	14.30	13.65	0.95	B
13000484	Platano lqf	Maduro Frito	Tendencia	32.64	28.69	9.34	0.33	A
13000537	Platano lqf	Patacon Regular	Tendencia	25.31	18.00	9.68	0.54	A
13000493	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	14.40	14.61	10.82	0.74	B
13000460	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	11.97	11.97	12.51	1.04	B
13000488	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	11.00	10.36	11.21	1.08	B
13000481	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	10.48	7.53	12.91	1.71	B
13000477	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	9.30	8.14	7.15	0.88	B
13000531	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	7.45	8.50	6.95	0.82	A
13000513	Platano lqf	Trozos	Intermitente Errático	6.69	8.53	12.65	1.48	B
13007311	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	5.44	6.05	9.70	1.60	B
13006696	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Moderado	7.26	7.13	7.02	0.99	B
13006850	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	7.14	5.31	9.08	1.71	B
13005249	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	5.79	7.21	8.52	1.18	C
13000485	Platano lqf	Maduro Frito	Tendencia	14.16	11.44	4.66	0.41	B
13007387	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	3.95	4.69	7.41	1.58	B
13007249	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	3.89	4.54	5.71	1.26	B
13000467	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	3.79	4.12	6.23	1.51	C
25007300	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	3.57	5.77	7.89	1.37	B
13007051	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	3.29	3.29	11.40	3.46	C
13000542	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	3.19	3.67	5.85	1.59	B
13000516	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	3.01	3.01	5.54	1.84	B
13000480	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	2.81	2.81	6.57	2.34	B
13002449	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	2.00	2.00	6.92	3.46	B
13007117	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	1.48	2.96	6.92	2.34	C
13006510	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	6.10	1.31	2.43	1.86	B
13000538	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	5.90	6.16	4.72	0.77	B
25007307	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	5.06	7.60	10.34	1.36	C
13007246	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	4.99	4.70	4.89	1.04	C
13007139	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	4.81	2.12	4.95	2.34	A
13000459	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	3.89	2.45	4.01	1.64	C
13006730	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	3.66	4.19	3.97	0.95	B
13005146	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	3.25	2.44	2.78	1.14	C
13007297	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	3.24	4.19	7.21	1.72	C
13007247	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	2.81	2.31	2.59	1.12	C
13000494	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	2.50	2.45	3.66	1.49	C
13007248	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	2.13	1.50	1.81	1.20	C
13007755	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	2.00	2.00	6.91	3.46	C
13006697	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	1.87	2.72	4.00	1.47	C
25007203	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	1.87	1.87	4.47	2.39	C
13002447	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	1.53	0.95	3.30	3.46	C
13000541	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	1.50	1.50	5.19	3.46	C
13000548	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	1.31	1.42	1.24	0.87	C
13007666	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	1.23	2.05	4.90	2.39	C
13002459	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	0.86	0.86	2.97	3.46	C
13006506	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	0.82	0.82	1.91	2.34	C
13000525	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	0.63	0.63	1.72	2.75	C
13007369	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	0.54	0.54	1.88	3.46	C
13006905	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	0.50	0.50	1.73	3.46	C
13000489	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	0.50	0.50	1.73	3.46	C
13007451	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	0.45	0.45	1.57	3.46	C
13007304	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	0.39	0.39	0.91	2.36	C
13000490	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	0.36	0.36	1.25	3.46	C
13000545	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	0.33	0.33	1.15	3.46	C
13000507	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	0.25	0.25	0.87	3.46	C
25007332	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	0.14	0.14	0.48	3.46	C
25007340	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	0.10	0.10	0.35	3.46	C
13007800	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	-	1.96	6.79	3.46	C
25007382	Platano lqf	Maduro Frito	Intermitente Errático	-	1.14	3.94	3.46	C
13000544	Platano lqf	Patacon Regular	Intermitente Errático	-	0.33	1.15	3.46	C

APÉNDICE B

Políticas de inventario

Código	Categoría	Categoría 1	DESVIACION LEAD TIME DEMAND	stock de seguridad SS	Promedio Lead time demanda	Punto de reorden Política s,S	Inventario Máximo S	Pallets mínimos con Política s,S	Días de Inventario sS
13005067	Banano lqf	Banano Convencional	31	63.67	36.84	100.50	137.34	113.00	14.91
13005065	Banano lqf	Banano Convencional	24	49.29	29.64	78.93	108.56	91.00	14.65
13005068	Banano lqf	Banano Organico	26	53.40	20.70	74.10	94.80	88.00	18.32
13005132	Banano lqf	Banano Convencional	18	36.97	15.74	52.71	68.45	63.00	17.40
13006783	Banano lqf	Banano Convencional	17	34.91	13.16	48.07	61.23	56.00	18.61
13006992	Banano lqf	Banano Convencional	21	43.13	9.98	53.11	63.09	52.00	25.28
13006542	Banano lqf	Banano Convencional	17	34.91	12.50	47.42	59.92	48.00	19.17
13005075	Banano lqf	Banano Convencional	11	22.59	7.14	29.73	36.86	41.00	20.66
13005098	Banano lqf	Banano Convencional	12	24.64	10.11	34.76	44.87	41.00	17.75
13005042	Banano lqf	Banano Convencional	18	36.97	4.46	41.43	45.89	38.00	41.13
13005069	Banano lqf	Banano Organico	11	22.59	9.87	32.46	42.33	36.00	17.16
13006884	Banano lqf	Banano Convencional	12	24.64	5.52	30.16	35.68	33.00	25.87
13005107	Banano lqf	Banano Organico	8	16.43	7.15	23.58	30.74	28.00	17.19
13005117	Banano lqf	Banano Organico	11	22.59	2.24	24.84	27.08	28.00	48.25
13007481	Banano lqf	Banano Organico	11	22.59	3.62	26.21	29.84	25.00	32.94
13005102	Banano lqf	Banano Convencional	10	20.54	3.25	23.79	27.04	23.00	33.25
13005131	Banano lqf	Banano Convencional	5	6.41	3.44	9.85	13.29	13.00	15.45

APÉNDICE C

Políticas de inventario

Código	Categoría	Categoría 1	DESVIACION LEAD TIME DEMAND	stock de seguridad SS	Promedio Lead time demanda	Punto de reorden Politica s,S	Inventario Máximo S	Pallets mínimos con Politica s,S	Días de Inventario sS
13006554	Platano lqf	Maduro Frito	24	49.29	7.05	56.34	63.39	59.00	8.99
13000540	Platano lqf	Patacon Regular	5	10.27	4.09	14.36	18.46	19.00	4.51
13000456	Platano lqf	Maduro Frito	7	14.38	2.18	16.56	18.74	18.00	8.59
13006610	Platano lqf	Maduro Frito	7	14.38	2.35	16.73	19.07	18.00	8.12
13000482	Platano lqf	Maduro Frito	5	10.27	3.22	13.49	16.70	15.00	5.19
13005632	Platano lqf	Maduro Frito	7	14.38	1.63	16.00	17.63	15.00	10.83
13007303	Platano lqf	Maduro Frito	4	8.21	0.85	9.07	9.92	12.00	11.62
13000539	Platano lqf	Patacon Regular	3	6.16	1.60	7.76	9.36	10.00	5.85
13000487	Platano lqf	Maduro Frito	4	8.21	0.63	8.84	9.47	8.00	15.06
13000483	Platano lqf	Maduro Frito	3	6.16	1.90	8.06	9.97	8.00	5.24
13000476	Platano lqf	Maduro Frito	3	6.16	0.88	7.04	7.93	7.00	8.98
13000470	Platano lqf	Maduro Frito	3	6.16	0.77	6.93	7.70	7.00	10.01
13000486	Platano lqf	Maduro Frito	2	4.11	0.43	4.54	4.97	6.00	11.52
13006609	Platano lqf	Patacon Regular	2	4.11	0.41	4.52	4.93	6.00	12.04
13000530	Platano lqf	Patacon Regular	2	4.11	0.88	4.99	5.87	6.00	6.67
13000468	Platano lqf	Maduro Frito	2	4.11	0.53	4.64	5.17	5.00	9.73
13002445	Platano lqf	Maduro Frito	2	4.11	0.47	4.57	5.04	5.00	10.80
13000529	Platano lqf	Patacon Regular	2	4.11	0.43	4.54	4.97	5.00	11.50
13000484	Platano lqf	Maduro Frito	1	2.05	1.09	3.14	4.23	4.00	3.89
13000537	Platano lqf	Patacon Regular	1	2.05	0.84	2.90	3.74	4.00	4.43
13000485	Platano lqf	Maduro Frito	0	-	0.47	0.47	0.94	2.00	2.00

