



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERA INDUSTRIAL

“PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE EL DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA EMPRESA "BALANCEADOS NUTRITIVOS" DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

ASISCLO ANDRÉS SUÁREZ ORNA

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERA INDUSTRIAL

“PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE EL DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA EMPRESA "BALANCEADOS NUTRITIVOS" DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: ASISCLO ANDRES SUAREZ ORNA

DIRECTOR: ING. BRYAN GUILLERMO GUANANGA RODRÍGUEZ

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Asisclo Andrés Suarez Orna

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Asisclo Andrés Suarez Orna, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de junio 2024

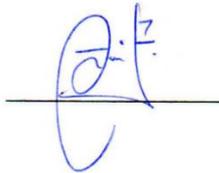
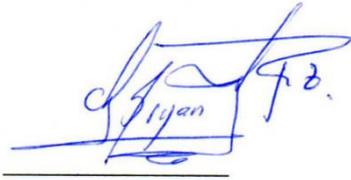


Asisclo Andrés Suarez Orna

C.I: 060416730-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **“PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE EL DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA EMPRESA "BALANCEADOS NUTRITIVOS" DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**, realizado por el señor: **ASISCLO ANDRÉS SUAREZ ORNA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde, Mg. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-06-10
Ing. Bryan Guillermo Guananga Rodríguez DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-10
Ing. Juan Diego Erazo Rodríguez ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-10

DEDICATORIA

Este trabajo está profundamente dedicado al esfuerzo incondicional de mi madre y mi padre, quienes nunca claudicaron y siempre me brindaron su amor a lo largo de este trayecto. A mis queridos hermanos, quienes compartieron esta travesía conmigo y me brindaron ayuda inconmensurable en los momentos más cruciales, permitiéndome alcanzar este triunfo.

Asisclo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mi familia por acompañarme en esta epopeya de convertirme en un profesional. Effatá, porque se ha logrado, se logrará y se harán realidad mis metas con su apoyo.

Asisclo

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Administración de la producción.....	4
2.2 Pronósticos.....	4
2.2.1 Métodos de generación de pronósticos.....	5
2.2.2 Promedio simple.....	5
2.2.3 Promedio móvil ponderado.....	5
2.2.4 Suavización exponencial.....	6
2.2.5 Suavización exponencial doble.....	6
2.2.6 Suavización exponencial triple o método de Winters.....	7
2.2.7 Regresión lineal.....	7

2.3	Planificación	8
2.3.1	Producción	8
2.4	Planificación agregada	9
2.4.1	Método de fuerza laboral variable	10
2.4.2	Método de inventarios y faltantes	10
2.4.3	Método de subcontratación	11
2.4.4	Método de horas extras	11
2.4.5	Plan maestro de la producción	12
2.4.6	Plan agregado de producción	13
2.4.7	Plan de requerimientos de materiales	14
2.5	Inventarios	14
2.5.1	Gestión de inventarios	15
2.5.2	Almacenamiento	18
2.5.3	EPQ o POQ	18
2.6	Herramientas de Software para Planificación de la Producción	19
2.6.1	Excel como entorno de desarrollo en la gestión logística	19
2.6.2	Application Programming Interface (API)	20

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1	Introducción al Marco Metodológico	22
3.2	Fundamentos de la Metodología	22
3.2.1	Tipo de Investigación	22
3.2.2	Enfoque de la Investigación	22
3.2.3	Alcance de la Investigación	23
3.3	Diseño de la Investigación	23
3.3.1	Diseño No Experimental, Transversal y Longitudinal	24
3.3.2	Diseño de Investigación-Acción	24

3.4	Métodos, Técnicas e Instrumentos de Investigación	24
3.4.1	Métodos de Investigación	24
3.4.2	Técnicas de Investigación	25
3.4.3	Instrumentos de Investigación	25
3.5	Proceso de la investigación	27
3.5.1	Análisis de Procesos	27
3.5.2	Información de la empresa Balanceados Nutritivos	28
3.6	Costo del sistema actual de inventarios	33
3.6.1	Costo de inventarios	33
3.7	Análisis de la Cantidad Económica a Producir (Qp)	35
3.8	Clasificación ABC	38
3.8.1	Propuesta de clasificación ABC a través del Índice de Rotación	41
3.9	Pronósticos	43
3.10	Plan Agregado de Producción	52
3.11	Desarrollo del plan de mejora a través de una Herramienta de Software	65
CAPÍTULO IV		
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	76
4.1	Gestión de Inventario	76
4.2	Planeación de la Producción	81
4.3	Impacto de la Implementación de la Herramienta de Software	84
CAPÍTULO V		
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1	Conclusión	88
5.2	Recomendación	89

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Tipos de estrategias para la planificación.....	9
Tabla 2-2: Aspectos del Plan Maestro de Producción	13
Tabla 2-3: Categorías de inventarios	15
Tabla 3-1: Formato de la cedula de entrevista	25
Tabla 3-2: Catálogo de productos de la empresa Balanceados Nutritivos	29
Tabla 3-3: Materia prima para la elaboración de alimentos balanceados	30
Tabla 3-4: Tasa de utilización fija del almacén 1	33
Tabla 3-5: Tasa de utilización fija del almacén 2	34
Tabla 3-6: Tasa de utilización fija del almacén 3	34
Tabla 3-7: Recopilación de los datos técnicos más relevantes de los almacenes.....	34
Tabla 3-8: Costo de inventarios actual.....	35
Tabla 3-9: Análisis Qp	36
Tabla 3-10: Análisis de los días a producir y costos.....	36
Tabla 3-11: Alimentos balanceados demandados en el año 2023.....	38
Tabla 3-12: Clasificación ABC de los productos.....	39
Tabla 3-13: Cuadro resumen del análisis de clasificación ABC.....	39
Tabla 3-14: Clasificación de los productos demandados del año 2023	40
Tabla 3-15: Rotación de inventarios	41
Tabla 3-16: Cuadro resumen del análisis de clasificación ABC a través del índice de rotación	42
Tabla 3-17: Pronostico Simple para el año 2024	43
Tabla 3-18: Resumen de las medidas de desempeño del pronóstico simple.....	43
Tabla 3-19: Pronóstico promedio móvil ponderado para el año 2024	44
Tabla 3-20: Pronóstico suavización exponencial simple para el año 2024.....	45
Tabla 3-21: Pronóstico método de Holt para el año 2024.....	47
Tabla 3-22: Constantes de suavización y Normalización	48
Tabla 3-23: Pronóstico - Método de Winters para el año 2024	48
Tabla 3-24: Pronósticos del año 2024 y Medidas de Desempeño	50
Tabla 3-25: Resumen de las medidas de desempeño pronosticadas para el año 2024.....	51
Tabla 3-26: Datos para el Método de Nivelación con Horas Extras	52
Tabla 3-27: Plan agregado de la producción por el método nivelación con horas extras	53
Tabla 3-28: Datos para el Método Mixto.....	55

Tabla 3-29: Plan agregado de la producción por el método mixto	56
Tabla 3-30: Datos para el Método de Nivelación	58
Tabla 3-31: Plan agregado de la producción por el método de nivelación	58
Tabla 3-32: Datos para el método fuerza mínima con subcontratación	61
Tabla 3-33: Plan agregado de la producción por el método de fuerza de trabajo mínima	61
Tabla 3-34: Resumen de los costos de los planes agregados	64
Tabla 3-35: Manual de la herramienta software	70
Tabla 4-1: Diagrama de procesos de almacenamiento y expedición del producto final actual .	76
Tabla 4-2: Resumen del diagrama de procesos de almacenamiento y expedición actual	77
Tabla 4-3: Diagrama de procesos de almacenamiento y expedición del producto final propuesto	77
Tabla 4-4: Resumen del diagrama de procesos de almacenamiento y expedición Propuesto ...	78
Tabla 4-5: Resumen de las mejoras en recorrido y tiempo	79
Tabla 4-6: Resumen del recorrido de los productos clasificación A.....	80
Tabla 4-7: Resumen de los costos de los planes agregados	81
Tabla 4-8: Resumen de los costos de los planes agregados proyectados.....	81
Tabla 4-9: Resumen de las mejoras en la Planeación de la producción.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Mapa mental de la clasificación de los pronósticos por planeación	4
Ilustración 2-2: Incertidumbre en el tiempo	8
Ilustración 2-3: Mapa mental de las funciones del stock	17
Ilustración 3-1: Medidor de distancia láser	26
Ilustración 3-2: Localización de Balanceados Nutritivos.....	28
Ilustración 3-3: Exteriores de Balanceadas Nutritivos	28
Ilustración 3-4: Diagrama de flujo del proceso operativo del departamento de producción.....	31
Ilustración 3-5: Costo VS Cantidad a Producir	37
Ilustración 3-6: Análisis Q a través del programa POM QM for Windows	37
Ilustración 3-7: Grafica Cost VS Production Quantity.....	37
Ilustración 3-8: Modelo de Clasificación ABC	40
Ilustración 3-9: Clasificación ABC a través del índice de rotación	42
Ilustración 3-10: Demanda VS pronostico simple.....	44
Ilustración 3-11: Pronostico VS Promedio Ponderado.....	45
Ilustración 3-12: Demanda VS Suavización Exponencial Simple	46
Ilustración 3-13: Demanda VS Método de Holt.....	47
Ilustración 3-14: Demanda VS Método de Winters	49
Ilustración 3-15: Demanda VS Pronósticos calculados.....	51
Ilustración 3-16: Graficas del método de nivelación con horas extras.....	54
Ilustración 3-17: Graficas del método mixto.....	57
Ilustración 3-18: Graficas del método de nivelación.....	60
Ilustración 3-19: Graficas del método de fuerza de trabajo mínima con subcontratación	63
Ilustración 3-20: Grafica de barras de los costos generados por cada plan agregado de producción	64
Ilustración 3-21: Interfaz de la herramienta software.....	65
Ilustración 3-22: Base de datos de la herramienta software	66
Ilustración 3-23: Interfaz de pronósticos para el plan de producción.....	66
Ilustración 3-24: Interfaz de los métodos de los planes de producción.....	67
Ilustración 3-25: Interfaz individual del plan agregado de producción.....	67
Ilustración 3-26: Interfaz del análisis POQ	68
Ilustración 3-27: Clasificación ABC por producto.....	68
Ilustración 3-28: Clasificación ABC por índice de rotación	69
Ilustración 3-29: Interfaz del menú de graficas	69

Ilustración 4-1: Distribución ABC del almacén 1	79
Ilustración 4-2: Distribución ABC del almacén 2	80
Ilustración 4-3: Distribución ABC del almacén 3	80
Ilustración 4-4: Gráfica de barras de los métodos de los planes agregados de la.....	82
Ilustración 4-5: Gráfica de barras del método mixto para el año 2023 y 2024	83
Ilustración 4-6: Diagrama de flujo del proceso de la planificación de la producción actual.....	85
Ilustración 4-7: Diagrama de flujo del proceso de la planificación con la herramienta software	86
Ilustración 4-8: Herramienta software.....	87

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LOS ALMACENES

ANEXO B: CLASIFICACIÓN ABC DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS

ANEXO C: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL AREA DE PRODUCCIÓN

ANEXO D: CERTIFICADO DE SATISFACCIÓN DE BALANCEADOS NUTRITIVOS

RESUMEN

El presente estudio se centró en desarrollar una herramienta software especializada para la optimización de la planificación de la producción y gestión del almacenamiento en la empresa Balanceados Nutritivos, se han empleado datos pronosticados como base para la creación de la herramienta software. Para la gestión de almacenamiento, se aplicó un análisis de la huella de almacenamiento junto con la tasa de utilización fija para calcular el costo de unidad producida almacenada. Esto se llevó a cabo con el propósito de realizar una evaluación de la cantidad de producción (PQ) para determinar la cantidad óptima a producir mensualmente y el nivel de inventario medio requerido. La gestión de almacenes también implicó una categorización ABC de productos basada en la demanda y la rotación, resultando en una mejora del 2,65% en la eficiencia del tiempo de almacenamiento y una reducción del 3,26% en la distancia de recorrido. En cuanto a la planificación de la producción, se compararon diferentes técnicas de pronóstico utilizando métricas de rendimiento, destacando el método de Winters con un error medio absoluto porcentual (MAPE) del 10,60%, lo que indica la existencia de estacionalidad y tendencia en la demanda. Este pronóstico fue empleado para evaluar diversos enfoques de planificación agregada de la producción, siendo seleccionado el método de nivelación mixto como el más eficiente en términos de costos, con una mejora del 8,6% en ahorro de costos. Por último, se desarrolló una herramienta de software integral que abarca todos estos aspectos, resultando en una gestión más eficiente del área de producción y una toma de decisiones basada en datos más informada, lo que satisface las necesidades operativas de Balanceados Nutritivos.

Palabras clave: <HERRAMIENTA SOFTWARE > <CANTIDAD DE PEDIDO POR INTERVALO PERIÓDICO (POQ)> <CLASIFICACIÓN ABC> <PRONÓSTICOS OPERATIVOS> <PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN>.

1099-DBRAI-UPT-2024



SUMMARY

This study focused on developing a specialized software tool for optimizing production planning and storage management at Balanceados Nutritivos. Forecasted data were used as the foundation for creating the software tool. For storage management, a storage footprint analysis was conducted in conjunction with a fixed utilization rate to calculate the cost per unit of stored production. This was done to evaluate the production quantity (PQ) and determine the optimal monthly production quantity and the required average inventory level. Storage management also involved an ABC categorization of products based on demand and turnover, resulting in a 2.65% improvement in storage time efficiency and a 3.26% reduction in travel distance. Regarding production planning, different forecasting techniques were compared using performance metrics, with the Winters method standing out with a mean absolute percentage error (MAPE) of 10.60%, indicating the presence of seasonality and trend in demand. This forecast was used to evaluate various aggregate production planning approaches, with the mixed leveling method being selected as the most cost-efficient, resulting in an 8.6% cost savings. Finally, a comprehensive software tool was developed that encompasses all these aspects, resulting in more efficient production area management and more informed data-driven decision-making, which meets the operational needs of Balanceados Nutritivos.

Keywords: <SOFTWARE HARDWARE > <PERIODIC INTERVAL ORDER QUANTITY (POQ)> <ABC SORTING> <OPERATIVE FORECASTING> <AGGREGATE PRODUCTION PLAN>



Lic. Angela Cecibel Moreno Novillo
0602603938

INTRODUCCIÓN

Para la elaboración del presente trabajo se ha optado por analizar la situación de la empresa 'Balanceados Nutritivos'. Se localiza en la ciudad de Riobamba, en la dirección Panamericana Sur, Km 4 vía a la Costa. Esta empresa se especializa en la producción de alimentos balanceados de alta calidad para animales.

La planificación de la producción y la gestión de inventarios son dos aspectos fundamentales en la operación de una empresa. En el caso particular de la empresa "Balanceados Nutritivos", estos aspectos cobran una importancia aún mayor gracias a su enfoque constante en la mejora continua. Este enfoque especial se justifica por los desafíos inherentes a la producción y comercialización de alimentos balanceados para animales, que incluyen variaciones en la demanda y la necesidad de optimizar la eficiencia en la producción. Para abordar de forma efectiva estos desafíos, resulta imprescindible realizar un análisis de los procesos de producción y almacenamiento de los alimentos balanceados dentro de la empresa, a fin de elaborar una propuesta pertinente para la gestión de su planificación.

Actualmente, la empresa "Balanceados Nutritivos" experimenta un continuo crecimiento y, con el propósito de mantener su posición predominante en el mercado, se encuentra activamente buscando nuevas estrategias para optimizar sus procesos internos. Para tal fin, la empresa dispone de una variedad de softwares que respaldan sus operaciones, y está explorando activamente una herramienta de software especializada en la gestión eficiente de la producción y el inventario, con el objetivo de potenciar sus actividades operativas.

Dentro del presente trabajo, se plantea el desarrollo de una herramienta de software personalizada la cual ofrecerá una mayor visibilidad en sus procesos de cadena de suministro y procesos de producción, con los cuales se puede hacer una toma de decisiones más informadas y una mayor flexibilidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En la industria alimentaria, la planificación de la producción y la gestión de inventarios son cruciales para la competitividad a largo plazo, estas prácticas garantizan la calidad y la satisfacción del cliente, impulsando el éxito sostenible de las empresas en un mercado dinámico y competitivo.

La empresa "Balanceados Nutritivos" se caracteriza por su firme compromiso con el constante mejoramiento de sus procesos de planeación y gestión de inventario, en los cuales de manera general suelen presentarse oportunidades de mejora para solventar problemáticas como; manejo manual de documentación, actividades repetitivas en el registro de información y desafíos en el análisis de datos almacenados.

El manejo manual de documentación en empresas es frecuente y causa pausas en las actividades diarias debido al tiempo necesario para buscar y archivar documentos, afectando el flujo de trabajo.

Por otro lado, el uso de software estándar para la gestión de la cadena de suministro presenta limitaciones funcionales al no adaptarse a las necesidades específicas de cada empresa, lo que conlleva a una automatización limitada en el manejo documental y a procesos manuales repetitivos.

Esta situación conlleva a una asignación desequilibrada de recursos y una mayor dedicación de tiempo a tareas operativas, en la tal virtud, surge la necesidad de una solución personalizada que le permita a la empresa Balanceados Nutritivos ajustarse a sus políticas de mejora continua e innovación de los procesos. Por ende, la empresa ha decidido buscar una solución a través de una herramienta software adaptada a sus necesidades específicas.

1.2 Justificación

La siguiente propuesta técnica responde a la necesidad de mejorar la eficiencia en la planificación de la producción y la gestión de inventarios en la empresa “Balanceados Nutritivos”, el desarrollo de una herramienta de software personalizado ofrecerá una solución tecnológica especializada y adaptada a los requerimientos específicos de la empresa, permitiendo automatizar y optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones y potenciar la competitividad.

Esta herramienta software sirve como un modelo o prototipo para soluciones similares en otras empresas dentro y fuera de la industria alimentaria, ya que esta proporciona una plataforma sólida y flexible para desarrollar aplicaciones personalizadas que pueden adaptarse a diversas necesidades empresariales y así promover la mejora continua y la competitividad en diferentes industrias.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Optimizar la planificación de la producción y gestión de inventarios mediante una herramienta de software para la empresa 'Balanceados Nutritivos' de la ciudad de Riobamba.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis de los procesos actuales de producción e inventarios de la empresa “Balanceados Nutritivo”, identificando áreas de mejora y oportunidades de optimización a través de levantamiento de información.
- Realizar una clasificación de los productos según su nivel de criticidad
- Desarrollar una solución de software personalizada que automatice y mejore los procesos de planificación de la producción y almacenamiento.
- Elaborar y proporcionar un manual de usuario para los operarios, enfocado en el uso eficiente del software.
- Implementar y analizar el rendimiento de la herramienta de software para determinar su impacto en la optimización de procesos y la productividad.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Administración de la producción

La administración de la producción se ocupa de todos los aspectos relacionados con la planificación eficiente del proceso de transformación de la materia prima en producto final, con el objetivo de generar ganancias de manera rentable y confiable para las empresas. Según los autores (Collier, y otros, 2019 pág. 2) “La administración de operaciones es la ciencia y el arte de asegurar que los bienes y servicios sean creados y distribuidos exitosamente entre los clientes, incluye el diseño de bienes, servicios y los procesos que los crean”.

2.2 Pronósticos

Los pronósticos son proyecciones planificadas que buscan analizar factores relevantes, como las tendencias a lo largo del tiempo, para transformarlos en datos cualitativos y cuantitativos significativos. Estos datos se almacenan históricamente en una base de datos, permitiendo una toma de decisiones adecuada en diversos sectores, como el industrial, específicamente en la gestión de la producción. De este modo, se utilizan para anticipar y fundamentar la satisfacción de la demanda existente. Según (Carvajal, 2018 pág. 15) las áreas de producción, comercial y financiera “utiliza la información pronosticada como apoyo en la toma de decisiones; tal es el caso de fijar el nivel de producción para el próximo mes o estimar el nivel de inventarios a mantener en la compañía.”

Para obtener un pronóstico adecuado, es esencial seguir una estructura de planificación adecuada, tal como se ilustra en el siguiente gráfico.



Ilustración 2-1: Mapa mental de la clasificación de los pronósticos por planeación

Realizado por: El Autor, 2024

2.2.1 Métodos de generación de pronósticos

Los métodos de generación de pronósticos se emplean en la gestión de inventarios para estimar tendencias y puntos críticos del mercado (Espejo , 2022 pág. 87). Entre estos métodos, destacan:

a. Pronostico Cualitativo

Este método es más subjetivo ya que se fundamenta en juicios de valor y experiencias. Se utiliza cuando no hay una base histórica disponible.

b. Pronostico Cuantitativo

El método cuantitativo se enfoca en datos medibles, como análisis estadísticos o bases históricas, con el propósito de aplicar diversas técnicas estadísticas para revelar tendencias.

Este método se divide en dos categorías series de tiempo y casuales, existen varios métodos para realizar pronósticos, entre los cuales se incluyen:

2.2.2 Promedio simple

Método de pronóstico utilizado cuando no hay presencia de estacionalidad ni tendencias en los datos históricos (Espejo , 2022 pág. 70).

$$\text{Promedio Simple} = \frac{\text{Sumatoria de la demanda en los } n \text{ periodos previos}}{n}$$

Dónde:

N = Cantidad de periodos

2.2.3 Promedio móvil ponderado

Método de pronóstico empleado en ausencia de estacionalidad y tendencias en los datos históricos, con la distinción de asignar pesos ponderados a elementos más significativos, comúnmente basándose en la experiencia (Espejo , 2022 pág. 72).

Promdio móvil ponderado

$$= \frac{\sum (\text{Ponderación del periodo } n) * (\text{Demanda en el periodo } n)}{\sum \text{Ponderaciones}}$$

Dónde:

N = Cantidad de periodos

2.2.4 Suavización exponencial

Método de pronóstico utilizado cuando hay pocos datos históricos de estacionalidad y tendencias, requiriendo previamente el dato del pronóstico de promedio móvil ponderado para su aplicación (Espejo , 2022 pág. 75).

$$F_t = F_{t-1} + \alpha * (A_{t-1} - F_{t-1})$$

Dónde:

F_t = Nuevo pronóstico

F_{t-1} = Pronóstico del periodo anterior

α = Constante de suavización

A(t-1) = Demanda real del periodo anterior

2.2.5 Suavización exponencial doble

Método de pronóstico empleado en situaciones con escasos datos históricos de estacionalidad y tendencias, se distingue por agregar una constante de suavización con el propósito de minimizar el error (Espejo , 2022 pág. 76).

$$F_t = \alpha * (A_{t-1}) + (1 - \alpha) * (F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \delta * (D_t - D_{t-1}) + (1 - \delta) * (T_{t-1})$$

$$FIT_t = F_t + T_t$$

Donde:

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente con la serie de datos del periodo t

A(t-1) = Demanda del periodo anterior

F_{t-1} = Pronóstico del periodo anterior

T_{t-1} = Tendencia estimada para el periodo anterior

T_t = Tendencia suavizada para el período t

D_t = Pronostico de este periodo

D_{t-1} = Pronostico de este periodo del último periodo

FIT_t = Pronóstico de demanda con tendencia

2.2.6 Suavización exponencial triple o método de Winters

Este método de pronóstico se fundamenta en la anticipación de valores futuros mediante el análisis de datos históricos, poniendo especial énfasis en las tendencias y estacionalidades. Para modelar estos datos pronosticados, se consideran tres elementos cruciales: el nivel, la tendencia y la estacionalidad. La combinación de ponderaciones y pronósticos permite capturar patrones a lo largo del tiempo de manera efectiva (Andocilla , y otros, 2024 pág. 99).

$$L_t = \alpha(Y_t / S_{t-p}) + (1 - \alpha)[L_{t-1} + T_{t-1}]$$

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

$$S_t = \gamma(Y_t / L_t) + (1 - \gamma)S_{t-p}$$

Donde:

Y_t = Es el valor observado en el período t .

L_t = Es el pronóstico del nivel para el período t .

T_t = Es el pronóstico de la tendencia para el período t .

S_t = Es el pronóstico de la estacionalidad para el período t .

α = Es el factor de suavizado para el nivel

β = Es el factor de suavizado para la tendencia

γ = Es el factor de suavizado para la estacionalidad

p = Es la longitud del período estacional

2.2.7 Regresión lineal

El método de regresión lineal se emplea para establecer una relación entre una variable independiente y una o más variables dependientes. Es una herramienta comúnmente utilizada en el control de procesos y en el análisis de relaciones causa-efecto, entre otros campos (Espejo , 2022 pág. 79).

$$y = \alpha + \beta * X + \varepsilon$$

y = Es el valor de la variable dependiente.

α = Es el intercepto, que representa el valor de y cuando X es igual a cero.

β = Es la pendiente de la recta de regresión, que indica cuánto cambia y por cada unidad de cambio en X .

ε = Es el término de error, que representa la diferencia entre el valor observado y el valor predicho por la ecuación de regresión.

En la siguiente ilustración se puede observar la incertidumbre presente en un pronóstico, dependiendo del periodo de planificación establecido.

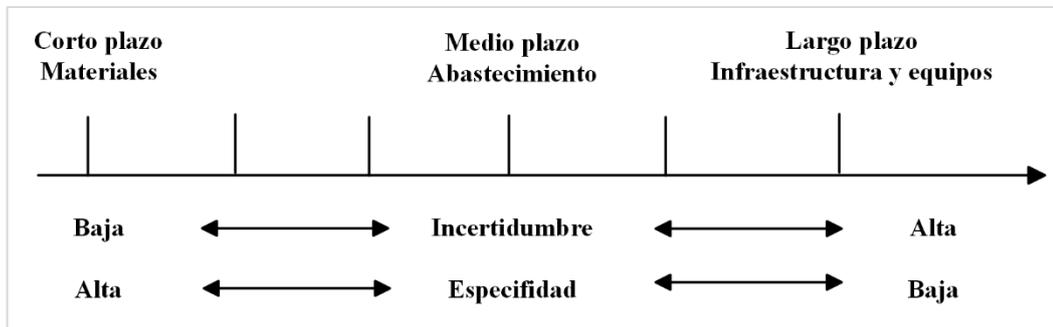


Ilustración 2-2: Incertidumbre en el tiempo

Fuente: “Gestión de inventarios: Métodos cuantitativos” de Marco Espejo, 2022

Para el autor (Palacios, 2019 pág. 36) la administración de la producción se describe como “La fabricación de un objeto físico por medio de operarios, materiales y equipos o la presentación de servicios por personas, en forma de información, consultoría” esto se logra mediante la aplicación de conceptos fundamentales de ingeniería de métodos, tiempos y movimientos, así como de normalización, siendo esenciales para alcanzar eficiencia y calidad en la producción.

2.3 Planificación

La planificación es una operación sistemática que abarca la evaluación de diversos parámetros de la producción o servicios, con el objetivo de reducir costos para potenciar la productividad.

Los autores (Evans, y otros, 2019 pág. 2) definen la planificación como "El proceso de desarrollar planes para la producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de los clientes y cumplan con los objetivos de la empresa".

2.3.1 Producción

La producción implica la administración de procesos para manufacturar bienes con el propósito de atender las necesidades y demandas del mercado. Este procedimiento se realiza mediante un sistema que integra mano de obra y tecnología para convertir materias primas en productos terminados.

Para el autor (Buzón, 2019 pág. 21) “La producción es una actividad estratégica de la empresa que se establece para lograr la máxima ventaja competitiva posible a través del sistema productivo, y siempre debe concordar con la estrategia empresarial general.”

2.4 Planificación agregada

La planificación agregada se presenta como un enfoque administrativo que abarca las operaciones laborales, producción y cadenas de suministro, con el objetivo de optimizar los recursos necesarios para cumplir con la demanda y los plazos de entrega establecidos a largo plazo. De acuerdo a los especialistas “un plan agregado es un proceso de la gestión de la producción que busca determinar una estrategia anticipada que permita cumplir con los requerimientos de producción” (Gelves , y otros, 2021 pág. 49).

Existe dos tipos de estrategias que se aplican en la planificación agregada comúnmente siendo estas:

Tabla 2-1: Tipos de estrategias para la planificación

Estrategia de persecución	Estrategia de nivelación
También conocida como "Push" en inglés, esta estrategia se denomina así porque impulsa los productos hacia el mercado al centrarse en equilibrar la producción, generando solo lo necesario mediante ajustes en factores como la mano de obra para satisfacer únicamente la demanda del mercado. Esto conduce a niveles de inventario bajos y es importante señalar que los inventarios no son un factor relevante en este caso.	También conocido como "Pull" en inglés, este enfoque se basa en el método de tirón o producción nivelada. La producción sigue el ritmo de la demanda fluctuante, siendo uniforme y ajustándose según la demanda del cliente. En este caso, los niveles de fluctúan para prevenir acumulaciones innecesarias.

Fuente: “Principios de la gestión de la producción: una revisión teórica y aplicada de los conceptos” de Gelves y otros, 2021

Realizado por: El autor, 2024

Existen varios métodos de la planeación agregada los autores (Gelves , y otros, 2021 págs. 50-51) describen los siguientes:

2.4.1 Método de fuerza laboral variable

Este enfoque se fundamenta en la comprensión del tiempo de fabricación de los productos para modificar la cantidad de empleados en función de los niveles de unidades o productos terminados existentes (Gelves , y otros, 2021 pág. 50).

$$\text{Numero de trabajadores} = \frac{\text{Demanda} * \text{Tiempo de fabricación}}{\text{Días laborables} * \text{Horas regulares}}$$

$$\text{Tiempo disponible} = \text{Días hábiles} * \text{Numero de operaciones} * \text{Horas de trabajo al día}$$

$$\text{Costos de contratar} = \text{Costos de contrata operarios} * \text{Operarios contratados}$$

$$\text{Costo de despedir} = \text{Costo de despedir} * \text{operarios despedidos}$$

$$\text{Costo de tiempo normal} = \text{Tiempo disponible} * \text{Costo de una hora en tiempo normal}$$

$$\text{Costo de plan agregado}$$

$$= \text{Costo de tiempo normal} + \text{Costo de contratar} + \text{Costo de despedir}$$

2.4.2 Método de inventarios y faltantes

Este enfoque persigue el equilibrio entre la producción y la demanda al apoyarse en la escasez de inventario, debería considerarse esta estrategia cada vez que sea factible mantener costos reducidos en los inventarios (Gelves , y otros, 2021 pág. 50).

$$\text{Tiempo disponible} = \text{días laborados} * \text{horas trabajadas} * \text{cantidad de operarios}$$

$$\text{producción real} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo de fabricación}}$$

$$\text{Inventario final} = \text{Inventario inicial} + \text{Producción real} - \text{Demanda}$$

$$\text{Costo total de inventario} = \text{Unidades en inventario} * \text{Costo de mantener inventario}$$

$$\text{Costo de faltantes} = \text{Unidades faltantes} * \text{Costo de faltantes}$$

$$\text{Costo de tiempo normal} = \text{Tiempo disponible} * \text{Costo de una hora en tiempo normal}$$

Costo de plan agregado

$$= \text{Costo de tiempo normal} + \text{Costo de faltantes} + \text{Costo de inventario}$$

Es importante resaltar que si el inventario final es menor a cero se le considera como unidad faltante

2.4.3 Método de subcontratación

En este enfoque se utiliza la subcontratación de una entidad externa para la fabricación del producto cuando el suministro no es suficiente, siguiendo una estrategia de persecución. Es esencial considerar que la calidad de la producción tiende a decrecer ya que se adhiere a los estándares de producción de la entidad subcontratada (Gelves , y otros, 2021 pág. 51).

$$\text{Tiempo disponible} = \text{días laborados} * \text{horas trabajadas} * \text{cantidad de operarios}$$

$$\text{Producción real} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo de fabricación}}$$

$$\text{Unidades subcontratadas} = \text{Demanda del periodo} - \text{Producción real}$$

Costo de subcontratación

$$= \text{Costo de unidad subcontratada} * \text{Unidades subcontratadas}$$

$$\text{Costo de plan agregado} = \text{Costo de tiempo normal} + \text{Costo de subcontratación}$$

2.4.4 Método de horas extras

En este enfoque se pretende aumentar la capacidad aprovechando la estrategia de horas extras con el fin de responder a la demanda. Vale la pena tener presente que este método puede resultar en

costos significativos y está sujeto a la normativa laboral específica de cada país (Gelves , y otros, 2021 pág. 51).

$$\textit{Tiempo disponible} = \textit{días laborados} * \textit{horas trabajadas} * \textit{cantidad de operarios}$$

$$\textit{Producción real} = \frac{\textit{Tiempo disponible}}{\textit{Tiempo de fabricación}}$$

$$\textit{Unidades extras} = \textit{Demanda del periodo} - \textit{Producción real}$$

$$\textit{Costo de tiempo normal} = \textit{Tiempo disponible} * \textit{Costo de una hora en tiempo normal}$$

$$\textit{Horas extras} = \textit{Unidades extras} * \textit{Tiempo de fabricación}$$

$$\textit{Costo de horas extras} = \textit{Horas extras} * \textit{Costo de una hora extra}$$

Inventario final

$$= \textit{Inventario inicial} + \textit{Producción real} + \textit{Unidades extras} - \textit{Demanda}$$

Costo total de inventario = *Unidades en inventario* * *Costo de mantener inventario*

Costo de plan agregado

$$= \textit{Costo de tiempo normal} + \textit{Costo de horas extras}$$

$$+ \textit{Costo total de inventario}$$

2.4.5 Plan maestro de la producción

El Plan Maestro de Producción, conocido por sus siglas en español PMP, se describe como las operaciones necesarias para asignar los recursos requeridos con el fin de alcanzar los objetivos establecidos por una organización, estas operaciones abarcan períodos tanto a corto como a mediano e incluso largo plazo.

Según los autores (García, y otros, 2020 pág. 170) “el plan maestro de producción consiste en la relación de las cantidades de los distintos productos terminados que va a fabricar la empresa en periodos futuros.”

Cabe recalcar que el Plan Maestro de Producción (PMP) abarca varios puntos cruciales para la administración de operaciones de cualquier entidad, algunos de los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2-2: Aspectos del Plan Maestro de Producción

Equilibrio entre Demanda y Producción	Asegura la armonización entre la demanda del mercado y la capacidad de producción para cumplir plenamente con las necesidades del cliente.
Flexibilidad Operativa	justa estratégicamente sus planes frente a cambios en la demanda, condiciones del mercado o eventos imprevistos.
Optimización del Inventario	Administra eficientemente los niveles de inventario para evitar excesos o faltantes, buscando la eficiencia en este aspecto.
Gastos de Producción	Incluyen tanto los costos fijos como variables asociadas a la producción.
Gastos Variables de la Capacidad Productiva	Corresponden a los costos vinculados a las variaciones en la demanda, como el aumento de las horas de trabajo.
Gastos de Almacenamiento	Se refieren a los costos asociados a la producción almacenada y no desplazada.

Fuente: “Fundamentos de Gestión de la producción” de García y otros, 2020

Realizado por: El Autor, 2024

2.4.6 Plan agregado de producción

El plan agregado de producción (PAP) es una técnica empleada para balancear recursos como la capacidad de producción y la mano de obra requerida, con el fin de establecer y alcanzar objetivos. Este proceso se ajusta periódicamente para mitigar las fluctuaciones de la demanda y asegurar un equilibrio operativo efectivo.

2.4.7 Plan de requerimientos de materiales

El Plan de Requerimientos de Materiales, abreviado como MRP en inglés, es un sistema que está integralmente integrado en la producción, ya que ajusta el uso de materias primas con el propósito de prevenir tanto la escasez como el exceso de inventario de manera oportuna. Esto permite cumplir eficientemente con los plazos de entrega y, por ende, satisfacer la demanda de manera efectiva.

El autor (Beltrán , 2019 pág. 3) define “La planeación de requerimiento de materiales como una técnica en la cual se plantean prioridades de los materiales, a través del tiempo, para cumplir con la demanda de los productos”

En la industria, la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) es ampliamente utilizado en la producción masiva. Esto se debe a la necesidad de establecer previamente las acciones a realizar y los métodos para llevarlas a cabo, todo basado en las estrategias funcionales específicas de la industria en la cual la empresa busca posicionarse competitivamente. Para lograr este propósito, resulta fundamental realizar un análisis y anticipar el comportamiento del mercado con el fin de tomar decisiones fundamentadas (Cáceres, y otros, 2021 pág. 66). Durante el desarrollo del MRP, se tienen en cuenta distintos aspectos, abordando:

- Plan Maestro de Producción (PMP)
- Pedidos de compra y fabricación
- Desglose de materiales
- Disponibilidad de maquinaria
- Distribución y formación del personal
- Volumen de producción por lote

2.5 Inventarios

Los inventarios se definen como “La cantidad almacenada de materiales, producto en proceso o producto terminado en una bodega o centro de distribución. La finalidad de los inventarios es la de soportar las variaciones en la demanda” (Gómez, y otros, 2020 pág. 173).

Se gestionan ya sea de forma manual o digital, manteniendo en ambos casos un registro de las unidades o productos de la empresa, son esenciales para conocer la disponibilidad de activos y, por lo general, se dividen en categorías, como se ilustra a continuación:

Tabla 2-3: Categorías de inventarios

Inventario de Materia Prima	Inventario de Productos en Proceso	Inventario de Producto Terminado
Refleja la contribución financiera de la empresa en elementos fundamentales para el proceso productivo y señala el comienzo de la cadena logística.	Incluyen los materiales que han experimentado o han pasado por un proceso y se almacenan para su utilización posterior.	Engloba los productos destinados a la venta directa al proveedor o al consumidor final. La cantidad está vinculada a las proyecciones de la demanda y la planificación de la producción.

Fuente: “Administración de Operaciones” de Gómez y otros, 2020

Realizado por: El autor

2.5.1 Gestión de inventarios

La gestión de inventarios comprende procedimientos esenciales para una planificación, adquisición y almacenamiento efectivos de los bienes o materiales de las empresas. Este proceso se lleva a cabo mediante un seguimiento y control meticolosos, con el objetivo de lograr una optimización más eficiente de los productos y una reducción de costos. Según (Yuseff, y otros, 2020 pág. 34) la gestión de inventarios es “Un área de la logística que estudia el manejo que se le da al material, sea materia prima, producto en proceso o terminado en cualquier tipo de empresa, independiente de sus fines son comerciales, de manufactura o de servicios”

2.5.1.1 Tipos de inventarios

Según (Arenal, 2020 pág. 22), el MRP se erige como la herramienta preeminente para la planificación de materiales. Su función es determinar la cantidad de productos y el momento óptimo para tenerlos listos en la fábrica, esta metodología los categoriza de la siguiente manera:

- Materias primas y componentes

La producción implica un registro exhaustivo de los elementos y materiales esenciales para la construcción del producto final, además de ofrecer una visión detallada del procedimiento de manufactura. La identificación única de códigos y la clasificación jerárquica por niveles caracterizan esta estructura, siendo esencial en el sistema de gestión y control de la producción al suministrar datos precisos sobre insumos, tiempos, costos y niveles de existencias.

- Piezas de repuesto de los equipos y de suministros industriales

La situación del inventario muestra las cantidades disponibles o en fase de fabricación. Al calcular las necesidades de materiales del programa maestro de producción, se revisan las cantidades y fechas de disponibilidad según las listas pertinentes. Estas se contrastan con las existencias en stock para deducir las necesidades netas.

- Productos terminados

El plan detallado de producción, conocido como lista de materiales, especifica las cantidades y fechas en que los productos finales y piezas de repuesto deben estar disponibles. Este plan se formula según pedidos de clientes y pronósticos de demanda. Se segmenta el tiempo en intervalos, típicamente utilizando la semana laboral como unidad. La finalidad es coordinar la producción con el programa maestro para lograr su cumplimiento y ejecución eficientes.

2.5.1.2 Clasificaciones ABC

Existen diversos enfoques para la gestión de inventarios, entre los cuales destacan el Método ABC, Justo a Tiempo (JIT) y Rotación de Inventarios. La elección de uno de estos métodos dependerá de las características particulares de la empresa, tales como el tipo de actividad, la posición en la cadena de suministro, la naturaleza de la demanda o el valor y papel que desempeñan para la empresa (Mejía, 2023 pág. 58). En el caso de una empresa dedicada a la producción de balanceado, el Método ABC puede resultar beneficioso al clasificar sus productos terminados de acuerdo con su relevancia de prioridad.

Este enfoque ABC sobresale al emplear el principio de Pareto, que señala que cerca del 80% de los resultados positivos surgen de aproximadamente el 20% de las acciones. Su aplicación común

implica clasificar almacenes en orden de importancia, desde el más significativo hasta el menos relevante, agrupándolos en categorías según porcentajes (Arenal, 2022 pág. 113).

- Categoría A

Se sigue la norma del 80/20, destacando la preferencia por los productos más valiosos.

- Categoría B

Se refieren a productos que se sitúan en una posición de valor intermedio y demandan una atención moderada.

- Categoría C

Encontramos los productos menos valiosos, y se les realiza un seguimiento de forma reducida.

La clasificación ABC para este estudio fue realizada a través del análisis del stock de los productos terminados, el stock de manera general se refiere a los bienes que las entidades o empresas poseen para su comercialización y generación de beneficios, o para su utilización en procesos. Existen diversos tipos de stock, entre los cuales se encuentran aquellos clasificados por función, ubicación y duración, cada uno con sus respectivas subdivisiones. Según (Ladrón, 2020 pág. 9) “Se denomina stock al conjunto de existencias almacenadas en la empresa hasta su uso”. Además, cumple diversas funciones, como se ilustra en el gráfico:

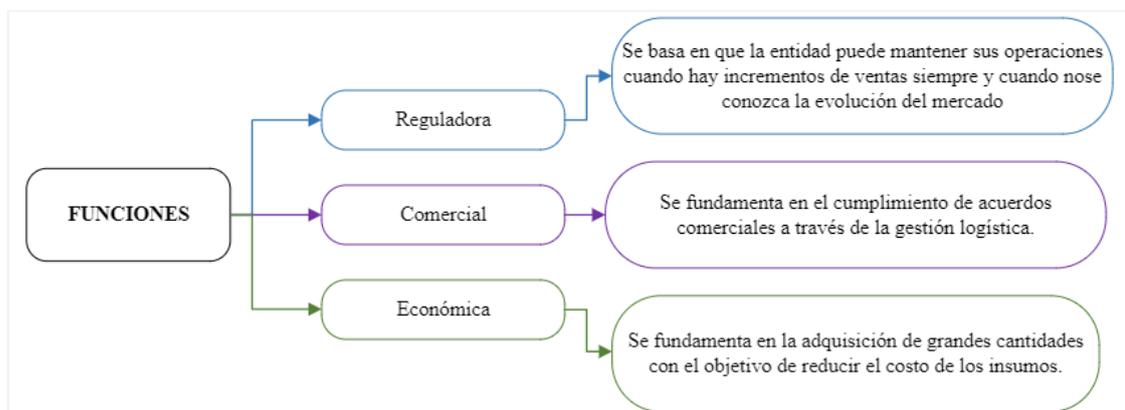


Ilustración 2-3: Mapa mental de las funciones del stock

Realizado por: El Autor, 2024

2.5.2 Almacenamiento

El almacenamiento se define como la preservación de unidades físicas o datos digitales para su uso futuro, lo cual debe llevarse a cabo en una instalación física adecuada. Según el autor (Escudero, 2019 pág. 18) este sitio físico se define como “El edificio o lugar donde se guardan o depositan mercancías o materiales y donde, en algunas ocasiones, se venden artículos al por mayor.”

En relación con el acto de almacenamiento, el autor (Buzón, 2019 pág. 25) menciona que “Son todas las actividades relativas a la recepción, comprobación y transmisión de órdenes de compra y es imprescindible para regular las diferencias entre la oferta de los bienes que produce la empresa y la demanda”.

En la industria, la práctica de almacenar es común durante la adquisición de materias primas para iniciar la producción. Además, estas materias primas pueden someterse a procesos que no constituyen el acabado final, por lo que se almacenan nuevamente hasta que sean necesarias para su transformación final en un producto acabado.

2.5.3 EPQ o POQ

Economical Production Quantity (EPQ), conocida como Cantidad Económica de Producción en español, es un método de gestión de inventarios que persigue calcular la cantidad ideal de producción para reducir al máximo los costos totales. Este cálculo toma en cuenta varios elementos como la demanda, la capacidad de producción y, además, contempla tasas de deterioro exponenciales (Mittal, y otros, 2019 pág. 1).

Para calcular la Cantidad Económica de Pedido o EOQ, se emplea la siguiente fórmula (Gelves , y otros, 2021 pág. 73):

$$Qp = \sqrt{\frac{2DS}{H \left[1 - \left(\frac{d}{p}\right)\right]}}$$

Donde;

H = Costos de mantener inventario

S = Costo de hacer pedidos

D = Demanda anual

d = Demanda promedio

p = Ritmo de producción

Q = Tamaño del lote

La cantidad óptima a pedir es un valor determinista, ya que permite estimar el número de unidades que comprende un lote basado en una demanda determinada con el objetivo de calcular la cifra óptima de pedido buscando así minimizar los gastos asociados a inventarios.

2.6 Herramientas de Software para Planificación de la Producción

La planificación de la producción en la actualidad se lleva a cabo mediante diversas plataformas de software, estas pueden ser sistemas propietarios como “La hoja de cálculo que es una aplicación informática que permite usar datos numéricos y realizar cálculos automáticos de números que están en una tabla compuesta por celdas, ofrecen la posibilidad de realizar todo tipo de operaciones matemáticas” (Rumín, 2019 pág. 9), siendo el software más popular Microsoft Excel, o sistemas abiertos como LibreOffice Calc la cual se puede definir como una aplicación de hojas de cálculo de código abierto la cual permite realizar operaciones matemáticas complejas o macros de forma gratuita (Ladrón, 2020 pág. 10).

Estas herramientas de software también están disponibles para la gestión de inventarios en almacenes. Según (Rumín, 2019 pág. 59) “La gestión informática del almacén incluye la recepción de las mercancías, el control y el movimiento de las mismas dentro del almacén, y su salida del almacén, bien para llevarlas a otro almacén, para incorporarlas al proceso”. Cada una de estas herramientas de software ofrece soluciones personalizadas, y la elección depende únicamente de las necesidades específicas de la empresa.

2.6.1 Excel como entorno de desarrollo en la gestión logística

Según (Silvera , y otros, 2022 pág. 8) “El Excel, la estadística y la logística se necesitan entre sí para formar un triángulo que ayuda al gerente de la logística a tomar mejores decisiones con argumentos demostrables en los informes que deben presentar en los diferentes periodos.”

Excel se destaca como una herramienta polifacética en el ámbito de la gestión logística, utilizada para desarrollar soluciones personalizadas. Facilita la creación de hojas de cálculo y aplicaciones que mejoran procesos mediante macros, definidas como “un conjunto de comandos o instrucciones que son ejecutadas de forma secuencial. Con estos grupos de instrucciones podremos realizar acciones desde lo más sencillo hasta funciones complejas” (Camaño, 2019 pág. 10), como la planificación de rutas, el seguimiento de inventarios y la gestión de pedidos, entre

otras actividades logísticas. Su flexibilidad y familiaridad la convierten en una opción eficaz para empresas más pequeñas que buscan adaptabilidad sin lidiar con la complejidad asociada a sistemas más extensos.

Numerosas empresas recurren a las hojas de cálculo de Excel para llevar a cabo diversas funciones, desde la planificación de la producción hasta el seguimiento de inventarios y la creación de cronogramas; sin embargo, es crucial señalar que, en comparación con soluciones específicas de gestión logística, Excel puede presentar ventajas y desafíos en términos de escalabilidad y automatización, a continuación, se presentan las mismas.

Ventajas:

- **Amplio Reconocimiento:** Dada su extensa popularidad y uso generalizado, Excel cuenta con una base de usuarios amplia y familiarizada, lo que facilita su integración.
- **Rentabilidad:** En comparación con soluciones ERP más complejas y costosas, Excel se distingue por ser una alternativa económica y accesible.

Desafíos:

- **Limitaciones en el Crecimiento:** A medida que una empresa se expande las restricciones que puede tener Excel en lo que respecta a la capacidad de escalabilidad y gestión de datos puede afectar a la empresa a largo plazo.
- **Menor Nivel de Automatización:** En contraste con sistemas ERP especializados, Excel puede demandar una mayor intervención manual y ofrece una automatización de procesos menos avanzada.

2.6.2 Application Programming Interface (API)

Application Programming Interface o API por sus siglas en inglés, es una interfaz de programación de aplicaciones que consiste en un conjunto de normas y protocolos que posibilitan la comunicación entre distintos programas. En esencia, se trata de un conjunto de herramientas y definiciones diseñadas para facilitar la integración entre sistemas y aplicaciones diversos.

Cuando un programa emplea una API, solicita funciones o datos específicos a otro servicio o aplicación, y la API funge como intermediaria al gestionar esa solicitud y devolver la respuesta correspondiente. Este proceso permite que aplicaciones y servicios se conecten y colaboren sin necesidad de conocer los detalles internos de la implementación de cada uno.

La API de Excel se utiliza comúnmente a través de lenguajes de programación como Visual Basic for Applications (VBA) “desde la cual podemos programar macros, codificar nuestras propias funciones e incluso controlar otros programas y funciones del sistema operativo” (Saldívar, y otros, 2022 pág. 258).

También es posible emplear otros lenguajes de programación, como Python, C# o JavaScript, que admitan la integración con Excel.

Mediante la API de Excel, los desarrolladores tienen la capacidad de automatizar tareas, extraer información de hojas de cálculo, llevar a cabo análisis de datos y ejecutar acciones específicas dentro de Excel sin intervención manual. Este enfoque resulta particularmente útil para la integración de Excel con otras aplicaciones y la automatización de flujos de trabajo complejos.

2.3.3.1 Interfaces de usuario

La Interfaz de usuario en la API de Excel proporciona control sobre la interacción visual, permitiendo gestionar acciones como la inserción de datos en celdas, la modificación de colores, el ajuste del formato y la manipulación de elementos como gráficos y tablas, esto facilita la automatización de tareas comunes en hojas de cálculo.

2.6.2.1 Base de datos

La base de datos en la API de Excel permite conectar la hoja de cálculo con bases de datos externas, facilitando la importación de datos desde diversas fuentes y la actualización en tiempo real, esto establece una conexión directa entre la hoja de cálculo y la fuente de datos correspondiente.

2.6.2.2 Compatibilidad (sistemas operativos generales)

La API de Excel es adaptable a sistemas operativos convencionales como MacOS y, en algunas circunstancias, entornos basados en Linux, aunque inicialmente está diseñada principalmente para Windows.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Introducción al Marco Metodológico

El proyecto técnico que se presenta a continuación se centra en mejorar el sistema de producción y la gestión de almacenamiento. El marco metodológico establece los principios esenciales para la propuesta de mejora en el sistema actual, este proyecto técnico se ejecuta dentro de las instalaciones de la empresa "Balanceados Nutritivos", ubicada en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. Como punto inicial, se lleva a cabo un diagnóstico del sistema de producción y gestión de almacenamientos actual con el objetivo de recopilar información relevante.

Este análisis establece una conexión profunda entre la metodología y los objetivos establecidos, sentando así las bases para la formulación posterior de una propuesta de mejora. Esta propuesta será implementada mediante una herramienta de software diseñada a medida, con el fin de satisfacer las necesidades específicas de la empresa.

3.2 Fundamentos de la Metodología

3.2.1 *Tipo de Investigación*

La presente investigación se define como aplicada al dirigirse hacia un problema en concreto, siendo estas las deficiencias en el sistema de producción y almacenamiento de la empresa "Balanceados Nutritivos". En este enfoque aplicado, se busca implementar una solución de manera directa al comprender las limitaciones del sistema actual de producción y almacenamiento, con el objetivo de lograr resultados eficientes y tangibles.

3.2.2 *Enfoque de la Investigación*

La metodología de esta investigación adopta un enfoque mixto, donde la componente cuantitativa posibilita la observación de tendencias numéricas cuantificables, como la recopilación del historial de la demanda, producción y capacidad de almacenamiento, entre otras variables relevantes, a lo largo de un período temporal específico.

Paralelamente, la componente cualitativa se centra en recopilar datos del sistema de producción y almacenamiento mediante entrevistas directas con la administración de la empresa. Esto incluye la exploración de las políticas de la empresa, su situación actual, metas establecidas, tipo de producción, estrategias empleadas y el manejo de software.

Este diseño metodológico integral tiene como objetivo proporcionar una comprensión profunda del sistema operativo de la empresa. De esta manera, se facilita la toma de decisiones de manera informada y efectiva, al ofrecer una perspectiva completa que abarca tanto aspectos cuantitativos como cualitativos.

3.2.3 Alcance de la Investigación

La investigación aborda tanto aspectos descriptivos como correlacionales al explorar y establecer relaciones entre diversas variables de interés en un periodo de tiempo específico. Se detalla minuciosamente el sistema actual de producción y gestión de almacenamiento de la empresa "Balanceados Nutritivos". Durante este análisis, se identifican y destacan las actualizaciones para la herramienta software. Además, se realiza una observación detallada de variables empíricas operativas y de almacenamiento, para evaluar la eficiencia en términos de recursos y tiempo en relación con la producción, considerando el aprovechamiento de recursos como costos y periodos de operación en el enfoque productivo. Asimismo, examinamos la optimización del espacio en la gestión de inventarios.

Este enfoque permite analizar y establecer relaciones entre las variables mencionadas, proporcionando una comprensión precisa de la situación actual de la empresa. La información ayudara a formular una propuesta de mejora eficiente, diseñada para abordar de manera efectiva las áreas identificadas que están en mejora continua.

3.3 Diseño de la Investigación

El diseño de investigación elegido para este proyecto es bifronte. Inicialmente, se emplea un Diseño no experimental para analizar la situación vigente y determinar los requisitos necesarios. Posteriormente, se transita a un Diseño de investigación-acción con el fin de seleccionar la opción más adecuada para abordar las necesidades específicas de la empresa "Balanceados Nutritivos" y mejorar tanto el sistema de producción como el de almacenamiento.

3.3.1 Diseño No Experimental, Transversal y Longitudinal

En primera instancia, se llevará a cabo un diseño no experimental, ya que se ajusta de manera idónea para analizar el sistema de producción y almacenamiento de la empresa “Balanceados Nutritivos”. Este diseño no experimental se caracteriza por realizar una investigación de observación de eventos diversos, sin aplicar manipulación o intervención en las variables.

Es transversal, considerando datos invariables como el espacio de los almacenes. Posteriormente, se ejecutará un diseño longitudinal, justificado por la necesidad de recopilar información sobre la producción de la empresa a lo largo de un periodo temporal. Estos enfoques posibilitan la observación de la situación operativa sin perturbar las actividades diarias de la empresa.

3.3.2 Diseño de Investigación-Acción

El proceso de recopilación de datos y levantamiento de información se llevó a cabo de manera detallada directamente en las instalaciones de la empresa "Balanceados Nutritivos" a través de la observación. Esta estrategia se implementó con el propósito de asegurar la certificación y validación de los datos obtenidos para realizar un diagnóstico inicial.

La ejecución en el entorno real de la empresa proporcionó un contexto más preciso y significativo en el desarrollo del diseño de investigación-acción, permitiendo una verificación in situ de la información recopilada esto para diseñar de manera correcta la herramienta software a ser usado en el área de producción, además se realizó una revisión del estado del arte con el fin de respaldar adecuadamente el presente proyecto.

3.4 Métodos, Técnicas e Instrumentos de Investigación

3.4.1 Métodos de Investigación

Se utilizó una metodología que integró el análisis estadístico para abordar los datos cuantitativos recopilados en la fase inicial del análisis. Este enfoque posibilitó una evaluación numérica y objetiva de variables como los tiempos de producción, unidades producidas, gestión de unidades almacenadas y tiempos de almacenamiento. Simultáneamente, se recurrió al análisis de contenido para dar significado a la información obtenida de las entrevistas con los miembros del área de producción y administración de la empresa, aplicándose también a la interpretación de la información recopilada a través de la observación.

3.4.2 Técnicas de Investigación

Se emplearon diversas técnicas metodológicas para la obtención de información. Se recurrió a la entrevista como técnica, aprovechando la participación del Ingeniero a cargo de la producción para obtener datos oficiales. Esta técnica permitió profundizar en aspectos cruciales que inciden directamente en la operatividad de la empresa, a través de la entrevista se exploraron detalladamente las políticas empresariales, los tiempos de trabajo, las estrategias competitivas y las preferencias en el uso de software. Además, se implementó la extracción y medición de datos en campo como capacidad volumétrica de almacenamiento, tiempos de producción para el análisis posterior de los comportamientos vinculados a los procesos de producción y a la gestión de inventarios.

Adicionalmente, se llevó a cabo la técnica de investigación documental, destacando la revisión de documentos proporcionados por la empresa. Este análisis documental abordó distintos aspectos, incluyendo la cantidad de productos fabricados y su clasificación. La combinación de estas técnicas brindó una perspectiva integral y detallada, permitiendo obtener una comprensión completa del sistema actual de producción.

3.4.3 Instrumentos de Investigación

Los instrumentos empleados en la recopilación de datos fueron diversos, entre los se encuentra:

Cedula de Entrevista:

Tabla 3-1: Formato de la cedula de entrevista

Hora de inicio	Fecha de Realización	Nombre del evaluador
14:00 horas	Riobamba, martes 31 de octubre del 2023	Asisclo Andres Suarez Orna
Personal evaluado: Ingenieros a cargo de Producción		Área evaluada: Departamento de Producción

<p>Guía:</p> <p>1._ ¿Cuáles son las principales políticas de la empresa con respecto a la producción de alimentos balanceados y cómo se aplican en el departamento a su cargo?</p> <p>2._ ¿Cuál es la capacidad actual de producción y se está utilizando al máximo? Además, ¿existen planes para expandir esta capacidad en el futuro?</p> <p>3._ En cuanto a la logística interna del departamento de producción, ¿se han identificado áreas de mejora en la planificación de la producción y gestión de inventarios?</p>
--

5._ ¿Cuál es el enfoque principal de producción en la empresa de alimentos balanceados: pull o push?
¿Cómo se integran estas estrategias en la operación diaria?

6._ ¿Cómo se manejan y registran los productos terminados en el proceso de producción?

7._ En el contexto de las estrategias de la empresa, ¿cómo se gestionan las demandas del mercado y cómo se determinan los niveles de inventario para satisfacer estas demandas?

8._ ¿Qué tecnologías se están utilizando en el departamento de producción, y se están explorando nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y la calidad en la gestión y almacenamiento de los balanceados?

9._ Describa el proceso de producción de alimentos balanceados en la empresa, destacando las principales etapas y tecnologías utilizadas.

10._ En relación con el costo de almacenamiento de los productos terminados, ¿cómo se gestiona y evalúa este aspecto en el departamento de producción?

Resultado de la entrevista:

Las políticas de la empresa se basan en estándares rigurosos de calidad. Actualmente, se opera al máximo de su capacidad. Se han explorado nuevas tecnologías y se ha optimizado la logística interna para hacer frente a la creciente demanda, aunque los resultados no han cumplido con las expectativas. La empresa adopta un enfoque pull en la producción, complementado con push para las reservas en caso de necesidad. La gestión de los productos terminados se realiza de manera manual, y hasta el momento no se ha evaluado el costo de almacenamiento actual.

Realizado por: El autor, 2024

Este instrumento se utilizó de manera sistemática para recolectar datos sobre la modelo empresarial, estrategias y recursos de la empresa, asegurando un proceso ordenado y estructurado.

Dispositivos de Medición:

Se empleó un medidor láser de distancias:



Ilustración 3-1: Medidor de distancia láser

Fuente: El Autor, 2024

Este dispositivo desempeñó un papel fundamental al calcular con precisión la huella de almacenamiento en los almacenes, la información obtenida con el medidor láser facilitó un análisis posterior.

Software para el Desarrollo de Plantillas de Cálculo:

Para realizar el análisis de datos, se utilizaron hojas de cálculo digitales. En estas hojas, se llevaron a cabo diversos cálculos, tales como la determinación de las huellas de almacenamiento y la tabulación de los datos de demanda proporcionados por la empresa. Además, se crearon tablas resumen que ofrecieron una representación estructurada y organizada de la información recopilada.

Matrices de Planificación Agregada

Para lograr una visualización precisa de factores clave como la demanda, la producción y los costos asociados, se emplearon matrices de planificación agregada, esta herramienta fue seleccionada debido a su capacidad para organizar de manera detallada los recursos, facilitando así la toma de decisiones informadas en la gestión de estos elementos críticos.

Diagramas de Procesos

Los diagramas de procesos son una herramienta fundamental en el apartado de gestión y análisis del área de producción y se realizaron con el propósito de comprender el proceso actual de producción, esta herramienta proporcionó una visualización clara del flujo de trabajo y facilitó la identificación de los pasos involucrados en el proceso.

3.5 Proceso de la investigación

3.5.1 Análisis de Procesos

La evaluación del sistema actual de producción y gestión de inventarios comenzó con una revisión operativa que abordó el modelo empresarial utilizado por la empresa. Paralelamente se consideraron otras informaciones relevantes, tales como el tipo de producto, cantidad, volumen, proceso, actividades de soporte, funciones y el tiempo necesario, específicamente en el contexto de la producción de alimentos balanceados.

3.5.2 Información de la empresa Balanceados Nutritivos

La empresa Balanceados Nutritivos se distingue por su especialización en la producción de una amplia variedad de balanceados. Sus políticas de calidad se centran en asegurar que sus productos cumplan con rigurosos estándares nutricionales, respaldados por certificaciones, entre las cuales se encuentra la certificación en "Buenas Prácticas de Manufactura".

En la ilustración 3-2 se muestra las instalaciones físicas de la empresa Balanceados Nutritivos.



Ilustración 3-2: Localización de Balanceados Nutritivos

Fuente: Google Maps 2024

En la ilustración 3-3 se muestra los exteriores de la empresa Balanceados Nutritivos.



Ilustración 3-3: Exteriores de Balanceadas Nutritivos

Fuente: Asisclo Suarez, 2024

La compañía elabora una diversidad de alimentos destinados a diversas especies animales, como vacunos, porcinos, aves de corral, así como a especies menores como cuyes y conejos. Cada tipo de alimento se encuentra meticulosamente categorizado, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3-2: Catálogo de productos de la empresa Balanceados Nutritivos

PRODUCTOS		
DETALLE	LÍNEA PREMIUM	LÍNEA INTERMEDIA
Nutri Pollos	-Inicial -Crecimiento -Engorde -Postura	-Crecimiento -Engorde
Nutri Cerdos	-Lactantes -Gestantes -Inicial -Crecimiento -Engorde	-Crecimiento -Engorde
Nutri Vacas	-Terneas -Producción de leche 1 -Producción de leche 2	
Nutri Especies Menores	-Crecimiento -Engorde -Reproductores	

Fuente: Balanceados Nutritivos

Realizado por: El Autor, 2024

3.5.2.1 *Materia prima*

Dada la variedad de productos que administra la empresa, es esencial llevar a cabo una clasificación de la materia prima en dos categorías principales: los macroproductos y los microproductos.

Los macroproductos comprenden los ingredientes fundamentales necesarios para la elaboración de los alimentos balanceados, los microproductos incluyen envases y etiquetas destinados a la presentación final de los productos., por motivos de reserva, solo se han revelado las materias primas más relevantes del proceso debido a procesos internos, como se detalla en la tabla 3-2:

Tabla 3-3: Materia prima para la elaboración de alimentos balanceados

MACROPRODUCTOS	MICROPRODUCTOS
-Aceite de palma	-Sacos
-Afrecho de Maíz y Trigo	-Cuerdas
-Agua	-Etiquetas
-Trigo	
-Calcio en polvo	
-Maíz	
-Polvillo	
-Solla	
-Sal	
-Lisina	
Entre otros	

Fuente: Balanceados Nutritivos

Realizado por: El Autor, 2024

3.5.2.2 Diagrama de flujo del proceso

El flujo actual de producción en la empresa inicia con la recepción de materias primas, seguida por la meticulosa medición de las cantidades mediante el pesaje. A continuación, se realiza una evaluación de control de calidad para determinar la aptitud de las materias primas, y aquellas que cumplen con los rigurosos estándares establecidos son cuidadosamente almacenadas. Después de considerar la necesidad de triturar ciertas materias primas y completar un segundo ciclo de almacenamiento, se procede al pesaje nuevamente.

En la etapa de mezclado, se fusionan las materias primas en proporciones precisas para crear la mezcla final. Se toma una decisión respecto a la presentación del producto, ya sea en forma de polvo o pallet, seguida por una nueva fase de control de calidad para asegurar el cumplimiento de los estándares predefinidos. Por último, el producto se envasa, almacena y se dispone para su distribución tras un riguroso control de calidad.

Con el objetivo de facilitar su comprensión, se presenta a continuación un diagrama de flujo correspondiente a la operativa del área de producción de la empresa.

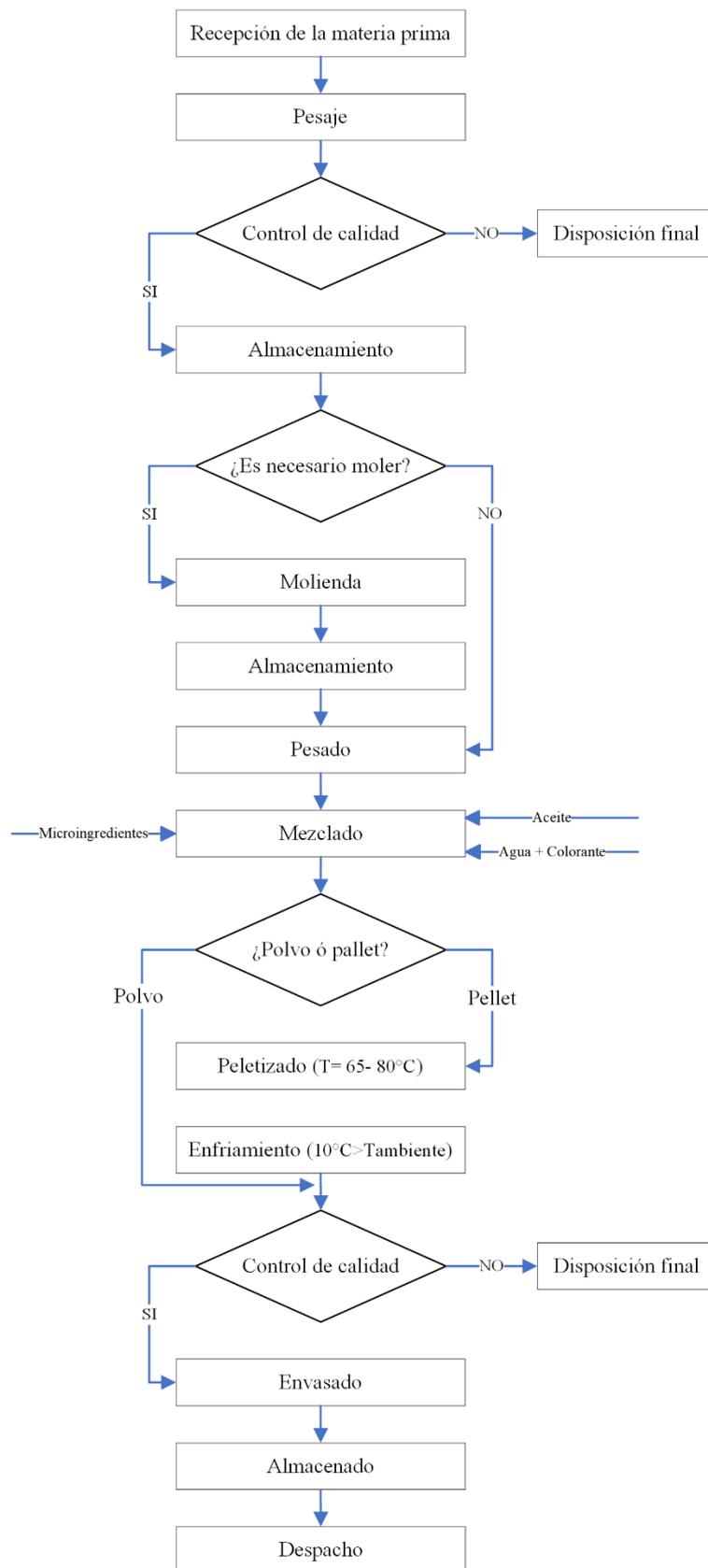


Ilustración 3-4: Diagrama de flujo del proceso operativo del departamento de producción

Fuente: Balanceados Nutritivos

3.5.2.3 *Modelo empresarial*

El modelo de negocio adoptado por Balanceados Nutritivos se centra en la venta de productos, una estrategia ampliamente utilizada en el sector alimenticio. En este enfoque, la clave reside en alcanzar una rentabilidad sólida al gestionar eficientemente los costos de producción y establecer precios competitivos para los productos. La empresa, consciente de la importancia de la interacción directa con los clientes, ha implementado estrategias que incluyen el contacto directo a través de su plataforma web. Además, se destaca por su compromiso con la mejora continua, buscando elevar constantemente la calidad de su producción. Estas iniciativas están diseñadas no solo para incrementar la rentabilidad, sino también para consolidar la posición competitiva de Balanceados Nutritivos en el dinámico mercado del sector alimentario.

3.5.2.4 *Estrategia*

La estrategia preponderante adoptada por la empresa es de tipo Pull, ya que la producción se desencadena directamente a partir de la demanda del cliente. Aunque también se recurre a la estrategia Push para gestionar reservas de productos, la mayor parte de la producción se ejecuta en función de las cantidades de pedidos recibidos. Este enfoque busca personalizar cada pedido, maximizando la eficiencia operativa y minimizando los desperdicios, alineándose así con una respuesta ágil y adaptativa a las necesidades del mercado.

3.5.2.5 *Políticas*

Las políticas de la empresa se enfocan en alcanzar la excelencia tanto en la producción como en el servicio, resaltando aspectos clave como la cultura organizacional, normativas laborales alineadas con la legislación ecuatoriana, comunicación interna y cumplimiento legal, estas directrices proporcionan un marco sólido para la operación y desarrollo de la empresa.

3.5.2.6 *Recursos disponibles*

La estructura organizativa de la empresa se caracteriza por una sectorización que comprende áreas clave, incluyendo administración, producción y almacenaje. En este último ámbito, se lleva a cabo una subdivisión en tres almacenes numerados del 1 al 3. El almacén 1 desempeña un papel fundamental al resguardar los productos terminados, mientras que el almacén 2 actúa como un espacio secundario usado también para productos terminados. Por su parte, el almacén 3 está exclusivamente destinado al almacenamiento de materias primas.

3.6 Costo del sistema actual de inventarios

3.6.1 Costo de inventarios

La actual determinación del costo de inventarios en la empresa "Balanceados Nutritivos" se basa en el valor económico total que genera almacenar la materia prima y los productos terminados. Este costo se ve afectado por diversos factores, entre ellos los costos logísticos asociados a la adquisición de la materia prima y los costos de almacenamiento durante un período específico.

Es importante destacar que, en la empresa "Balanceados Nutritivos", el costo de inventarios aún no se ha establecido de manera precisa. Por lo tanto, se llevará a cabo un cálculo que tenga en cuenta los factores más relevantes, como el costo de la huella de almacenamiento. Esto proporcionará una evaluación más precisa del costo actual de inventarios en la empresa.

A continuación, se presenta el cálculo de las huellas de almacenamiento y tasa de utilización fija realizado para los tres almacenes que integran la infraestructura operativa de la empresa:

Tabla 3-4: Tasa de utilización fija del almacén 1

ALMACÉN 1		
Espacio total		
Detalle		Unidad
Ancho Interior	18,7	m
Largo Interior	32	m
Altura Interior	8,21	m
Volumen total del almacén	4912,864	m3
Espacio muerto		
Área Interior	97,5	m2
Volumen Interior	800,475	m3
Volumen de la configuración actual		
Huella de almacenamiento	500,9	m2
Espacio vertical ocupado	2,88	m
Volumen (configuración actual)	1442,592	m3
Tasa de utilización fija	29%	

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-5: Tasa de utilización fija del almacén 2

ALMACÉN 2		
Espacio total		
Detalle	Unidad	
Área Interior	361,2	m2
Altura interior	3,5	m2
Volumen Interior	1264,2	m3
Espacio muerto		
Área Interior	48,14	m2
Volumen Interior	168,49	m3
Volumen de la configuración actual		
Huella de almacenamiento	313,06	m2
Espacio vertical ocupado	1,2	m
Volumen (configuración actual)	375,67	m3
Tasa de utilización fija	30%	

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-6: Tasa de utilización fija del almacén 3

ALMACÉN 3		
Espacio total		
Detalle	Unidad	
Ancho Interior	12,21	m
Largo Interior	15,4	m
Altura Interior	5,7	m
Volumen Interior	1071,7938	m3
Espacio muerto		
Area Interior	51,15	m2
Volumen Interior	291,555	m3
Volumen de la configuración actual		
Huella de almacenamiento	136,884	m2
Espacio vertical ocupado	2,2	m
Volumen (configuración actual)	301,1448	m3
Tasa de utilización fija	28%	

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-7: Recopilación de los datos técnicos más relevantes de los almacenes

DATOS TECNICOS DE LOS 3 ALAMACENES		
Detalle	Unidad	
Volumen disponible de almacenamiento	2119,41	m3
Huella de almacenamiento total	950,84	m2
Tasa de utilización fija promedio	29%	

Realizado por: El Autor, 2024

Volumen del elemento:

Dado que la densidad del alimento balanceado es aproximadamente 600 kg/m^3 , podemos calcular el volumen de un saco de 40 kg utilizando la fórmula de densidad, que es la masa dividida por el volumen. En este caso, podemos expresar la fórmula como (Soriano, 2020 pág. 25):

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \rightarrow \text{Volumen} = \frac{\text{Masa}}{\text{Densidad}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{40\text{kg}}{600\text{kg/m}^3} \rightarrow \text{Volumen} = 0.0667\text{m}^3$$

Este volumen de 0.0667m^3 facilitará los cálculos de costo por unidad, mientras que los costos asociados por disponer almacenes abarcan diversas temáticas, entre las cuales se incluyen costos de mantenimiento, depreciación de los almacenes, servicios públicos, entre otros.

Dados los datos previos, se procede al cálculo del costo mensual actual de inventario para los almacenes, tomando como referencia 1 unidad de producto terminado.

Tabla 3-8: Costo de inventarios actual

COSTO DE INVENTARIOS	
Costo por metro cúbico de almacenamiento	2,23
Costo por unidad de saco	0,15
Costo de manipulación	1,00
Costo del espacio de seguridad	0,50
Total	3,88

Realizado por: El Autor, 2024

3.7 Análisis de la Cantidad Económica a Producir (Qp)

Se empleará la “Fórmula de Wilson” para determinar la cantidad económica a producir, denotada como Qp en inglés.

Esta fórmula se utilizará en un sistema de gestión de inventario con el objetivo de calcular la cifra óptima de pedido, buscando así minimizar los gastos asociados a los pedidos.

Se utilizaron los datos del año 2023, incluyendo la demanda (Gelves , y otros, 2021 pág. 73):

$$Qp = \sqrt{\frac{2DS}{H \left[1 - \left(\frac{d}{p}\right)\right]}}$$

Tabla 3-9: Análisis Qp

Cantidad de orden de producción		
Demanda total del año 2023	32155	sacos
Días hábiles	255	días
Demanda promedio	2680	sacos/mes
Ritmo de producción	10718	sacos/mes
Costo de preparación	390	al mes
Costo de mantener	0,15	al mes
Qp	14931	sacos
Smax	11198	sacos
Inventario Promedio	5599	sacos

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-10: Análisis de los días a producir y costos

Días de producción		
Días de producción	255	días
Producción promedio	10718	días
Cantidad de orden de producción	14931	sacos
X días a producir	30	días
Días de consumo		
Días de producción	255	días
Demanda promedio	2680	días
Cantidad de orden de producción	14931	sacos
X días a consumo	118	días
Días disponibles de la planta de producción para otros trabajos		
Días de producción	30	días
Días de consumo	118	días
Días disponibles para otros trabajos	89	días
Costos		
Costo de ordenar	839,88	
Costo de almacenar	839,88	
Costo total	1.679,76	

Realizado por: El Autor, 2024

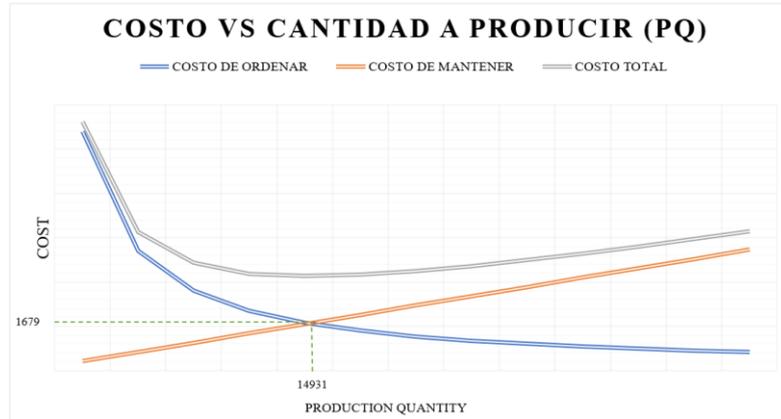


Ilustración 3-5: Costo VS Cantidad a Producir

Realizado por: El Autor, 2024

La cantidad de orden de producción para la empresa Balanceados Nutritivos debería ser de 14931 sacos al mes.

Se lleva a cabo una comparación de resultados utilizando el software "POM-QM for Windows".

QM for Windows - [Data] Results			
BALANCEADOS NUTRITIVOS Solution			
Parameter	Value	Parameter	Value
Demand rate(D)	32155	Optimal production quantity (Q*)	14931,68
Setup/ordering cost(S)	390	Maximum Inventory Level (Imax)	11198,07
Holding/carrying cost(H)	,15	Average inventory	5599,03
Daily production rate(p)	10718	Production runs per period (year)	2,15
Days per year (D/d)	12	Annual Setup cost	839,86
Daily demand rate	2680	Annual Holding cost	839,86
Unit cost	0	Total Inventory (Holding + Setup) Cost	1679,71
		Unit costs (PD)	0
		Total Cost (including units)	1679,71

Ilustración 3-6: Análisis Q a través del programa POM QM for Windows

Realizado por: El Autor, 2024

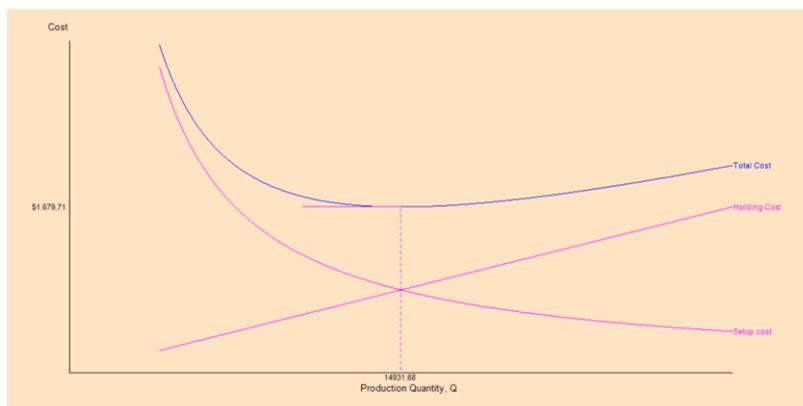


Ilustración 3-7: Grafica Cost VS Production Quantity

Realizado por: El Autor, 2024

Tras analizar los resultados obtenidos mediante el software y compararlos con los datos calculados, se llega a la conclusión de que la cantidad que se debería producir es 14931 sacos al mes. La concordancia entre los resultados del programa y los cálculos realizados respalda la fiabilidad de la respuesta respecto a la cantidad a producir (Qp) que la empresa "Balanceados Nutritivos" debe tener. Esto permitirá a la empresa gestionar sus recursos de manera más precisa y eficiente.

3.8 Clasificación ABC

Con los datos de la tabla 3-12 se llevó a cabo un análisis de la relación productos-cantidad con el objetivo de generar una representación gráfica mediante un diagrama ABC para identificar la frecuencia de los productos más solicitados durante el año 2023.

Tabla 3-11: Alimentos balanceados demandados en el año 2023

PRODUCTO	CÓDIGO	DEMANDA (u)
NUTRI POLLOS CRECIMIENTO LINEA INTERMEDIA	A1	4700
NUTRI POLLOS CRECIMIENTO LINEA PREMIUM	A2	4186
NUTRI POLLOS ENGORDE LINEA INTERMEDIA	A3	3435
NUTRI CERDOS CRECIMIENTO LINEA INTERMEDIA	A4	2465
NUTRI CERDOS ENGORDE LINEA INTERMEDIA	A5	1888
NUTRI CERDOS ENGORDE LINEA PREMIUM	A6	1499
NUTRI VACAS PRODUCCIÓN DE LECHE 1	A7	1324
NUTRI ESPECIES MENORES CRECIMIENTO	A8	1746
NUTRI POLLOS ENGORDE LINEA PREMIUM	A9	1710
NUTRI POLLOS POSTURA LINEA PREMIUM	A10	1516
NUTRI POLLOS INICIAL LINEA PREMIUM	A11	1471
NUTRI CERDOS CRECIMIENTO LINEA PREMIUM	A12	1432
NUTRI CERDOS LACTANTES LINEA PREMIUM	A13	1385
NUTRI CERDOS INICIAL LINEA PREMIUM	A14	1300
NUTRI CERDOS GESTANTES LINEA PREMIUM	A15	1261
NUTRI VACAS PRODUCCIÓN DE LECHE 2	A16	359
NUTRI ESPECIES MENORES ENGORDES	A17	196
NUTRI ESPECIES MENORES REPRODUCTORES	A18	182
NUTRI VACAS TERNERAS LINEA PREMIUM	A19	100

Fuente: Balanceados Nutritivos

Realizado por: El Autor, 2024

Se llevó a cabo un cálculo de participación acumulada y se procedió a su clasificación, asignándola a las categorías A, B o C en función de su relevancia porcentual.

Tabla 3-12: Clasificación ABC de los productos

PRODUCTO	CÓDIGO	DEMANDA (u)	PARTICIPACIÓN	ACUMULADA	CLASIFICACIÓN
NUTRI POLLOS CRECIMIENTO LINEA INTERMEDIA	A1	4700	14,62%	14,62%	A
NUTRI POLLOS CRECIMIENTO LINEA PREMIUM	A2	4186	13,02%	27,63%	A
NUTRI POLLOS ENGORDE LINEA INTERMEDIA	A3	3435	10,68%	38,32%	A
NUTRI CERDOS CRECIMIENTO LINEA INTERMEDIA	A4	2465	7,67%	45,98%	A
NUTRI CERDOS ENGORDE LINEA INTERMEDIA	A5	1888	5,87%	51,86%	A
NUTRI CERDOS ENGORDE LINEA PREMIUM	A6	1499	4,66%	56,52%	A
NUTRI VACAS PRODUCCIÓN DE LECHE 1	A7	1324	4,12%	60,63%	A
NUTRI ESPECIES MENORES CRECIMIENTO	A8	1746	5,43%	66,06%	A
NUTRI POLLOS ENGORDE LINEA PREMIUM	A9	1710	5,32%	71,38%	A
NUTRI POLLOS POSTURA LINEA PREMIUM	A10	1516	4,71%	76,10%	A
NUTRI POLLOS INICIAL LINEA PREMIUM	A11	1471	4,57%	80,67%	B
NUTRI CERDOS CRECIMIENTO LINEA PREMIUM	A12	1432	4,45%	85,13%	B
NUTRI CERDOS LACTANTES LINEA PREMIUM	A13	1385	4,31%	89,43%	B
NUTRI CERDOS INICIAL LINEA PREMIUM	A14	1300	4,04%	93,48%	B
NUTRI CERDOS GESTANTES LINEA PREMIUM	A15	1261	3,92%	97,40%	C
NUTRI VACAS PRODUCCIÓN DE LECHE 2	A16	359	1,12%	98,51%	C
NUTRI ESPECIES MENORES ENGORDES	A17	196	0,61%	99,12%	C
NUTRI ESPECIES MENORES REPRODUCTORES	A18	182	0,57%	99,69%	C
NUTRI VACAS TERNERAS LINEA PREMIUM	A19	100	0,31%	100,00%	C

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-13: Cuadro resumen del análisis de clasificación ABC

CUADRO RESUMEN					
Participación estimada	Clasificación de n	n	Participación n	Demanda (u)	Participación
0% - 80%	A	10	53%	24469	76%
81% - 95%	B	4	21%	5588	17%
96% - 100%	C	5	26%	2098	7%

Realizado por: El Autor, 2024

Se elaboró el análisis ABC como se observa en la ilustración 3-8 utilizando la demanda del año 2023 con el objetivo de clasificar los productos. En este contexto, la categoría A engloba aquellos productos que experimentaron la mayor demanda durante el período de tiempo analizado. La categoría B incluye productos que, aunque no son tan solicitados como los de la categoría A, aún poseen una presencia significativa en el mercado. Por último, la categoría C abarca aquellos productos que registraron la menor demanda en comparación con los demás.

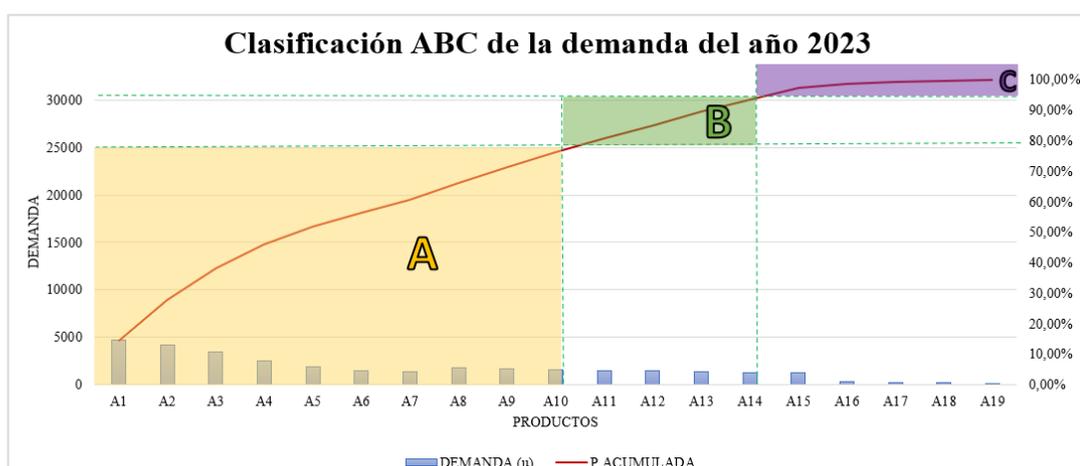


Ilustración 3-8: Modelo de Clasificación ABC

Realizado por: El Autor, 2024

A continuación, se presenta una tabla resumen de los productos clasificados según su importancia en la demanda del año 2023.

Tabla 3-14: Clasificación de los productos demandados del año 2023

CLASIFICACIÓN	PRODUCTO	CÓDIGO
A	NUTRI POLLOS CRECIMIENTO LINEA INTERMEDIA	A1
	NUTRI POLLOS CRECIMIENTO LINEA PREMIUM	A2
	NUTRI POLLOS ENGORDE LINEA INTERMEDIA	A3
	NUTRI CERDOS CRECIMIENTO LINEA INTERMEDIA	A4
	NUTRI CERDOS ENGORDE LINEA INTERMEDIA	A5
	NUTRI CERDOS ENGORDE LINEA PREMIUM	A6
	NUTRI VACAS PRODUCCIÓN DE LECHE 1	A7
	NUTRI ESPECIES MENORES CRECIMIENTO	A8
	NUTRI POLLOS ENGORDE LINEA PREMIUM	A9
	NUTRI POLLOS POSTURA LINEA PREMIUM	A10
B	NUTRI POLLOS INICIAL LINEA PREMIUM	A11
	NUTRI CERDOS CRECIMIENTO LINEA PREMIUM	A12
	NUTRI CERDOS LACTANTES LINEA PREMIUM	A13
	NUTRI CERDOS INICIAL LINEA PREMIUM	A14
C	NUTRI CERDOS GESTANTES LINEA PREMIUM	A15
	NUTRI VACAS PRODUCCIÓN DE LECHE 2	A16

	NUTRI ESPECIES MENORES ENGORGES	A17
	NUTRI ESPECIES MENORES REPRODUCTORES	A18
	NUTRI VACAS TERNERAS LINEA PREMIUM	A19

Realizado por: El Autor, 2024

Con base en el análisis de la clasificación ABC, se concluye que los productos designados como “A”, tales como Nutri pollos crecimiento línea intermedia, Nutri cerdos crecimiento línea intermedia, Nutri especies menores crecimiento cuyes conejos entre otros, poseen alta prioridad.

3.8.1 Propuesta de clasificación ABC a través del Índice de Rotación

Se procede al cálculo del Índice de Rotación para los artículos, este índice es crucial para la gestión del inventario, ya que permite identificar tendencias y mejorar la planificación de la gestión de inventarios.

$$\text{Índice de Rotación} = \frac{\text{Tasa de consumo(mensual)}}{\text{Inventario Promedio}}$$

Tabla 3-15: Rotación de inventarios

PRODUCTO	CÓDIGO	DEMANDA (u)	INDICE DE ROTACIÓN	PARTICIPACIÓN	ACUMULADA	CLASIFICACIÓN
NUTRI POLLOS CRECIMIENTO LINEA INTERMEDIA	A1	4700	0,84	14,62%	14,62%	A
NUTRI POLLOS CRECIMIENTO LINEA PREMIUM	A2	4186	0,75	13,02%	27,63%	A
NUTRI POLLOS ENGORDE LINEA INTERMEDIA	A3	3435	0,61	10,68%	38,32%	A
NUTRI CERDOS CRECIMIENTO LINEA INTERMEDIA	A4	2465	0,44	7,67%	45,98%	A
NUTRI CERDOS ENGORDE LINEA INTERMEDIA	A5	1888	0,34	5,87%	51,86%	A
NUTRI CERDOS ENGORDE LINEA PREMIUM	A6	1499	0,27	4,66%	56,52%	A
NUTRI VACAS PRODUCCIÓN DE LECHE 1	A7	1324	0,24	4,12%	60,63%	A
NUTRI ESPECIES MENORES CRECIMIENTO	A8	1746	0,31	5,43%	66,06%	A
NUTRI POLLOS ENGORDE LINEA PREMIUM	A9	1710	0,31	5,32%	71,38%	A
NUTRI POLLOS POSTURA LINEA PREMIUM	A10	1516	0,27	4,71%	76,10%	A
NUTRI POLLOS INICIAL LINEA PREMIUM	A11	1471	0,26	4,57%	80,67%	B
NUTRI CERDOS CRECIMIENTO LINEA PREMIUM	A12	1432	0,26	4,45%	85,13%	B

NUTRI CERDOS LACTANTES LINEA PREMIUM	A13	1385	0,25	4,31%	89,43%	B
NUTRI CERDOS INICIAL LINEA PREMIUM	A14	1300	0,23	4,04%	93,48%	B
NUTRI CERDOS GESTANTES LINEA PREMIUM	A15	1261	0,23	3,92%	97,40%	C
NUTRI VACAS PRODUCCIÓN DE LECHE 2	A16	359	0,06	1,12%	98,51%	C
NUTRI ESPECIES MENORES ENGORGES	A17	196	0,04	0,61%	99,12%	C
NUTRI ESPECIES MENORES REPRODUCTORES	A18	182	0,03	0,57%	99,69%	C
NUTRI VACAS TERNERAS LINEA PREMIUM	A19	100	0,02	0,31%	100,00%	C

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-16: Cuadro resumen del análisis de clasificación ABC a través del índice de rotación

CUADRO RESUMEN					
Participación estimada	Clasificación de n	n	Participación n	Rotación	Participación
0% - 80%	A	10	53%	4,37	76,10%
81% - 95%	B	4	21%	1,00	17,38%
96% - 100%	C	5	26%	0,37	6,52%

Realizado por: El Autor, 2024

Se observa que los productos clasificados como A muestran un índice de rotación alto, con un cambio de inventario por mes de 4,37 veces. Por ende, se deben situar en proximidad a las áreas de salida del almacén para agilizar su carga y distribución.

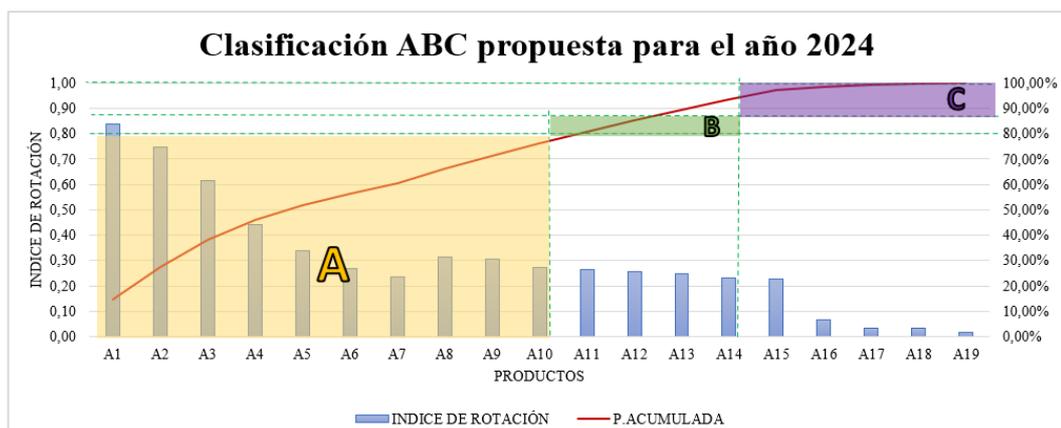


Ilustración 3-9: Clasificación ABC a través del índice de rotación

Realizado por: El Autor, 2024

Tras analizar tanto la gráfica de clasificación por rotación como la de clasificación por demanda, se evidencia una congruencia notable entre ambas. Esta coherencia sugiere que reajustar los productos según su categoría puede contribuir significativamente a mejorar la eficiencia en términos de recorridos y tiempos. Al alinear la distribución de los productos con sus respectivas

demandas y rotaciones, se facilita una gestión más fluida y precisa de los recursos, lo que resulta en una optimización general de los procesos logísticos.

3.9 Pronósticos

Para llevar a cabo el plan agregado de producción, comenzaremos seleccionando el modelo de pronóstico más óptimo. En este caso, compararemos las medidas de desempeño de diferentes métodos recalcando que el promedio se tomó a partir del mes de abril en todos los casos. A través de esta comparación, determinaremos la opción más eficiente, los datos resultantes se incorporarán al plan agregado de producción.

Método de pronóstico-Promedio móvil simple:

Tabla 3-17: Pronostico Simple para el año 2024

PRONÓSTICO PROMEDIO MÓVIL SIMPLE													
MES	Demanda	Pronóstico n=2	MAD	MSE	MAPE	n=3	MAD	MSE	MAPE	n=4	MAD	MSE	MAPE
ENERO	2049	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEBRERO	2324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MARZO	2251	2187	65	4160	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
ABRIL	2524	2288	237	55932	0,09	2208	316	99856	0,13	-	-	-	-
MAYO	2197	2388	191	36290	0,09	2366	169	28674	0,08	2287	90	8100	0,04
JUNIO	1226	2361	1135	1287090	0,93	2324	1098	1205604	0,90	2324	1098	1205604	0,90
JULIO	3454	1712	1743	3036306	0,50	1982	1472	2165803	0,43	2050	1405	1972620	0,41
AGOSTO	3841	2340	1501	2253001	0,39	2292	1549	2398368	0,40	2350	1491	2222336	0,39
SEPTIEMBRE	3290	3648	358	127806	0,11	2840	450	202200	0,14	2680	611	372710	0,19
OCTUBRE	2894	3566	672	450912	0,23	3528	634	402379	0,22	2953	59	3452	0,02
NOVIEMBRE	3268	3092	176	30976	0,05	3342	74	5427	0,02	3370	102	10353	0,03
DICIEMBRE	2837	3081	244	59536	0,09	3151	314	98387	0,11	3323	486	236439	0,17
PROMEDIO			632	734201	25%		675	734077	26,8%		668	753952	26,7%

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-18: Resumen de las medidas de desempeño del pronóstico simple

RECOPIACIÓN DE LOS ERRORES			
	n2	n3	n4
MAD	632	675	668
MSE	734201	734077	753952
MAPE	25%	26,8%	26,7%

Realizado por: El Autor, 2024

En base a las medidas de desempeño se selecciona el promedio móvil simple con $n=2$; debido a que los errores de pronóstico son inferiores numéricamente en relación al promedio móvil simple con $n=3$ y $n=4$. Este pronóstico con $n=2$ será utilizado para la comparación final en un cuadro resumen

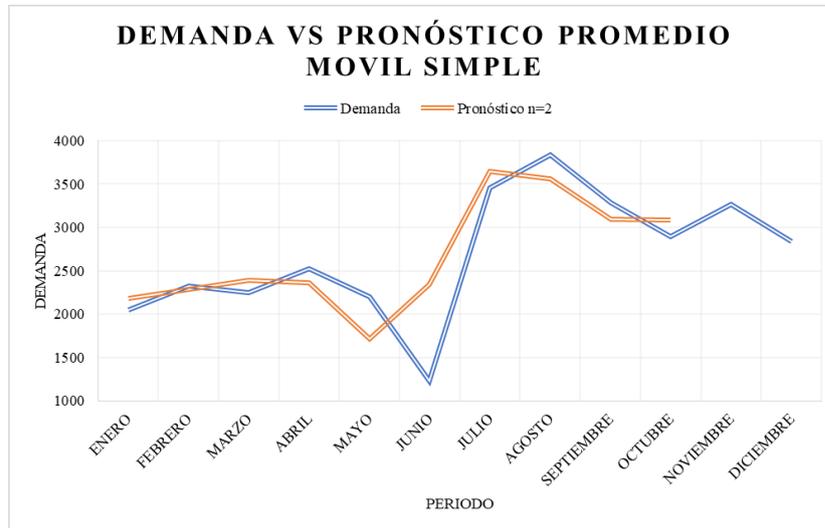


Ilustración 3-10: Demanda VS pronóstico simple

Realizado por: El Autor, 2024

Método de pronóstico-Promedio móvil ponderado:

Las ponderaciones fueron refinadas mediante el empleo de la programación lineal, la cual fue usada para la optimización de procesos con el complemento de solver en Excel, resultando en: $W1=0,21$; $W2=0$; y $W3=0,79$, con una suma total de 1.

Tabla 3-19: Pronóstico promedio móvil ponderado para el año 2024

PRONÓSTICO PROMEDIO MÓVIL PONDERADO					
MES	Demanda	Pronóstico	MAD	MSE	MAPE
ENERO	2049	-	-	-	-
FEBRERO	2324	-	-	-	-
MARZO	2251	-	-	-	-
ABRIL	2524	2208	316	99567	0,13
MAYO	2197	2482	285	81156	0,13
JUNIO	1226	2208	982	965056	0,80
JULIO	3454	1499	1955	3820588	0,57
AGOSTO	3841	3189	652	424756	0,17

SEPTIEMBRE	3290	3290	0	0	0,00
OCTUBRE	2894	3325	431	185364	0,15
NOVIEMBRE	3268	3093	175	30470	0,05
DICIEMBRE	2837	3273	436	189776	0,15
PROMEDIO		2730	581	644081	23,86%

Realizado por: El Autor, 2024

El pronóstico móvil ponderado exhibe un error porcentual absoluto medio considerable, alcanzando un 23,86%. Este porcentaje, aunque elevado, proporciona una medida crucial para evaluar y comparar el desempeño final en un cuadro resumen. Aunque este error pueda parecer significativo, su inclusión en el análisis permite una comprensión más completa de la precisión del modelo de pronóstico utilizado.

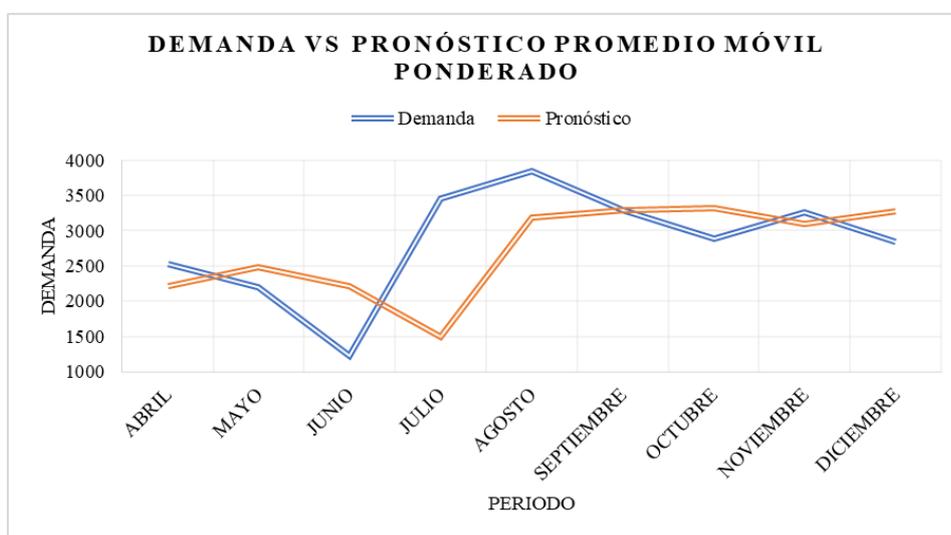


Ilustración 3-11: Pronostico VS Promedio Ponderado

Realizado por: El Autor, 2024

Método de pronóstico - Suavización exponencial simple:

La constante de suavización Alfa fue refinada mediante el empleo de la programación lineal, la cual fue usada para la optimización de procesos con el complemento de solver en Excel, resultando en resultando en $\alpha=0,24$:

Tabla 3-20: Pronóstico suavización exponencial simple para el año 2024

PRONÓSTICO SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE					
MES	Demanda	Pronóstico	MAD	MSE	MAPE

ENERO	2049	2680	631	397635	0,31
FEBRERO	2324	2529	205	41899	0,09
MARZO	2251	2480	229	52310	0,10
ABRIL	2524	2425	99	9804	0,04
MAYO	2197	2449	252	63342	0,11
JUNIO	1226	2388	1162	1351301	0,95
JULIO	3454	2110	1344	1805542	0,39
AGOSTO	3841	2432	1409	1985773	0,37
SEPTIEMBRE	3290	2769	521	271418	0,16
OCTUBRE	2894	2894	0	0	0,00
NOVIEMBRE	3268	2894	374	140056	0,11
DICIEMBRE	2837	2983	146	21407	0,05
PROMEDIO		2594	590	627627	24,25%

Realizado por: El Autor, 2024

El pronóstico de suavización exponencial simple exhibe un error porcentual absoluto medio de 24,25%. Este porcentaje, aunque elevado, proporciona una medida crucial para evaluar y comparar el desempeño final en un cuadro resumen.

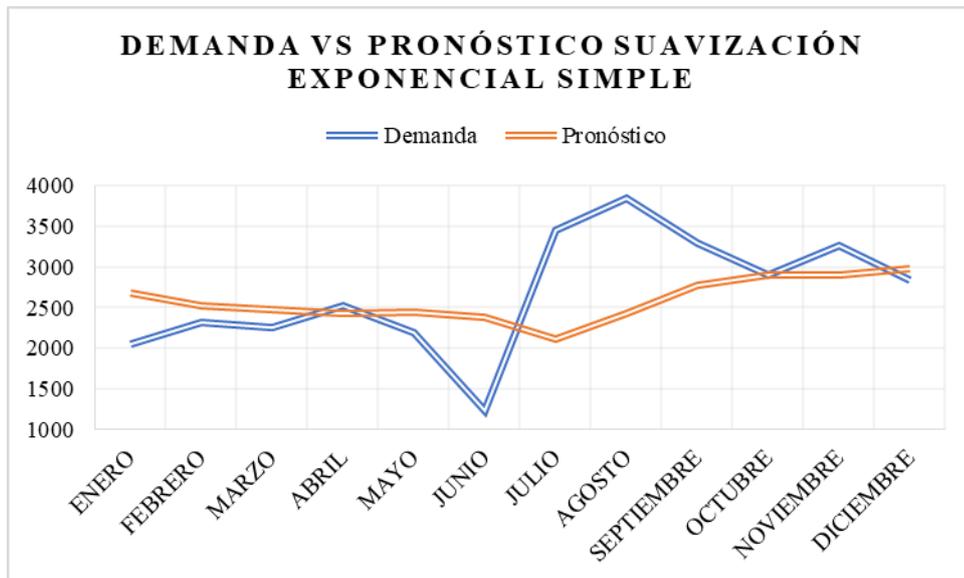


Ilustración 3-12: Demanda VS Suavización Exponencial Simple

Realizado por: El Autor, 2024

Método de pronóstico - Método de Holt

Las constantes de suavización de Alfa y Beta fueron refinadas mediante el empleo de la programación lineal, la cual fue usada para la optimización de procesos con el complemento de solver en Excel, resultando en resultando en $\alpha=0,20$ y $\beta=1$

Tabla 3-21: Pronóstico método de Holt para el año 2024

PRONÓSTICO MÉTODO DE HOLT							
MES	Demanda	Ft	Tt	Pronóstico	MAD	MSE	MAPE
ENERO	2049	-	-	-	-	-	-
FEBRERO	2324	2049	2	2051	273	74529	0,12
MARZO	2251	2105	56	2162	89	8010	0,04
ABRIL	2524	2135	30	2165	359	128970	0,14
MAYO	2197	2215	80	2294	97	9443	0,04
JUNIO	1226	2211	-4	2207	981	963168	0,80
JULIO	3454	2010	-201	1808	1646	2709149	0,48
AGOSTO	3841	2305	295	2600	1241	1538947	0,32
SEPTIEMBRE	3290	2619	314	2933	357	127187	0,11
OCTUBRE	2894	2756	137	2894	0	0	0,00
NOVIEMBRE	3268	2785	28	2813	455	207309	0,14
DICIEMBRE	2837	2883	99	2982	145	21118	0,05
PROMEDIO					587	633921	23,17%

Realizado por: El Autor, 2024

El pronóstico realizado por el método de Holt exhibe un error porcentual absoluto medio de 23,17%. Este porcentaje, proporciona una medida crucial para evaluar y comparar el desempeño final en un cuadro resumen.

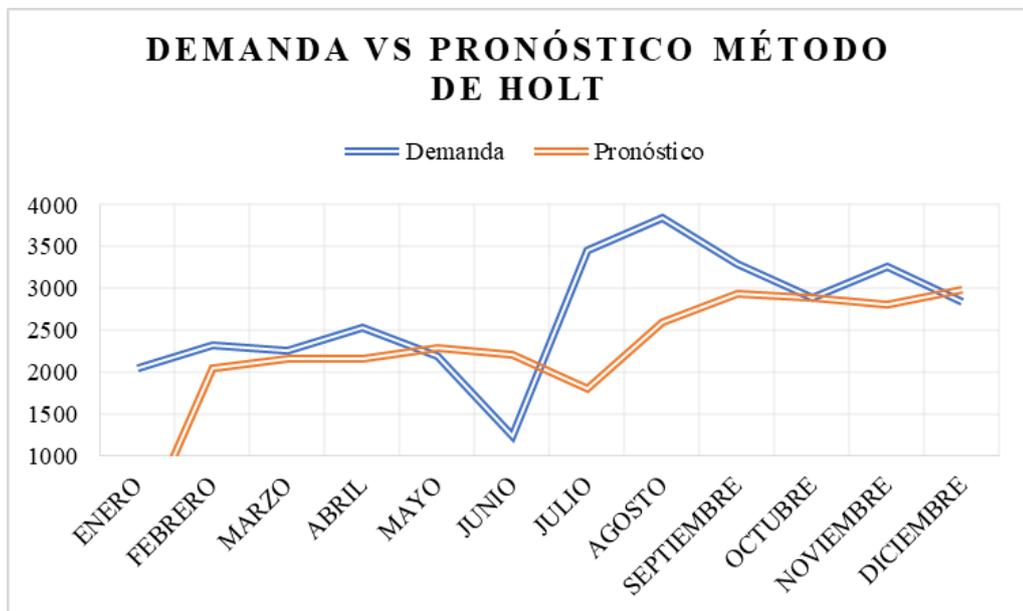


Ilustración 3-13: Demanda VS Método de Holt

Realizado por: El Autor, 2024

Método de pronóstico - Método de Winters

Para este método, se dividió el año en 3 cuatrimestres para encontrar factores estacionales y luego se normalizaron secuencialmente. Las constantes de suavización Alfa, Beta y Gamma fueron refinadas mediante el empleo de la programación lineal, la cual fue usada para la optimización de procesos con el complemento de solver en Excel, resultando en $\alpha=0,44$; $\beta=0,08$; $\gamma=0$.

Tabla 3-22: Constantes de suavización y Normalización

Cuatrimestre 1		Cuatrimestre 2		Cuatrimestre 3	
2049		2197		3290	
2324		1226		2894	
2251		3454		3268	
2524		3841		2837	
Promedios de cada Cuatrimestre					
2287		2680		3072	
Promedio total				2680	
POSICIONES				To	98,19
1	5	9	So	3759,65	
2	6	10	α	0,44	
3	7	11	β	0,08	
4	8	12	γ	0,00	
Factores Estacionales				Promedios	Normalización
0,53	0,52	0,71	0,59	0,97	
0,59	0,28	0,61	0,49	0,81	
0,56	0,78	0,68	0,67	1,10	
0,61	0,85	0,58	0,68	1,12	

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-23: Pronóstico - Método de Winters para el año 2024

PRONÓSTICO MÉTODO DE WINTERS									
MES	Demanda	St	Tt	Ct	Normalización	Pronóstico	MAD	MSE	MAPE
-3	-	-	-	-	0,97	-	-	-	-
-2	-	-	-	-	0,81	-	-	-	-
-1	-	-	-	-	1,10	-	-	-	-
0	-	3759,65	98,19	-	1,12	-	-	-	-
ENERO	2049	3065	36	0,97	0,97	2997	948	898903	0,46
FEBRERO	2324	2761	9	0,81	0,81	2262	62	3845	0,03
MARZO	2251	2542	-9	1,10	1,10	2777	526	276988	0,23
ABRIL	2524	2529	-9	1,12	1,12	2779	255	64892	0,10
MAYO	2197	2378	-20	0,97	0,97	2199	2	5	0,00

JUNIO	1226	1862	-59	0,81	0,81	1225	1	1	0,00
JULIO	3454	2525	-3	1,10	1,10	2768	686	470272	0,20
AGOSTO	3841	3099	43	1,12	1,12	3839	2	4	0,00
SEPTIEMBRE	3290	3206	48	0,97	0,97	3516	226	50895	0,07
OCTUBRE	2894	3096	35	0,81	0,81	2809	85	7155	0,03
NOVIEMBRE	3268	3191	40	1,10	1,10	4011	743	551836	0,23
DICIEMBRE	2837	3058	27	1,12	1,12	3765	928	862056	0,33
PROMEDIO							325	223013	10,60%

Realizado por: El Autor, 2024

El pronóstico a través del método de Winters exhibe un error porcentual absoluto medio de 10,60%. Este porcentaje, proporciona una medida crucial para evaluar y comparar el desempeño final en un cuadro resumen.

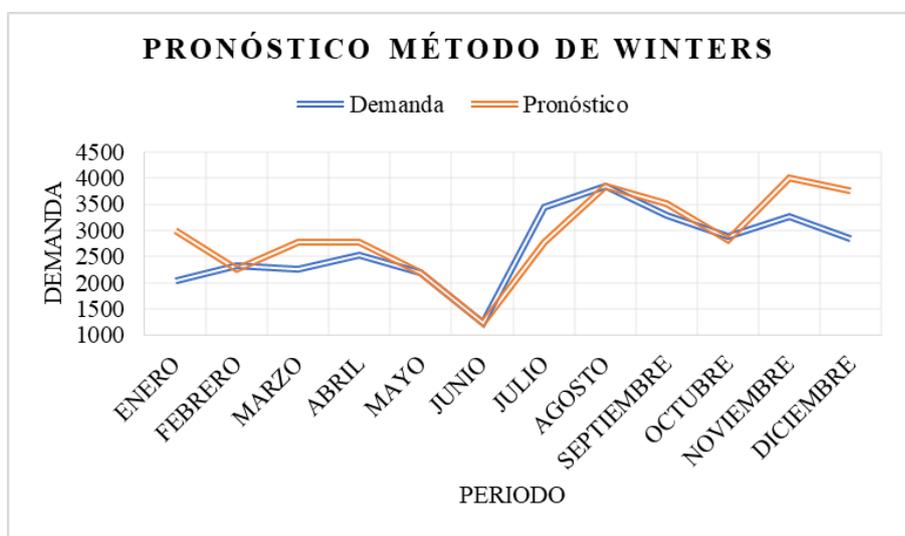


Ilustración 3-14: Demanda VS Método de Winters

Realizado por: El Autor, 2024

A continuación, se realiza una comparación de las medidas de desempeño de todos los pronósticos considerados: el Promedio Móvil Simple, el Promedio Móvil Ponderado, la Suavización Exponencial Simple, el Método de Holt y el Método de Winters.

El objetivo es identificar aquel que presente el menor error numérico, lo que permitirá seleccionarlo como la opción más óptima para el Plan Agregado de Producción. Esta evaluación es esencial para la toma de decisiones fundamentadas, garantizando la eficacia en la planificación y gestión de la producción.

Se debe tener en cuenta que las comparaciones fueron realizadas desde el mes de abril. Esto se hace para asegurar que las medidas de desempeño tengan tamaños de datos similares y, por lo tanto, sean equiparables.

Tabla 3-24: Pronósticos del año 2024 y Medidas de Desempeño

COMPARCIÓN DE LOS PRONÓSTICOS REALIZADOS							MEDIDAS DE DESEMPEÑO														
MES	Demanda	P.M.S	P.M.P	P.S.E.S	P.M.H	P.M.W	Promedio Móvil Simple			Promedio Móvil Ponderado			Pronóstico Suavización Exponencial Simple			Pronóstico Método de Holt			Pronóstico Método de Winters		
							MAD	MSE	MAPE	MAD	MSE	MAPE	MAD	MSE	MAPE	MAD	MSE	MAPE	MAD	MSE	MAPE
ENERO	2049	-	-	2680	-	2997	-	-	-	-	-	-	631	397635	0,31	-	-	-	948	898903	0,46
FEBRERO	2324	-	-	2529	2051	2262	-	-	-	-	-	-	205	41899	0,09	273	74529	0,12	62	3845	0,03
MARZO	2251	2187	-	2480	2162	2777	64,5	4160	0,03	-	-	-	229	52310	0,10	89	8010	0,04	526	276988	0,23
ABRIL	2524	2288	2208	2425	2165	2779	237	55932	0,09	316	99567	0,13	99	9804	0,04	359	128970	0,14	255	64892	0,10
MAYO	2197	2388	2482	2449	2294	2199	191	36290	0,09	285	81156	0,13	252	63342	0,11	97	9443	0,04	2	5	0,00
JUNIO	1226	2361	2208	2388	2207	1225	1135	1287090	0,93	982	965056	0,80	1162	1351301	0,95	981	963168	0,80	1	1	0,00
JULIO	3454	1712	1499	2110	1808	2768	1743	3036306	0,50	1955	3820588	0,57	1344	1805542	0,39	1646	2709149	0,48	686	470272	0,20
AGOSTO	3841	2340	3189	2432	2600	3839	1501	2253001	0,39	652	424756	0,17	1409	1985773	0,37	1241	1538947	0,32	2	4	0,00
SEPTIEMBRE	3290	3648	3290	2769	2933	3516	358	127806	0,11	0	0	0,00	521	271418	0,16	357	127187	0,11	226	50895	0,07
OCTUBRE	2894	3566	3325	2894	2894	2809	672	450912	0,23	431	185364	0,15	0	0	0,00	0	0	0,00	85	7155	0,03
NOVIEMBRE	3268	3092	3093	2894	2813	4011	176	30976	0,05	175	30470	0,05	374	140056	0,11	455	207309	0,14	743	551836	0,23
DICIEMBRE	2837	3081	3273	2983	2982	3765	244	59536	0,09	436	189776	0,15	146	21407	0,05	145	21118	0,05	928	862056	0,33
PROMEDIO							695	815317	27,57%	581	644081	23,86%	590	627627	24,25%	587	633921	23,17%	325	223013	10,60%

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-25: Resumen de las medidas de desempeño pronosticadas para el año 2024

	Promedio Móvil Simple	Promedio Móvil Ponderado	Pronóstico Suavización Exponencial Simple	Pronóstico Método de Holt	Pronóstico Método de Winters
MAD	695	581	590	587	325
MSE	815317	644081	627627	633921	223013
MAPE	27,57%	23,86%	24,25%	23,17%	10,60%
Criterio de elección				10,60%	

Realizado por: El Autor, 2024

Conclusión: Basándonos en el análisis de los pronósticos realizados, se ha determinado que el Método de Winters es la mejor opción para la empresa "Balanceados Nutritivos". Esta conclusión se fundamenta en su menor margen de error en comparación con otras métricas de desempeño, lo que demuestra ser el más adecuado en la predicción de la demanda futura. Por lo tanto, se convierte en la elección óptima para ser utilizada en el "Plan Agregado de Producción".

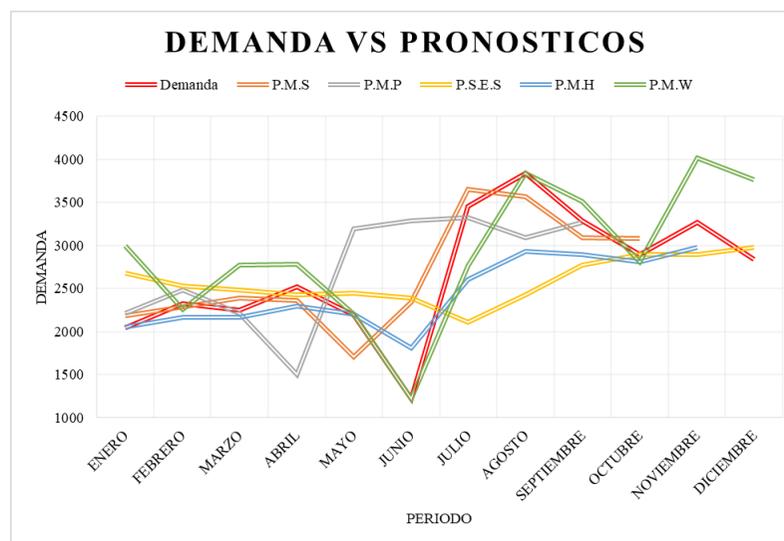


Ilustración 3-15: Demanda VS Pronósticos calculados

Realizado por: El Autor, 2024

3.10 Plan Agregado de Producción

Para determinar la planificación más eficiente para la empresa "Balanceados Nutritivos", se llevará a cabo la comparación con diversos planes agregados de producción, evaluando y seleccionando aquel que mejor se ajuste con la empresa utilizando la demanda Pronosticada para el año 2024.

Método de Nivelación con Horas Extras

Tabla 3-26: Datos para el Método de Nivelación con Horas Extras

DATOS		
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO	125	Diario
OPERARIOS ACTUALES INICIALES	4	Trabajadores
INVENTARIO INICIAL	1200	Unidad
COSTO DIARIO POR JORNAL	19	Diario
COSTO POR CONTRATAR UN OPERARIO	498	Empleado
COSTO POR DESPEDIR UN OPERARIO	225	Empleado
COSTO POR ALMACENAR	0,15	Unidad
COSTO POR HORA EXTRA	3	Por hora
HORAS POR JORNAL DE TRABAJO	8	Horas
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR HORA	16	Unidad/Hora

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-27: Plan agregado de la producción por el método nivelación con horas extras

PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN - MÉTODO NIVELACIÓN CON HORAS EXTRAS													
	ENERO	FERBERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total
DÍAS LABORABLES	21	19	22	22	21	22	21	22	22	22	22	21	257
DEMANDA	2997	2262	2777	2779	2199	1225	2768	3839	3516	2809	4011	3765	34948
UNIDADES POR OPERARIO	2625	2375	2750	2750	2625	2750	2625	2750	2750	2750	2750	2625	32125
OPERARIOS REQUERIDOS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
OPERARIOS ACTUALES	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
OPERARIOS CONTRATADOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERARIOS DESPEDIDOS	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
OPERARIOS UTILIZADOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
UNIDADES PRODUCIDAS	2625	2375	2750	2750	2625	2750	2625	2750	2750	2750	2750	2625	32125
UNIDADES DISPONIBLES	3825	3203	3691	3664	3510	4061	5461	5442	4353	3588	3528	2625	46950
INVENTARIO	828	941	914	885	1311	2836	2692	1603	838	778	0	0	13625
UNIDADES EN H. EXTRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	483	1140	1623
HORAS EXTRAS TOTALES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	71	101
HORAS EXTRAS OPERARIO-MES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,16	71,28	101
COSTOS DE PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN													
POR CONTRATAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

POR DESPEDIR	675	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	675
POR MANO DE OBRA	399	361	418	418	399	418	399	418	418	418	418	399	4.883
POR DE ALMACENAR	124	141	137	133	197	425	404	241	126	117	-	-	2.044
POR HORAS EXTRAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	214	304
COSTO TOTAL	1.198	502	555	551	596	843	803	659	544	535	508	613	7.906

Realizado por: El Autor, 2024

En base al método de Nivelación con Horas Extras, se observa que los costos pronosticados para el año 2024 de la planificación agregada de la producción ascienden a siete mil novecientos seis dólares. Este costo proporciona una medida crucial para evaluar la eficacia del método de planificación.

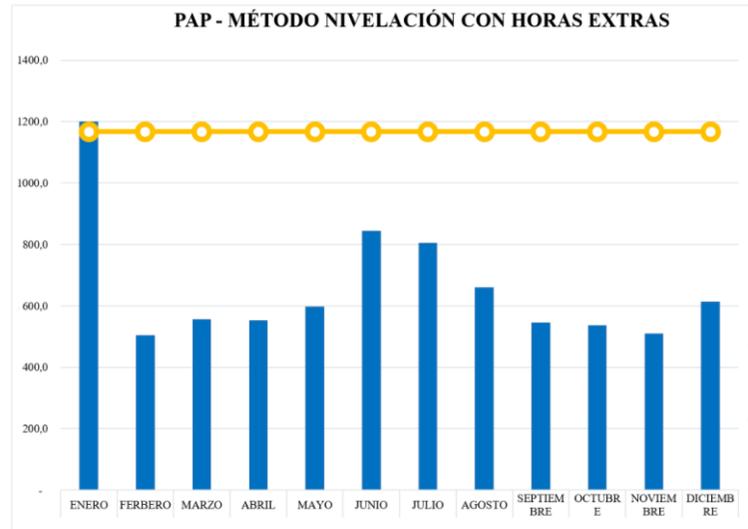


Ilustración 3-16: Graficas del método de nivelación con horas extras

Realizado por: El Autor, 2024

Método mixto:

Tabla 3-28: Datos para el Método Mixto

DATOS		
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO	125	Diario
OPERARIOS ACTUALES INICIALES	4	Trabajadores
INVENTARIO INICIAL	1200	Unidad
COSTO DIARIO POR JORNAL	19	Diario
COSTO POR CONTRATAR UN OPERARIO	498	Empleado
COSTO POR DESPEDIR UN OPERARIO	225	Empleado
COSTO POR ALMACENAR	0,15	Unidad
COSTO POR HORA EXTRA	3	Por hora
HORAS POR JORNAL DE TRABAJO	8	Horas
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR HORA	16	Unidad

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-29: Plan agregado de la producción por el método mixto

PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN - MÉTODO MIXTO													
	ENERO	FERBERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total
DÍAS LABORABLES	21	19	22	22	21	22	21	22	22	22	22	21	257
DEMANDA	2997	2262	2777	2779	2199	1225	2768	3839	3516	2809	4011	3765	34948
UNIDADES POR OPERARIO	2625	2375	2750	2750	2625	2750	2625	2750	2750	2750	2750	2625	32125
OPERARIOS REQUERIDOS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	11
OPERARIOS ACTUALES	4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
OPERARIOS CONTRATADOS	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
OPERARIOS DESPEDIDOS	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
OPERARIOS UTILIZADOS	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	11
UNIDADES PRODUCIDAS	2625	2375	2750	2750	2625	0	2625	2750	2750	2750	2750	2625	29375
UNIDADES DISPONIBLES	3825	3203	3691	3664	3510	1311	2711	2750	2750	2750	2750	2625	35538
INVENTARIO	828	941	914	885	1311	86	0	0	0	0	0	0	4963
UNIDADES EN H. EXTRA	0	0	0	0	0	0	58	1089	766	59	1261	1140	4373
HORAS EXTRAS TOTALES	0	0	0	0	0	0	4	68	48	4	79	71	273
HORAS EXTRAS OPERARIO-MES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	3,61	68,06	47,85	3,71	78,80	71,28	273
COSTOS DE PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN													
POR CONTRATAR	-	-	-	-	-	-	498	-	-	-	-	-	498

POR DESPEDIR	675	-	-	-	-	225	-	-	-	-	-	-	900
POR MANO DE OBRA	399	361	418	418	399	-	399	418	418	418	418	399	4.465
POR DE ALMACENAR	124	141	137	133	197	13	-	-	-	-	-	-	745
POR HORAS EXTRAS	-	-	-	-	-	-	11	204	144	11	236	214	820
COSTO TOTAL	1.198	502	555	551	596	238	908	622	562	429	654	613	7.427

Realizado por: El Autor, 2024

En base al método mixto, se observa que los costos pronosticados para el año 2024 de la planificación agregada de la producción ascienden a siete mil cuatrocientos veintisiete dólares. Este costo proporciona una medida crucial para evaluar la eficacia del método de planificación, debido a que será comparado con los costos generados por otros métodos.

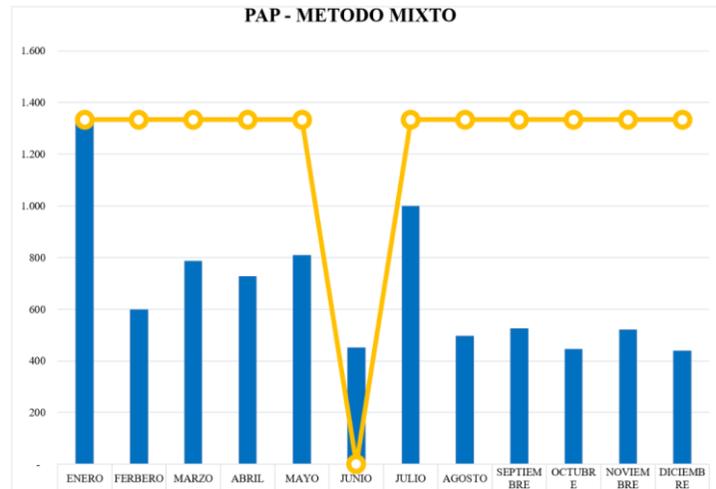


Ilustración 3-17: Graficas del método mixto

Realizado por: El Autor, 2024

Método de Nivelación

Tabla 3-30: Datos para el Método de Nivelación

DATOS		
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO	125	Diario
OPERARIOS ACTUALES INICIALES	4	Trabajadores
COSTO DIARIO POR JORNAL	19	Diario
COSTO POR CONTRATAR UN OPERARIO	498	Empleado
COSTO POR DESPEDIR UN OPERARIO	225	Empleado
COSTO POR ALMACENAR	0,15	Unidad
COSTO POR FALTANTE	2,00	Unidad
INVENTARIO INICIAL	1200	Unidad
HORAS POR JORNAL DE TRABAJO	8	Horas

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-31: Plan agregado de la producción por el método de nivelación

PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN - MÉTODO DE NIVELACIÓN													
	ENERO	FERBERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total
DÍAS LABORABLES	21	19	22	22	21	22	21	22	22	22	22	21	257

DEMANDA	2997	2262	2777	2779	2199	1225	2768	3839	3516	2809	4011	3765	34948
UNIDADES POR OPERARIO	2625	2375	2750	2750	2625	2750	2625	2750	2750	2750	2750	2625	32125
OPERARIOS REQUERIDOS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
OPERARIOS ACTUALES	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
OPERARIOS CONTRATADOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERARIOS DESPEDIDOS	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
OPERARIOS UTILIZADOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
UNIDADES PRODUCIDAS	2625	2375	2750	2750	2625	2750	2625	2750	2750	2750	2750	2625	32125
UNIDADES DISPONIBLES	3825	3203	3691	3664	3510	4061	5461	5442	4353	3588	3528	2625	46950
INVENTARIO	828	941	914	885	1311	2836	2692	1603	838	778	0	0	13625
UNIDADES FALTANTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	483	1140	1623
COSTOS DE PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN													
POR CONTRATAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POR DESPEDIR	675	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	675
POR MANO DE OBRA	399	361	418	418	399	418	399	418	418	418	418	399	4.883
POR DE ALMACENAR	124	141	137	133	197	425	404	241	126	117	-	-	2.044
POR FALTANTES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	965	2.281	3.246
COSTO TOTAL	1.198	502	555	551	596	843	803	659	544	535	1.383	2.680	10.848

Realizado por: El Autor, 2024

En base al método de nivelación, se observa que los costos pronosticados para el año 2024 de la planificación agregada de la producción ascienden a diez mil ochocientos cuarenta y ocho dólares. Este costo, aunque elevado proporciona una medida crucial para evaluar la eficacia del método de planificación, debido a que será comparado con los costos generados por otros métodos.

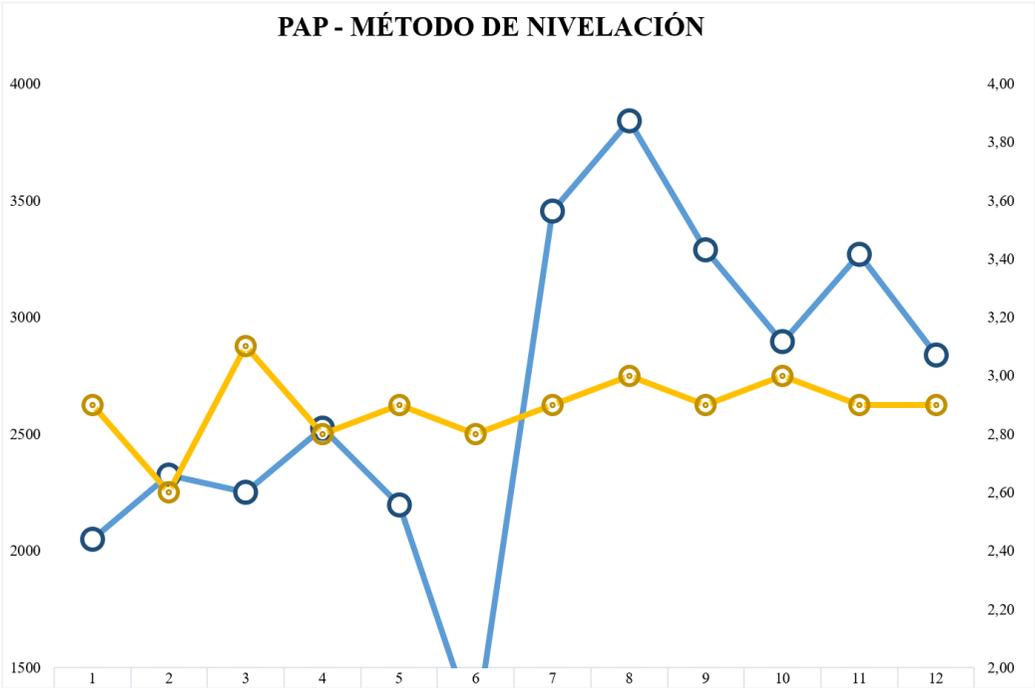


Ilustración 3-18: Graficas del método de nivelación

Realizado por: El Autor, 2024

Método Fuerza Mínima Con Subcontratación

Tabla 3-32: Datos para el método fuerza mínima con subcontratación

DATOS		
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO	100	Diario
OPERARIOS ACTUALES INICIALES	4	Trabajadores
COSTO DIARIO POR JORNAL	19	Diario
COSTO POR CONTRATAR UN OPERARIO	498	Empleado
COSTO POR DESPEDIR UN OPERARIO	225	Empleado
COSTO POR ALMACENAR	0,15	Unidad
COSTO DE UNIDAD SUBCONTRATADA	3	Unidad
INVENTARIO INICIAL	1200	Unidad
HORAS POR JORNAL DE TRABAJO	8	Horas

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 3-33: Plan agregado de la producción por el método de fuerza de trabajo mínima

PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN - MÉTODO DE FUERZA DE TRABAJO MÍNIMA CON SUBCONTRATACIÓN													
	ENERO	FERBERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total
DÍAS LABORABLES	21	19	22	22	21	22	21	22	22	22	22	21	257

DEMANDA	2997	2262	2777	2779	2199	1225	2768	3839	3516	2809	4011	3765	34948
UNIDADES POR OPERARIO	2100	1900	2200	2200	2100	2200	2100	2200	2200	2200	2200	2100	25700
OPERARIOS REQUERIDOS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	12
OPERARIOS ACTUALES	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
OPERARIOS CONTRATADOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERARIOS DESPEDIDOS	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
OPERARIOS UTILIZADOS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
UNIDADES PRODUCIDAS	2100	1900	2200	2200	2100	2200	2100	2200	2200	2200	2200	2100	25700
UNIDADES DISPONIBLES	3300	2203	2200	2200	2100	2200	3075	2507	2200	2200	2200	2100	28484
INVENTARIO	303	0	0	0	0	975	307	0	0	0	0	0	1584
UNIDADES SUBCONTRATAR	0	59	577	579	99	0	0	1332	1316	609	1811	1665	8048
COSTOS DE PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN													
POR CONTRATAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POR DESPEDIR	675	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	675
POR MANO DE OBRA	399	361	418	418	399	418	399	418	418	418	418	399	4.883
POR DE ALMACENAR	45	-	-	-	-	146	46	-	-	-	-	-	238
POR SUBCONTRATAR	-	177	1.732	1.736	298	-	-	3.997	3.947	1.828	5.433	4.996	24.144
COSTO TOTAL	1.119	538	2.150	2.154	697	564	445	4.415	4.365	2.246	5.851	5.395	29.940

Realizado por: El Autor, 2024

En base al método de fuerza mínima con subcontratación, se observa que los costos pronosticados para el año 2024 de la planificación agregada de la producción ascienden a veintinueve mil novecientos cuarenta dólares. Este costo, aunque elevado proporciona una medida crucial para evaluar la eficacia del método de planificación, debido a que será comparado con los costos generados por otros métodos.

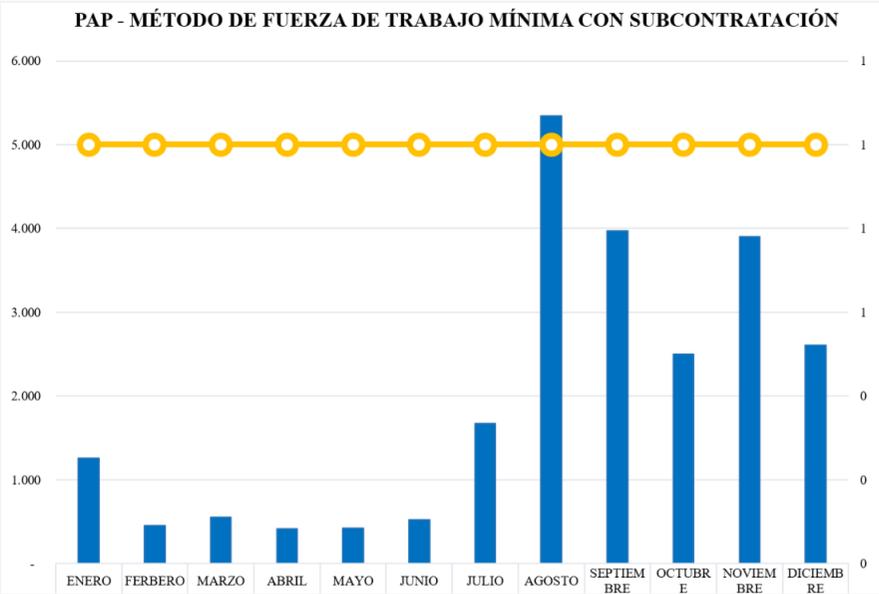


Ilustración 3-19: Graficas del método de fuerza de trabajo mínima con subcontratación

Realizado por: El Autor, 2024

Después de realizar el pronóstico de los diferentes planes agregados de producción para el año 2024, se procederá a compararlos con los costos generados por cada método: el Método de Nivelación con Horas Extras, el Método Mixto, el Método de Nivelación y el Método de Fuerza Mínima con Subcontratación, presentados de manera concisa en un cuadro resumen. Este análisis comparativo permitirá identificar cuál de los métodos de planificación ofrece la mejor relación entre eficiencia y costos. En consecuencia, brindará a la empresa la información necesaria para tomar decisiones informadas y optimizar su proceso de producción, asegurando así una gestión más eficaz y rentable en el cumplimiento de sus objetivos comerciales.

Tabla 3-34: Resumen de los costos de los planes agregados

PERIODO	COSTOS DE LOS PLANES AGREGADOS DE LA PRODUCCIÓN DEL AÑO 2024			
	Método de Nivelación con Horas Extras	Método mixto	Método de Nivelación	Método Fuerza Mínima Con Subcontratación
ENERO	1.198	1.198	1.198	1.119
FEBRERO	502	502	502	538
MARZO	555	555	555	2.150
ABRIL	551	551	551	2.154
MAYO	596	596	596	697
JUNIO	843	238	843	564
JULIO	803	908	803	445
AGOSTO	659	622	659	4.415
SEPTIEMBRE	544	562	544	4.365
OCTUBRE	535	429	535	2.246
NOVIEMBRE	508	654	1.383	5.851
DICIEMBRE	613	613	2.680	5.395
TOTAL	7.906	7.427	10.848	29.940

Realizado por: El Autor, 2024

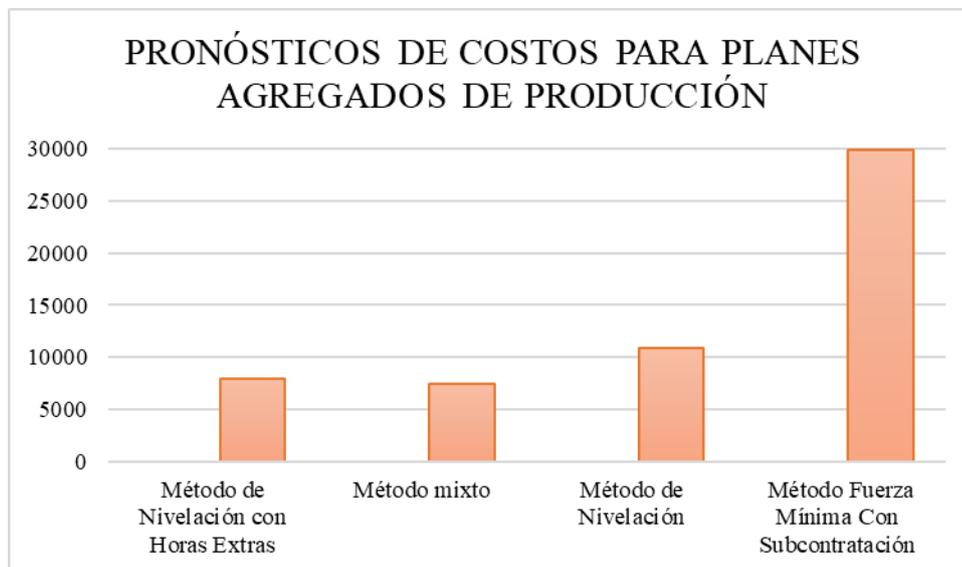


Ilustración 3-20: Grafica de barras de los costos generados por cada plan agregado de producción

Realizado por: El Autor, 2024

Conclusión: Con base en el análisis de los planes agregados de producción, se determina la elección del *Plan Agregado de Producción a través del Método de Mixto*. Esta decisión se fundamenta en la óptima conveniencia para la empresa "Balanceados Nutritivos", evidenciada por su menor costo en relación con los otros métodos disponibles.

3.11 Desarrollo del plan de mejora a través de una Herramienta de Software

Con base en el análisis previamente realizado, se procede a desarrollar una herramienta software personalizada mediante la implementación de una Application Programming Interface (API) de Excel, utilizando el lenguaje de programación Visual Basic for Applications (VBA) para lograr una interacción amigable con el usuario.

Esta herramienta software personalizada integrará el Método de Winters como el enfoque principal para los pronósticos. Esta decisión se basa en la conclusión de que este método muestra un menor error en las medidas de desempeño evaluadas, lo que resulta en una minimización más efectiva de los errores de pronóstico en comparación con otras técnicas de pronóstico contrastadas.

Por otro lado, para el Plan Agregado de Producción se empleará el Método Mixto, esta elección se sustenta en un análisis exhaustivo de los planes agregados de producción, que demostró que este método ofrece el menor costo en comparación con otras alternativas evaluadas.

A continuación, se exhibe la interfaz de la herramienta de software, en la que se visualizan los campos disponibles que abarcan la base de datos, el resumen de pronósticos, el plan agregado de producción, el análisis de cantidad de producción y el menú de graficas.



Ilustración 3-21: Interfaz de la herramienta software

Realizado por: El Autor, 2024

En la sección designada como "Base de Datos", se presenta una base de información con un historial de 5 años, junto con una opción para ingresar datos manualmente. Destacan entre estos los datos correspondientes a los días hábiles del año seleccionado y su respectiva demanda.

Asimismo, se evidencia un apartado para ingresar los datos necesarios para los métodos de Planificación Agregada de la Producción, cada uno de los cuales está separado en su respectiva sección. Esta disposición contribuye a una interfaz intuitiva y fácil de usar en lo que respecta a la introducción manual de datos.

		AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
DÍAS LABORABLES		2023	21	19	22	22
DEMANDA		2023	2049	2324	2251	2524

MÉTODO NIVELACIÓN CON HORAS EXTRAS			MÉTODO MIXTO		
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO	125	Diario	PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO	125	Diario
OPERARIOS ACTUALES INICIALES	4	Trabajadores	OPERARIOS ACTUALES INICIALES	4	Trabajadores
INVENTARIO INICIAL	1200	Unidad	INVENTARIO INICIAL	1200	Unidad

Ilustración 3-22: Base de datos de la herramienta software

Realizado por: El Autor, 2024

En la sección de “Pronósticos”, se presenta un resumen de los métodos pronósticos comparados, seleccionando automáticamente a partir de la demanda ingresada o el año seleccionado de la base de datos, el pronóstico seleccionado se basa en medidas de desempeño, donde se prioriza aquel que genere el menor error. Además, se exhiben gráficas comparativas de todos los pronósticos, y se integran funciones adicionales como la opción de retornar al menú principal o acceder directamente al plan de agregado de producción. Asimismo, se brinda la flexibilidad de seleccionar cualquier método de pronóstico individualmente para su visualización exclusiva.

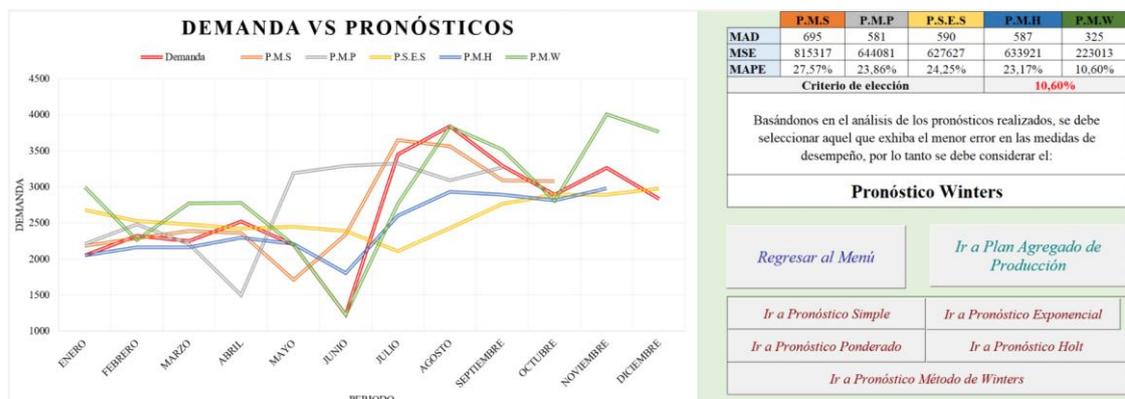


Ilustración 3-23: Interfaz de pronósticos para el plan de producción.

Realizado por: El Autor, 2024

En la sección de "Plan Agregado de la Producción", se exhiben de forma gráfica y tabular los costos asociados a cada plan agregado, tomando como referencia la mejor demanda pronosticada. El sistema selecciona automáticamente el plan agregado óptimo basado en el menor costo generado. Además, la interfaz ofrece opciones de selección múltiple, como la elección de cada plan agregado por separado o la selección de pronósticos y gráficos de manera individual.

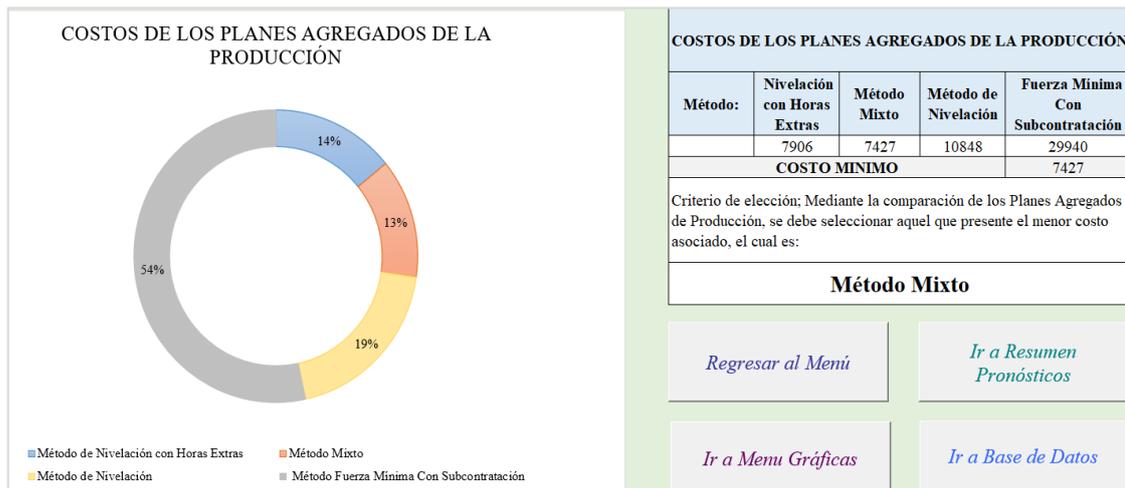


Ilustración 3-24: Interfaz de los métodos de los planes de producción.

Realizado por: El Autor, 2024

Se puede apreciar que cada sección individual cuenta con una interfaz intuitiva que permite acceder fácilmente al resumen principal seleccionado.

	ENERO	FERBERO	MARZO	ABRIL	MAYO
DÍAS LABORABLES	21	19	22	22	21
DEMANDA	2997	2262	2777	2779	2199
UNIDADES POR OPERARIO	2625	2375	2750	2750	2625
OPERARIOS REQUERIDOS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
OPERARIOS ACTUALES	4	1	1	1	1
OPERARIOS CONTRATADOS	0	0	0	0	0
OPERARIOS DESPEDIDOS	3	0	0	0	0
OPERARIOS UTILIZADOS	1	1	1	1	1
UNIDADES PRODUCIDAS	2625	2375	2750	2750	2625
UNIDADES DISPONIBLES	3825	3203	3691	3664	3510
INVENTARIO	828	941	914	885	1311
UNIDADES EN H. EXTRA	0	0	0	0	0
HORAS EXTRAS TOTALES	0	0	0	0	0

Regresar al Menu

Ir a Plan Agregado de Produccion

GRAFICAS

Operario vs Costos

Operario vs Unidades Producidas

Ilustración 3-25: Interfaz individual del plan agregado de producción

Realizado por: El Autor, 2024

En el Análisis de Producción, se presentan en forma de tablas la cantidad recomendada de producción, derivada de la demanda pronosticada. También se detallan los días de consumo y el costo total asociado. Además, se incluyen apartados adicionales, como la clasificación ABC para el almacenamiento.

Cantidad a Producir		CRITERIO	
Demanda total del año seleccionado	32155 sacos	La cantidad de producción (Qp) en unidades al mes debe ser de	14934
Demanda promedio	2680 sacos/mes	La cual generara un costo total de	1680
Demanda diaria	126 sacos/día		
Días laborables del año seleccionado	255 días		
Ritmo de producción diario	10708 sacos/día		
Costo de preparación	390 \$/mes		
Costo de mantener	0,15 \$/mes		
Ritmo de producción por los operarios	500 sacos/día		
Qp	14934 sacos		
Smax	11167 sacos		
Inventario Promedio	5584 sacos		

Días de producción	
Días de producción	255 días
Producción promedio	10708 días
Cantidad Económica a Producir	14934 sacos
X días a producir	30 días

Días de consumo	
Días de producción	255 días
Demanda promedio	2680 días

[Regresar al Menu](#)

[Clasificación ABC](#)

[Ir a Base de Datos](#)

Ilustración 3-26: Interfaz del análisis POQ

Realizado por: El Autor, 2024

Como se puede apreciar en la sección de clasificación ABC, se presenta un cuadro resumen de los productos clasificados según su criticidad, tanto en formato tabular como gráfico. La interfaz también incluye apartados adicionales, como una clasificación ABC basada en el índice de rotación, así como enlaces que permiten navegar a otras secciones de la interfaz.

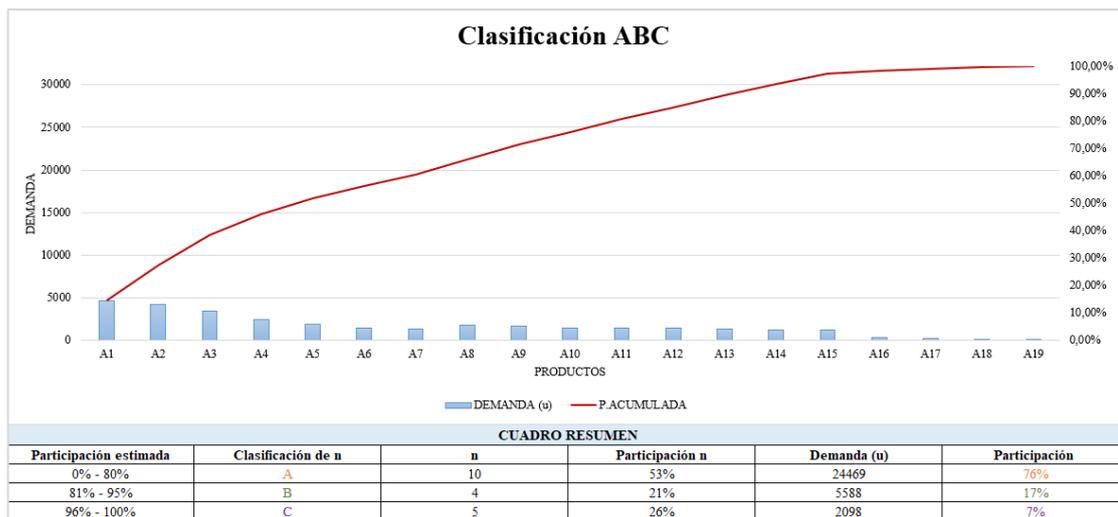


Ilustración 3-27: Clasificación ABC por producto

Realizado por: El Autor, 2024

En el apartado de clasificación por el índice de rotación, se puede observar que la clasificación

por criticidad se fundamenta en la rotación mensual de los productos. La interfaz ofrece enlaces que permiten navegar hacia otras secciones de la interfaz.

ROTACIÓN DEL INVENTARIO MENSUAL		
Inventario Promedio	5584	sacos/mes
PERIODO	Índice de rotación	
Enero	0,37	mes
Febrero	0,42	mes
Marzo	0,40	mes
Abril	0,45	mes
Mayo	0,39	mes
Junio	0,22	mes
Julio	0,62	mes
Agosto	0,69	mes
Septiembre	0,59	mes
Octubre	0,52	mes
Noviembre	0,59	mes
Diciembre	0,51	mes

Ilustración 3-28: Clasificación ABC por índice de rotación

Realizado por: El Autor, 2024

En el apartado de Menú de Gráficas, se pueden observar las distintas gráficas organizadas de forma que se presentan las correspondientes a cada método de planificación agregada de la producción, junto con aquellas relacionadas con los pronósticos. Además, la interfaz proporciona enlaces para acceder directamente al resumen de pronósticos, al resumen del plan agregado de la producción, así como para retornar al menú principal o a la base de datos.

Regresar al Menu	Ir a Base de Datos	
<p>Método de Nivelación con Horas Extras</p> <p>Operario vs Costos</p> <p>Operario vs Unidades Producidas</p>	<p>Método Mixto</p> <p>Operario vs Costos</p> <p>Operario vs Unidades Producidas</p>	<p>Ir a Resumen del Plan Agregado de Produccion</p> <p>Ir a Resumen Pronósticos</p> <p>Ir a Pronóstico Simple</p> <p>Ir a Pronóstico Ponderado</p> <p>Ir a Pronóstico Exponencial</p> <p>Ir a Pronóstico Holt</p> <p>Ir a Método de Winters</p>
<p>Método de Nivelación</p> <p>Operario vs Costos</p> <p>Operario vs Unidades Producidas</p> <p>Operario - Demanda - Unidades</p>	<p>Método de Fuerza de Trabajo Mínima con Subcontratación</p> <p>Operario vs Costos</p> <p>Operario vs Unidades Producidas</p>	

Ilustración 3-29: Interfaz del menú de graficas

Realizado por: El Autor, 2024

Con el fin de mejorar la utilización del software, se ha desarrollado un manual que detalla los aspectos clave que no están automatizados, como el manejo de la base de datos y la sección de clasificación ABC. A continuación, se presenta un resumen de dicho manual:

Tabla 3-35: Manual de la herramienta software

MANUAL DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE PARA PLANIFICACIÓN																																			
1. Selección del Año																																			
<i>Objetivo:</i> Permite al usuario elegir el año para la planificación automatizada o ingresar los datos manualmente.																																			
<i>Pasos:</i>																																			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Selecciona el año deseado para la planificación automatizada. 2. Si se prefiere ingresar los datos manualmente, selecciona "INGRESAR". 																																			
 <p>The screenshot shows a software interface with a dropdown menu for 'AÑO' (Year) and a button for 'INGRESAR' (Enter). The dropdown menu is open, showing options for years from 2020 to 2024. The 'INGRESAR' button is highlighted in blue. Other visible text includes 'DÍAS LABORABLES', 'DEMANDA', and 'TODO NIVELACIÓN CON'.</p>																																			
2. Proceso de Selección del Plan Agregado de Producción																																			
<i>Objetivo:</i> Describe el proceso de selección del plan agregado, que puede basarse en el pronóstico generado automáticamente desde la base de datos o ingresado manualmente según la demanda. Además, detalla los datos requeridos para cada método de planificación agregada.																																			
<i>Paso:</i>																																			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Completar los datos requeridos para cada método de planificación agregada. 																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">MÉTODO NIVELACIÓN CON HORAS EXTRAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO</td> <td>125</td> <td>Diario</td> </tr> <tr> <td>OPERARIOS ACTUALES INICIALES</td> <td>4</td> <td>Trabajadores</td> </tr> <tr> <td>INVENTARIO INICIAL</td> <td>1200</td> <td>Unidad</td> </tr> <tr> <td>COSTO DIARIO POR JORNAL</td> <td>19</td> <td>Diario</td> </tr> <tr> <td>COSTO POR CONTRATAR UN OPERARIO</td> <td>498</td> <td>Empleado</td> </tr> <tr> <td>COSTO POR DESPEDIR UN OPERARIO</td> <td>225</td> <td>Empleado</td> </tr> <tr> <td>COSTO POR ALMACENAR</td> <td>0,15</td> <td>Unidad</td> </tr> <tr> <td>COSTO POR HORA EXTRA</td> <td>3</td> <td>Hora</td> </tr> <tr> <td>HORAS POR HORNAL DE TRABAJO</td> <td>8</td> <td>Horas</td> </tr> <tr> <td>PRODUCCIÓN PROMEDIO POR HORA</td> <td>16</td> <td>Unidad/Hora</td> </tr> </tbody> </table>			MÉTODO NIVELACIÓN CON HORAS EXTRAS			PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO	125	Diario	OPERARIOS ACTUALES INICIALES	4	Trabajadores	INVENTARIO INICIAL	1200	Unidad	COSTO DIARIO POR JORNAL	19	Diario	COSTO POR CONTRATAR UN OPERARIO	498	Empleado	COSTO POR DESPEDIR UN OPERARIO	225	Empleado	COSTO POR ALMACENAR	0,15	Unidad	COSTO POR HORA EXTRA	3	Hora	HORAS POR HORNAL DE TRABAJO	8	Horas	PRODUCCIÓN PROMEDIO POR HORA	16	Unidad/Hora
MÉTODO NIVELACIÓN CON HORAS EXTRAS																																			
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO	125	Diario																																	
OPERARIOS ACTUALES INICIALES	4	Trabajadores																																	
INVENTARIO INICIAL	1200	Unidad																																	
COSTO DIARIO POR JORNAL	19	Diario																																	
COSTO POR CONTRATAR UN OPERARIO	498	Empleado																																	
COSTO POR DESPEDIR UN OPERARIO	225	Empleado																																	
COSTO POR ALMACENAR	0,15	Unidad																																	
COSTO POR HORA EXTRA	3	Hora																																	
HORAS POR HORNAL DE TRABAJO	8	Horas																																	
PRODUCCIÓN PROMEDIO POR HORA	16	Unidad/Hora																																	

3. Visualización de la Base de Datos

Objetivo: Proporciona una visión general de la base de datos de 5 años más el ingreso manual, presentando una tabla automatizada como referencia visual.

Descripción: Muestra una tabla que representa la base de datos, facilitando la visualización de la información necesaria.

D I A S	AÑO	La siguiente tabla esta destinada para una mejor visualización de la demanda clasificada en días y demanda	
		ENERO	FEBRERO
	2024		20
	2023	22	20
	2022	21	20
	2021	21	19
2020	22	20	
INGRESAR	22	20	
D E M A N D A	AÑO	ENERO	FEBRERO
	2024	29700	23713
	2023	20497	23243
	2022	29924	23610
	2021	29123	22798
	2020	29169	23352
	INGRESAR	20497	23243
PRONÓSTICO	29979	22626	

4. Pronóstico previo

Objetivo: Presenta el pronóstico seleccionado automáticamente, basado en la demanda ingresada manualmente o seleccionada del año correspondiente.

Pasos:

1. Ingresa la demanda manualmente en la casilla designada.
2. Selecciona la demanda del año correspondiente, si es aplicable.
3. Observa el pronóstico generado en base a la demanda seleccionada.

Pronóstico Winters		
Demanda ingresada manualmente	Demanda del año seleccionado	Pronóstico Recomendado
20497	20497	29979
23243	23243	22626
22511	22511	27785
25248	25248	27809
21971	21971	22007
12261	12261	12261
34545	34545	27700
38414	38414	38414
32906	32906	35174
28941	28941	28104
32680	32680	40123
28373	28373	37676

5. Ingreso Manual de Datos

Objetivo: Describe el proceso de ingreso manual de los datos de demanda y días hábiles, los cuales se aplicarán a toda la base de datos.

Paso: Completa manualmente los datos de demanda y días hábiles necesarios para la planificación.

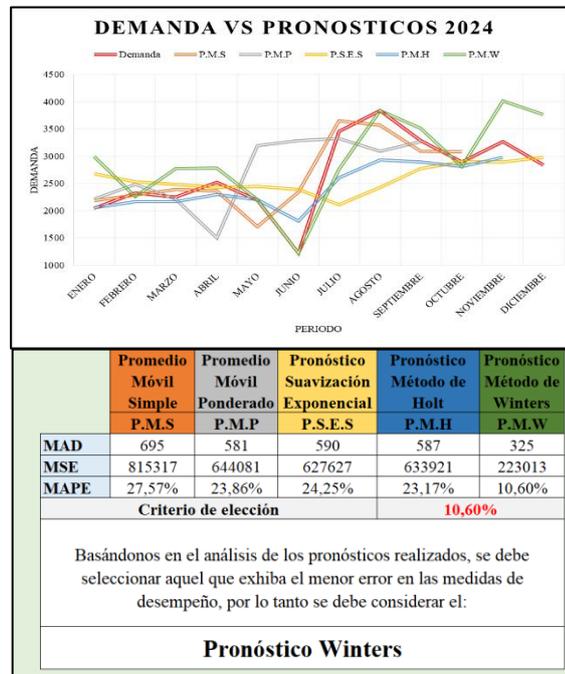
		AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO
2024	DÍAS LABORABLES		22	20	21
	DEMANDA		29588	23945	28642
2023	DÍAS LABORABLES		22	20	22
	DEMANDA		20497	23243	22511
2022	DÍAS LABORABLES		21	20	23
	DEMANDA		29778	23046	29342
2021	DÍAS LABORABLES		21	19	23
	DEMANDA		29326	22927	28381
2020	DÍAS LABORABLES		22	20	22
	DEMANDA		28496	23566	28248

6. Pronósticos

Objetivo: Indica que pronóstico es el más óptimo según la demanda ingresada o seleccionada.

Pasos:

1. Observe el gráfico y localice la demanda, marcada en color rojo. Además, verifique el criterio de elección y el tipo de pronóstico que se generan automáticamente.



7. Apartado de pronósticos

Objetivo: Indica atajos para seleccionar un pronóstico en específico o ir directamente al plan agregado.

Pasos:

1. Haga clic directamente en el pronóstico deseado o vaya de manera directa al resumen del plan agregado.

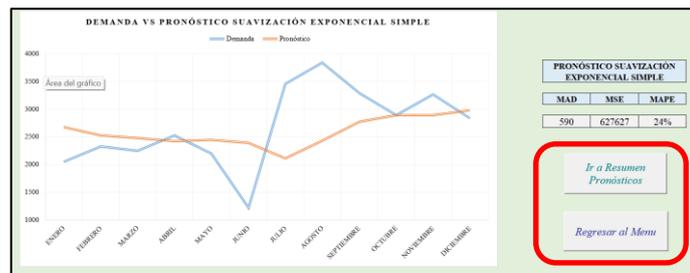


8. Pronósticos de manera individual

Objetivo: Visualizar el MAPE de cualquier pronóstico de manera individual y detallada

Pasos:

1. Haga clic directamente en resumen de pronóstico o menú para volver a sus respectivas páginas.



8. Plan agregado de producción

Objetivo: Indica que plan agregado más optimo según la demanda ingresada o seleccionada.

Pasos:

1. Observe el gráfico circular y localice el que tenga menor porcentaje. Además, verifique el criterio de elección y el tipo de plan agregado que se generan automáticamente.



9. Análisis de cantidad de producción

Objetivo: Indica la cantidad de producción y el costo generado del mismo, además de dar enlace directo con la clasificación ABC.

Pasos:

1. Observar el criterio generado automáticamente.
2. Haz clic en "Clasificación ABC".

CRITERIO	
La cantidad de producción (Qp) en unidades al mes debe ser de	14934
La cual generara un costo total de	\$ 1.679.50

[Regresar al Menu](#)

[Clasificación ABC](#)

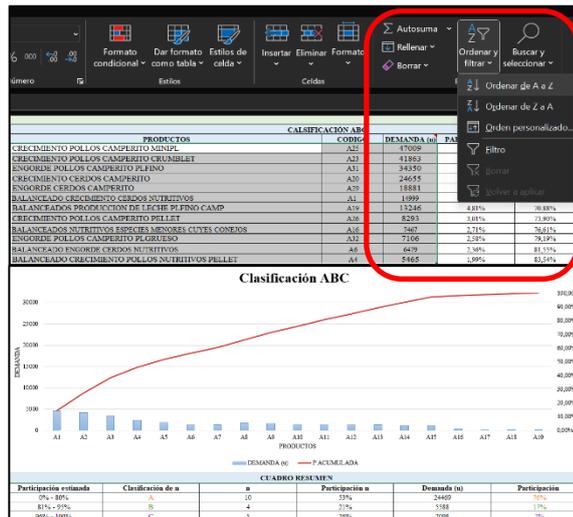
[Ir a Base de Datos](#)

10. Clasificación ABC

Objetivo: Indica que los productos deben ser ordenados según su demanda de mayor a menor para la clasificación ABC.

Pasos:

1. Selecciona los productos que deseas clasificar.
2. Haz clic en "Ordenar y filtrar" y selecciona "Mayor a Menor".



11. Menú de gráficas

Objetivo: Agrupar todas las graficas de los pronósticos y planes agregados en forma de menú

- Haga clic directamente en cualquier apartado para visualizar su gráfica.



Notas:

- Actualice periódicamente los datos de demanda cada 3 o 6 meses en el apartado de base de datos, debido a que la demanda tiende a fluctuar.*
- Se incluyen comentarios en cada sección para una mejor comprensión y referencia.*

Realizado por: El Autor, 2024

El manual realizado para la herramienta software de planificación de producción y gestión de almacenamiento automatizada ofrece una guía precisa y detallada para los usuarios. Desde la selección de la demanda hasta la clasificación ABC de productos, cada paso se explica de manera concisa para facilitar la comprensión y ejecución del proceso. Además, se proporcionan instrucciones específicas para el ingreso manual de datos y se resaltan características importantes de la herramienta, como la visualización de la base de datos y el pronóstico automático.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Gestión de Inventario

Para la gestión de inventarios, se llevará a cabo una redistribución de los productos terminados en los almacenes. Esta redistribución se basará en la clasificación ABC previamente realizada. Los productos clasificados como A se ubicarán en las áreas más cercanas a las salidas de los almacenes, dado que son productos con alta prioridad de demanda. Esta estrategia busca reducir los recorridos innecesarios al utilizar estos productos fundamentales para la empresa. Los productos fueron dispuestos de manera secuencial al salir del área de producción, priorizando la ubicación de los productos requeridos para el día en zonas próximas, mientras que los demás fueron organizados conforme a su llegada sin realizar ninguna clasificación.

Se dispusieron los productos de Clasificación A en áreas adyacentes a las salidas de los almacenes, seguidos por los de Clasificación B, y posteriormente los de Clasificación C, con el propósito de facilitar el proceso de recolección para los operarios.

Se emplearon diagramas de procesos para demostrar la optimización de recorridos realizada.

Tabla 4-1: Diagrama de procesos de almacenamiento y expedición del producto final actual

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO						
MÉTODO ACTUAL		X		DIAGRAMA DEL PROCESO: "Procesos de Almacenamiento y Expedición del Producto Final"		
MÉTODO PROPUESTO						
SUJETOS DEL DIAGRAMA: El diagrama comienza con la recepción del producto final por parte de los encargados de almacén, para ser almacenado y posteriormente expedido				SÍMBOLOS 		FECHA: 2024-02-12 REALIZADO POR: Asisclo Suarez DIAGRAMAS: Proceso de almacenamiento y expedición HOJA N: 01 TIPO: Material
N° ACTIVIDAD	N°	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Simbología del diagrama		Descripción del proceso
1	1		15			Entrega e inspección de sacos de balanceados (40kg) desde el área de producción
2	1	14,40				Transporte de Sacos al Almacén 3 desde el área producción
3	1		40			Almacenamiento en Almacén 3

4	2	17,80															Transporte de Sacos al Almacén 2 desde el área producción
5	2		20														Almacenamiento en Almacén 2
6	3	20															Transporte de Sacos al Almacén 1 desde el área producción
7	3		30														Almacenamiento en Almacén 1
8	1		10														Aguardo de Pedido de Producto desde el área de carga y descarga
9	4	7,5															Transporte hacia los almacenes
10	1		5														Búsqueda del Producto Solicitado en los Almacenes
11	2		1														Selección del Producto Solicitado
12	5	20															Transporte del producto al área de carga y descarga
13	3		20														Procesos de Carga del Producto Solicitado
14	4		10														Almacenaje de productos en Vehículos

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 4-2: Resumen del diagrama de procesos de almacenamiento y expedición actual

RESUMEN DEL METODO ACTUAL		
OPERACIÓN		3
TRASPORTE		5
INSPECCIÓN		-
DEMORAS		1
ALMACENAJE		4
OPERACIÓN COMBINADA		1
DISTANCIA RECORRIDA (metros)		79,7 m
TIEMPO (minutos)		151 min

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 4-3: Diagrama de procesos de almacenamiento y expedición del producto final propuesto

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO		
MÉTODO ACTUAL		DIAGRAMA DEL PROCESO: "Procesos de Almacenamiento y Expedición del Producto Final"
MÉTODO PROPUESTO	X	

SUJETOS DEL DIAGRAMA:				SÍMBOLOS						
El diagrama comienza con la recepción del producto final por parte de los encargados de almacén, para ser almacenado y posteriormente expedido				 Operación  Transporte  Inspección  Demora  Almacenaje  Operación combinada		FECHA: 2024-02-12 REALIZADO POR: Asisclo Suarez DIAGRAMAS: Proceso de almacenamiento y expedición HOJA N: 01 TIPO: Material				
				N° ACTIVIDAD	N°	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Simbología del diagrama		Descripción del proceso
										
1	1		15							Entrega e inspección de sacos de balanceados (40kg) desde el área de producción
2	1	14,40								Transporte de Sacos al Almacén 3 desde el área producción
3	1		40							Almacenamiento en Almacén 3
4	2	17,80								Transporte de Sacos al Almacén 2 desde el área producción
5	2		20							Almacenamiento en Almacén 2
6	3	20								Transporte de Sacos al Almacén 1 desde el área producción
7	3		30							Almacenamiento en Almacén 1
8	1		10							Aguardo de Pedido de Producto desde el área de carga y descarga
9	4	7,5								Transporte hacia los almacenes
10	1		5							Búsqueda del Producto Solicitado en los Almacenes
11	2		1							Selección del Producto Solicitado por su clasificación ABC
12	5	17,4								Transporte del producto al área de carga y descarga
13	3		20							Procesos de Carga del Producto Solicitado
14	4		10							Almacenaje de productos en Vehículos

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 4-4: Resumen del diagrama de procesos de almacenamiento y expedición Propuesto

RESUMEN DEL METODO ACTUAL		
OPERACIÓN		3
TRANSPORTE		5
INSPECCIÓN		-
DEMORAS		1
ALMACENAJE		4

OPERACIÓN COMBINADA 	1
DISTANCIA RECORRIDA (metros)	77,1 m
TIEMPO (minutos)	147 min

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 4-5: Resumen de las mejoras en recorrido y tiempo

RESUMEN DE LA GESTIÓN DE ALAMCENAMIENTO		
	Antes	Después
Distancia Recorrida (m)	79,7	77,1
Tiempo (min)	151	147
Mejora en recorrido (m)	2,6 metros \approx 3,26%	
Mejora en tiempo (min)	4 minutos \approx 2,65%	

Realizado por: El Autor, 2024

A continuación, se muestran los diseños de los almacenes, cada uno con su clasificación correspondiente. En estos diseños, se ha asignado colores específicos para cada clasificación: el amarillo para los productos de clase "A", el verde para los de clase "B", el morado para los de clase "C" y el azul para las materias primas.

En el Almacén 1, que comparte área con la producción, se prioriza la entrada principal para facilitar el flujo de productos prioritarios hacia la producción.

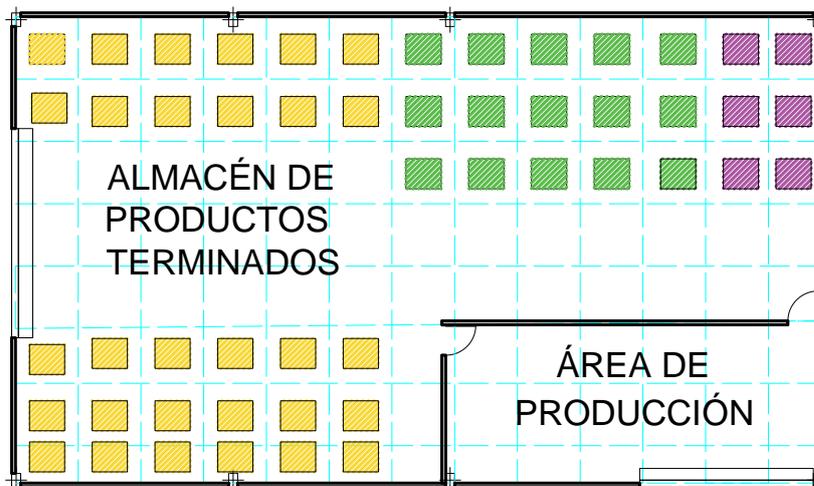


Ilustración 4-1: Distribución ABC del almacén 1

Realizado por: El Autor, 2024

En el Almacén 2, con dos entradas, los productos de alta prioridad se asignarán a estas entradas, mientras que los de menor prioridad se colocarán en el centro y en áreas distantes de las salidas.

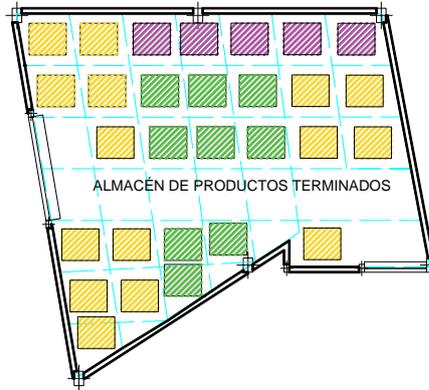


Ilustración 4-2: Distribución ABC del almacén 2

Realizado por: El Autor, 2024

En el Almacén 3, compartido con materias primas, se prioriza una entrada común para estas y los productos terminados. Sin embargo, los productos terminados adicionales se colocan en áreas más alejadas para una gestión eficiente.

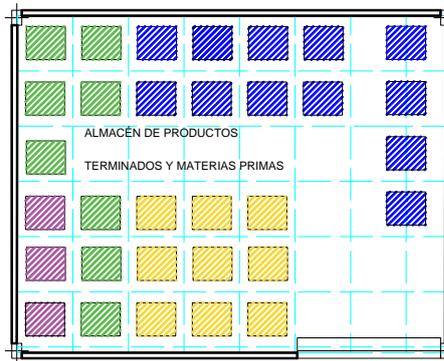


Ilustración 4-3: Distribución ABC del almacén 3

Realizado por: El Autor, 2024

En la siguiente tabla se presenta una comparación de las distancias recorridas antes y después de la nueva distribución:

Tabla 4-6: Resumen del recorrido de los productos clasificación A

RESUMEN DEL RRECORIDO PARA PRODCUTOS A		
	Antes	Después
Distancia Recorrida (m)	15	14
Frecuencia de extracción	20	20
Distancia recorrida total (m)	300	280
Mejora en recorrido	20 metros \approx 6,67%	

Realizado por: El Autor, 2024

La optimización de la disposición espacial ha resultado en una disminución significativa de la distancia recorrida, observándose una reducción promedio del recorrido del orden del 6,67% para los productos clasificados como A.

4.2 Planeación de la Producción

Se llevará a cabo un análisis comparativo de los costos asociados a los Planes Agregados de Producción, contrastando las demandas. Este análisis persigue la finalidad de identificar y cuantificar la mejora potencial que podría derivarse de la aplicación de un Plan Agregado de Producción en el entramado operativo de la empresa.

Tabla 4-7: Resumen de los costos de los planes agregados

PERIODO	COSTOS DE LOS PLANES AGREGADOS DE LA PRODUCCIÓN			
	Método de Nivelación con Horas Extras	Método mixto	Método de Nivelación	Método Fuerza Mínima Con Subcontratación
ENERO	1.340	1.340	1.340	1.262
FEBRERO	597	597	597	451
MARZO	786	786	786	553
ABRIL	725	725	725	418
MAYO	809	809	809	422
JUNIO	981	451	981	519
JULIO	875	998	875	1.674
AGOSTO	731	496	731	5.341
SEPTIEMBRE	612	524	612	3.969
OCTUBRE	609	445	609	2.500
NOVIEMBRE	494	520	494	3.903
DICIEMBRE	462	439	462	2.610
TOTAL	9.021	8.129	9.021	23.623

Realizado por: El Autor, 2024

Podemos observar que el menor costo del plan agregado de producción para el año 2023, calculado con base en la demanda, fue de 8 129. Este costo corresponde al Método Mixto.

Tabla 4-8: Resumen de los costos de los planes agregados proyectados

PERIODO	COSTOS PROYECTADOS DE LOS PLANES AGREGADOS DE LA PRODUCCIÓN
---------	---

	Método de Nivelación con Horas Extras	Método mixto	Método de Nivelación	Método Fuerza Mínima Con Subcontratación
ENERO	1.198	1.198	1.198	1.119
FEBRERO	502	502	502	538
MARZO	555	555	555	2.150
ABRIL	551	551	551	2.154
MAYO	596	596	596	697
JUNIO	843	238	843	564
JULIO	803	908	803	445
AGOSTO	659	622	659	4.415
SEPTIEMBRE	544	562	544	4.365
OCTUBRE	535	429	535	2.246
NOVIEMBRE	508	654	1.383	5.851
DICIEMBRE	613	613	2.680	5.395
TOTAL	7.906	7.427	10.848	29.940

Realizado por: El Autor, 2024

Podemos observar que el menor costo del plan agregado de producción calculado con base en la demanda pronosticada, fue de 7 427. Este costo corresponde al método de mixto.

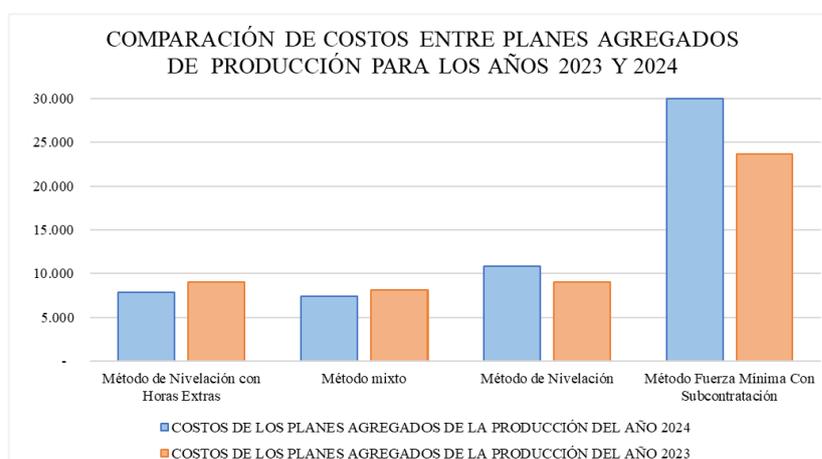


Ilustración 4-4: Gráfica de barras de los métodos de los planes agregados de la producción de los años 2023 y 2024

Realizado por: El Autor, 2024

Dando como resultado que el Plan Agregado de Producción a través del Método de Mixto se revela como la opción más adecuada para implementar en la empresa "Balanceados Nutritivos".

Tabla 4-9: Resumen de las mejoras en la Planeación de la producción

PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN	
Costo de producción del año 2023 a través de método mixto	8.129
Costo de producción pronosticado para el año 2024 a través del método de mixto	7.859
Mejora	8,6%

Realizado por: El Autor, 2024

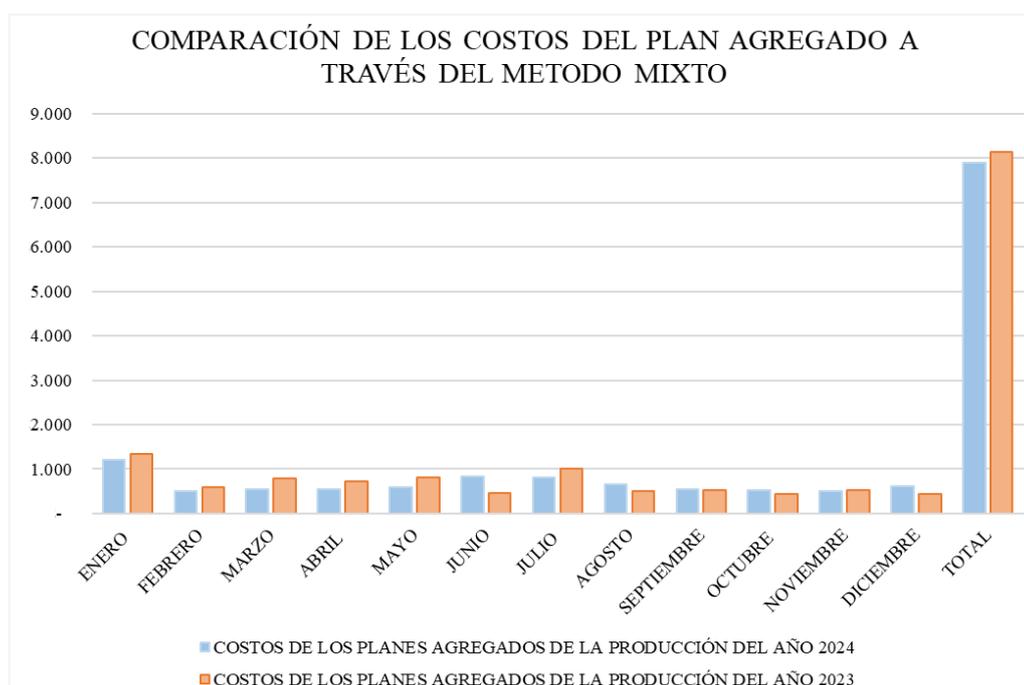


Ilustración 4-5: Gráfica de barras del método mixto para el año 2023 y 2024

Realizado por: El Autor, 2024

Una vez concluido el análisis del Plan Agregado de Producción, ejecutado a través del Método Mixto y apoyado en el pronóstico de Winters para el año 2024, se constata que se vislumbra una mejora sustancial. Específicamente, se proyecta un incremento en la eficiencia del 8,6% en términos de reducción de costos, en comparación al año 2023.

Este aumento en eficiencia se atribuye a la reducción de recursos desperdiciados, principalmente debido a la identificación y corrección de sobreproducción en varios períodos del año anterior, lo cual condujo a un uso más eficaz de los recursos disponibles.

4.3 Impacto de la Implementación de la Herramienta de Software

Como se evidencia, previamente se llevaba a cabo una planificación de la producción de manera manual, mediante la elaboración de registros en hojas físicas. Esta información era exclusivamente accesible al ingeniero responsable del área de producción, quien la utilizaba para coordinar la producción en colaboración con el departamento de administración, a través de reuniones en las que se transmitía la información de manera oral, respaldándose únicamente en dichos apuntes y su experiencia.

Ahora, en contraste con lo anterior, se ha implementado una herramienta de software especializada para facilitar la planificación de la producción. Esta herramienta ha reemplazado el proceso manual de registro en hojas físicas, permitiendo un acceso más amplio y compartido a la información relevante. Ahora, tanto el ingeniero encargado del área de producción como otros miembros del equipo tienen acceso a esta plataforma, lo que facilita la coordinación y colaboración en tiempo.

A continuación, se exhibe el diagrama de flujo empresarial de Balanceados Nutritivos del año 2023 en lo que respecta a la planificación de la producción y la gestión del almacenamiento de los productos.

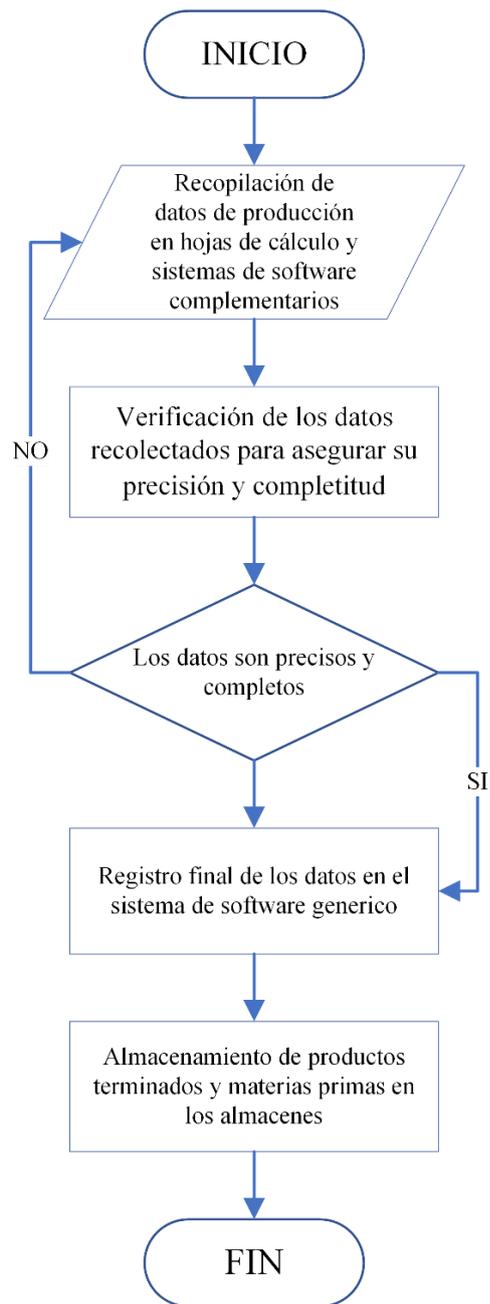


Ilustración 4-6: Diagrama de flujo del proceso de la planificación de la producción actual
Realizado por: El Autor, 2024

Contrastando con el diagrama de flujo anterior, ahora se presenta el nuevo diagrama de flujo que surge como resultado de la implementación de la herramienta de software especializada y la clasificación ABC de inventarios en la empresa Balanceados Nutritivos.

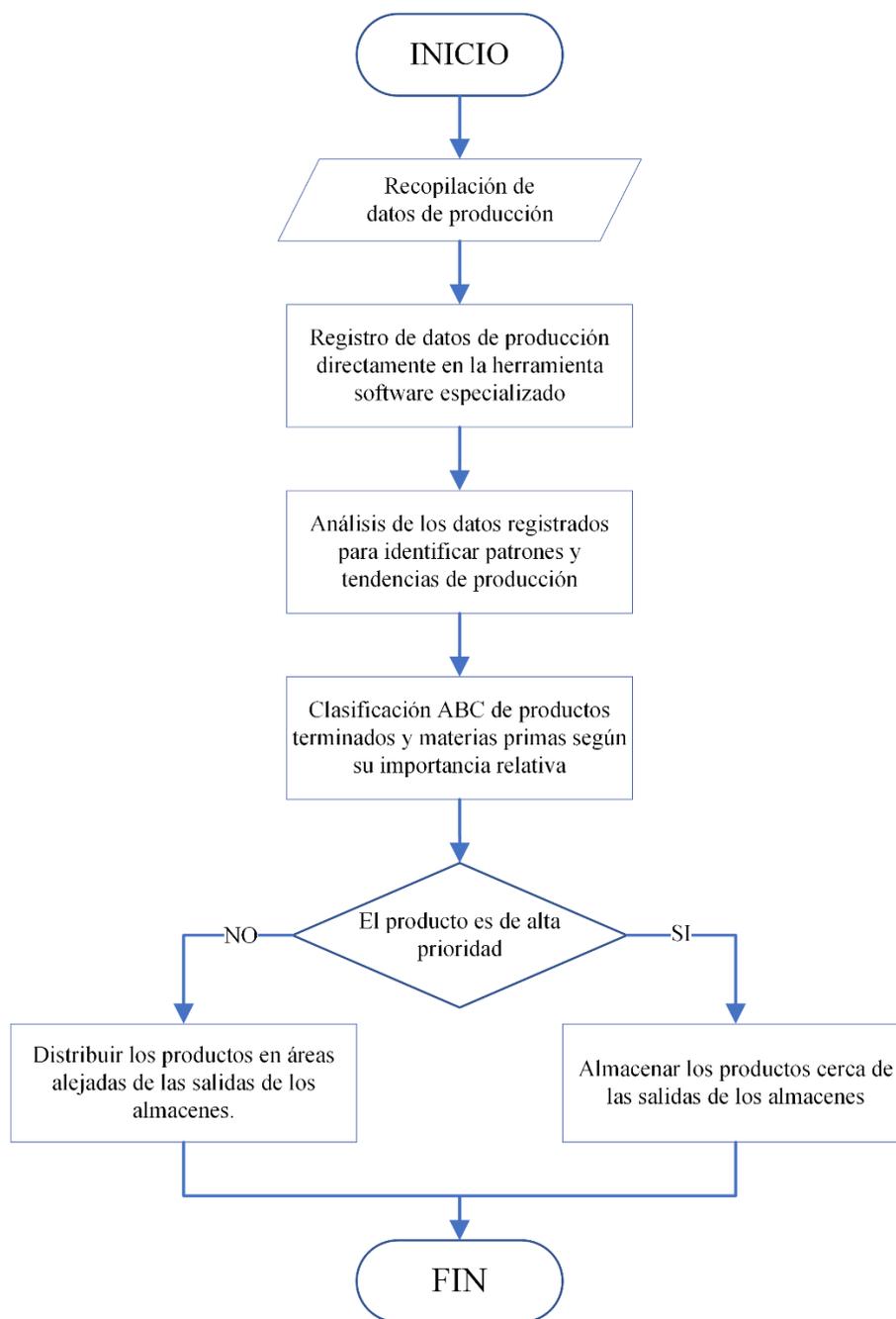


Ilustración 4-7: Diagrama de flujo del proceso de la planificación con la herramienta software
Realizado por: El Autor, 2024

La herramienta software ha facilitado la integración fluida de datos y procesos, optimizando la toma de decisiones y la asignación de recursos. Además, la clasificación ABC de inventarios ha priorizado productos según su importancia, permitiendo asignar recursos de manera eficiente.



Ilustración 4-8: Herramienta software

Realizado por: El Autor, 2024

Tras la implementación de la herramienta de software, se ha observado una notable mejora en la gestión de registros en el área de producción. Esta herramienta proporciona acceso a todos los miembros del área de producción, gracias a su interfaz de usuario intuitiva y amigable. Esta accesibilidad generalizada ha tenido un impacto positivo en la eficiencia y la operatividad del área, ya que cualquier miembro del equipo puede utilizarla fácilmente, incluso en ausencia del encargado de la planificación de la producción. Esto ha contribuido a evitar retrasos y agilizar la toma de decisiones importantes para la empresa, lo que se traduce en una mejora significativa del rendimiento y la productividad del área de producción en su conjunto.

En resumen, las mejoras en el almacenamiento se traducen en una reducción del 2,65% en el tiempo de almacenaje y una disminución del 3,26% en la distancia recorrida promedio, junto con una disminución adicional del 6,67% en la distancia recorrida exclusivamente para los productos de clasificación "A". En cuanto a la planificación de la producción, se destaca una reducción del 8,6% en los costos asociados con la implementación de los pronósticos y planes agregados recomendados. Por último, la incorporación de un software ha agilizado la gestión de registros y la toma de decisiones, al basarse en datos y ofrecer una interfaz amigable que permite su utilización por parte de cualquier miembro del equipo de producción, lo que mejora significativamente la eficiencia operativa.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusión

En relación con la planificación de la producción, se ha determinado que el Método de Winters es el más adecuado para pronosticar la demanda de productos, con un error en sus medidas de desempeño del 10,60%. Este resultado es especialmente relevante ya que los productos ofrecidos por la empresa muestran una tendencia, particularmente los balanceados para animales, que se consideran productos estacionales. Basándonos en este pronóstico, se ha optado por el método de nivelación mixto de los planes agregados de la producción, dado que genera el menor costo, con una mejora del 8,6% en comparación con otros planes de producción.

Analizando la gestión de almacenamiento, se determinó que la tasa de utilización fija promedio de los tres almacenes es del 29%, lo cual, aunque aceptable, sugiere posibilidades de optimización. Además, se descubrió que la cantidad económica de producción (Q_p) es de 14931 sacos por mes, con un S_{max} de 11198, destacando que la producción tiende a exceder esta cantidad recomendada. Esta discrepancia subraya la importancia de equilibrar el costo de producción con la cantidad producida para asegurar eficiencia y rentabilidad.

La clasificación "ABC" reveló patrones significativos en la distribución de productos, los productos tipo "A" representan el 76,10% del total y tienen un índice de rotación de 4,37 veces al mes. Los de tipo "B" constituyen el 17,38%, con un índice de rotación de 1 vez al mes, mientras que los de tipo "C" representan el 6,52%, con un índice de rotación de 0,37 veces al mes. Considerando esto, se reorganizó la distribución de productos, asignando los de clasificación "A" a las áreas cercanas de salida. Esta medida resultó en un aumento del rendimiento en espacio recorrido del 3,26% y una mejora del tiempo del 2,65%.

La implementación de la herramienta de software en "Balanceados Nutritivos" ha producido una notable reducción en los tiempos de almacenamiento y desplazamiento. Esto se debe a la implementación de una clasificación ABC y a la disponibilidad de datos de cantidad de producción como referencia. En el área de producción, los tiempos se han reducido significativamente gracias a la toma de decisiones basada en pronósticos y costos generados por los planes de producción. Estos cambios han mejorado la eficiencia operativa al optimizar el uso de recursos y agilizar los procesos de toma de decisiones.

5.2 Recomendación

La capacitación regular y la entrega de manuales son fundamentales para garantizar que los operarios del departamento de producción comprendan y utilicen eficazmente la herramienta software personalizada. Estas prácticas promueven una transición sin problemas hacia métodos más avanzados en el registro de datos.

Actualizar el registro de productos para la clasificación ABC mediante el índice de rotación es fundamental, ya que facilitará la identificación y priorización de los productos más relevantes y estratégicos. Esto es especialmente importante al considerar la posible introducción de nuevos productos en el mercado.

Es crucial establecer un proceso de retroalimentación continua, realizado de manera trimestral o semestralmente, para optimizar el desarrollo de la herramienta software. Dado que la demanda fluctúa, este enfoque permitirá ajustar la herramienta software a los cambios en los procesos operativos y las necesidades de los usuarios, asegurando su efectividad a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ANDOCILLA , Santiago; et al.** *Métodos Avanzados para Ventas y Operaciones: Gestión Predictiva con Excel, RStudio y Python : Advanced Methods for Sales and Operations: Predictive Management with Excel, RStudio and Python.* Quevedo,Ecuador : Editorial Investigativa Latinoamericana (SciELa), 2024. 9789942717344, 994271734X, pág. 16.
2. **ARENAL, Carmen.** *Gestión de inventarios: UF0476.* s.l. : Editorial Tutor Formación, 2020. 9788417943523, pág. 22.
3. **ARENAL, Carmen.** *Gestión de pedidos y stocks. UF0929.* s.l. : Editorial Tutor Formación, 2022. 9788419189332, pág. 113.
4. **BELTRÁN , Brian .** *Planeación, programación y control de la producción.* [En línea]. Colombia: Academia, 2019. [Consulta: 7 de Julio 2023]. Disponible https://www.academia.edu/39329861/PLANEACIÓN_PROGRAMACIÓN_Y_CONTROL_DE_LA_PRODUCCIÓN
5. **BUZÓN, José .** *Operaciones y procesos de producción.* s.l. : Editorial Elearning, S.L., 2019. 978-84-17814-48-9, págs. 21-25.
6. **CÁCERES, Jorge; et al.** *Producción y calidad, apuntes teóricos y exposición de casos.* s.l. : Universidad Internacional del Ecuador, 2021. 9789942407276, pág. 66.
7. **CAMAÑO, Ángel.** *Creación de Macros en Excel: programación con Visual Basic para aplicaciones (VBA).* s.l. : RA-MA Editorial, 2019. 9788499648613, pág. 10.
8. **CARVAJAL, Alexander .** *Introducción a los pronósticos utilizando Excel.* Bogotá : Ediciones Usta Universidad Santo Tomás, 2018. 978-958-5471-09-2, pág. 15.
9. **COLLIER, David & EVANS, James.** *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES .* s.l. : CENGAGE, 2019. 978-607-526-829-3, pág. 2.

10. **ESCUADERO, María.** *Logística de almacenamiento.* s.l. : Ediciones Paraninfo, S.A, 2019. 9788428340779, pág. 18.
11. **ESPEJO , Marco.** *Gestión de inventarios: métodos cuantitativos.* s.l. : Marge Books, 2022. 9788419109170, págs. 72-87.
12. **EVANS, James & WILLIAM , Lindsay.** *Administración y Control de la Calidad.* Ciudad de México : CENGACE, 2019, pág. 2.
13. **GARCÍA, Jesús; et al.** *Fundamentos de Gestión de la producción.* s.l. : Dextra Editorial, 2020. 9788417946319, 9788417946302, pág. 170.
14. **GELVES , Óscar & NAVARRO, Elisa.** *Principios de la gestión de la producción: una revisión teórica y aplicada de los conceptos.* s.l. : Ediciones USTA, 2021. pág. 49. 9789587824674, págs. 49-73.
15. **GÓMEZ, Iván & BRITO, Jorge.** *Administración de Operaciones.* s.l. : Universidad Internacional del Ecuador, 2020. pág. 173. 9789942368911, pág. 173.
16. **LADRÓN, Miguel.** *Aplicaciones informáticas de hojas de cálculo. Libre Office Calc 6.x. UF0321.* s.l. : Editorial Tutor Formación, 2020. 9788417943592, pág. 10.
17. **LADRÓN, Miguel.** *Gestión de inventarios.* s.l. : EDITORIAL TUTOR FORMACIÓN, 2020. 9788417943523, pág. 9.
18. **MEJÍA, Juan.** *Fundamentos de cadena de suministro: teoría y aplicaciones.* s.l. : Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Innovación (AMIDI), 2023. 9786075939711, pág. 58.
19. **MITTAL, Mandeep & SHAH, Nita.** *Optimization and Inventory Management.* s.l. : Springer Nature Singapore, 2019. 9789811396984, pág. 1.
20. **PALACIOS, Luis.** *Administración de la Producción: Toma de decisiones estratégicas y tácticas.* Bogota : Ecoe Ediciones Limitada, 2019. 978-958-771-753-2, pág. 36.

21. **RUMÍN, José.** *Aplicaciones informáticas de gestión comercial.* s.l. : Ediciones de la U, 2019. 9789587920697, pág. 9.
22. **RUMÍN, José.** *Unidad formativa: UF0351. Aplicaciones informáticas de gestión comercial.* s.l. : Editorial ICB, 2019. 9788418781421, pág. 59.
23. **SALDÍVAR, Axel; et al.** *Fórmulas y funciones matemáticas con Excel.* s.l. : RA-MA Editorial, 2022. 9788419444318, 9788419444295, pág. 258.
24. **SILVERA , Escudero & RODOLFO , Enrique.** *Logística estadística: gestión e indicadores en la cadena de suministro.* s.l. : Ecoe Ediciones, 2022. 9789585032361, 9789585032378, pág. 8.
25. **SORIANO, Manuel.** *Física I.* Ciudad de México : Vlik, 2020. 9786078682171, 6078682172, pág. 25.
26. **YUSEFF , David; et al.** *Gestión de inventarios, gestión del conocimiento, gestión de mantenimiento.* s.l. : Editorial Universidad Icesi, 2020. 9789585590328, pág. 34.

ANEXOS

ANEXO A: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LOS ALMACENES



ANEXO B: CLASIFICACIÓN ABC DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS



ANEXO C: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL AREA DE PRODUCCIÓN



ANEXO D: CERTIFICADO DE SATISFACCIÓN DE BALANCEADOS NUTRITIVOS

BALANCEADOS NUTRITIVOS



Riobamba, 12 de abril del 2024

Ingeniero
Ángel Maigualema
Administrative Supervisor

CERTIFICA:

Que el señor Asisclo Andrés Suárez Orna, portador de la cédula de identidad N° 060416730-4, estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la carrera de Ingeniería Industrial, desarrolló satisfactoriamente el trabajo de integración curricular titulado "PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE EL DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA SOFTWARE PARA LA EMPRESA "BALANCEADOS NUTRITIVOS" DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA."

Particular que certifico para los fines pertinentes

Atentamente

Ingeniero
Ángel Maigualema
Administrative Supervisor



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA NORMALIZACIÓN DE
TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 09/08/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombre – Apellido: ASISCLO ANDRÉS SUÁREZ ORNA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: INGENIERÍA INDUSTRIAL
Título a optar: INGENIERO INDUSTRIAL
 Ing. Bryan Guillermo Guananga Rodríguez Director del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Juan Diego Erazo Rodríguez Asesor del Trabajo de Integración Curricular