



Modelado matemático y optimización del control de inventarios mediante herramientas software en la industria de alimentos balanceados

Mathematical modeling and optimization of inventory control using software tools in the feed industry

Modelação matemática e otimização do controle de stocks utilizando ferramentas de software na indústria de rações

Juan Diego Erazo-Rodríguez ^I

juan.erazo@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0152-5645>

Vanessa Lorena Valverde-González ^{II}

v_valverde@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3501-8353>

Byron Daniel Erazo-Rodríguez ^{III}

erazodaniel97@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-3339-9017>

Johana Beatriz Samaniego-Palacios ^{IV}

johasamaniego@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3432-2089>

Correspondencia: juan.erazo@esPOCH.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 11 de mayo de 2025 * **Aceptado:** 24 de junio de 2025 * **Publicado:** 08 de julio de 2025

- I. Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería Industrial con mención en Calidad y Productividad, Máster Universitario en Dirección Logística, Filial: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Mecánica, Carrera Ingeniería Industrial, Grupo de investigación GIDENM, Ecuador.
- II. Máster universitario en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos, Magister en Informática Educativa, Filial: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Mecánica, Carrera Ingeniería Industrial, Grupo de investigación CIMANT, Ecuador.
- III. Ingeniero Mecánico, Máster Universitario en Ingeniería Matemática y Computación, Ecuador.
- IV. Tecnólogo en contabilidad de costos, Ingeniera de mantenimiento, Master universitario en sistemas integrados de gestión de la prevención de riesgos laborales, la calidad, el medio ambiente y la responsabilidad social corporativa, Ecuador.

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 NutriSur, 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 NutriSur.

Palabras clave: herramienta software; cantidad de pedido por intervalo periódico; clasificación abc; pronósticos operativos; plan agregado de producción.

Abstract

This study focused on developing a specialized software tool for optimizing production planning and warehouse management at Balanceados NutriSur. Forecasted data were used as the basis for creating the software tool. For warehouse management, a storage footprint analysis was applied along with the fixed utilization rate to calculate the cost per unit of production in storage. This was done to perform a production quantity (PQ) assessment to determine the optimal monthly production quantity and the required average inventory level. Warehouse management also

involved ABC product categorization 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 existence 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, with an 8.6% improvement in cost savings. Finally, a comprehensive software tool was developed that encompasses all these aspects, resulting in more efficient management of the production area and more informed data-driven decision-making, which meets the operational needs of Balanceados NutriSur.

Keywords: software tool; order quantity by periodic interval; ABC classification; operational forecasts; aggregate production plan.

Resumo

Este estudo focou-se no desenvolvimento de uma ferramenta de software especializada para otimizar o planeamento da produção e a gestão de armazéns na Balanceados NutriSur. Os dados previstos foram utilizados como base para a criação da ferramenta de software. Para a gestão de armazéns, foi aplicada uma análise da pegada de armazenamento juntamente com a taxa de utilização fixa para calcular o custo por unidade de produção em armazenamento. Isto foi feito para realizar uma avaliação da quantidade de produção (PQ) para determinar a quantidade de produção mensal ideal e o nível médio de stock necessário. A gestão de armazéns envolveu também a categorização ABC dos produtos com base na procura e na rotação, resultando numa melhoria de 2,65% na eficiência do tempo de armazenamento e numa redução de 3,26% na distância de deslocação. Relativamente ao planeamento da produção, foram comparadas diferentes técnicas de previsão através de métricas de desempenho, tendo-se destacado o método Winters com um erro percentual absoluto médio (MAPE) de 10,60%, indicando a existência de sazonalidade e tendência na procura. Esta previsão foi utilizada para avaliar várias abordagens de planeamento da produção agregada, tendo o método de nivelamento misto sido selecionado como o mais económico, com uma melhoria de 8,6% na poupança de custos. Por fim, foi desenvolvida uma ferramenta de software abrangente que abrange todos estes aspetos, resultando numa gestão mais eficiente da

área de producción e numa tomada de decisão mais informada e baseada em dados, atendendo às necessidades operacionais da Balanceados NutriSur.

Palavras-chave: ferramenta de software; quantidade de encomendas por intervalo periódico; classificação ABC; previsões operacionais; plano de produção agregado.

Introducción

Para la elaboración del presente trabajo se ha optado por analizar la situación de la empresa Balanceados NutriSur, ubicada en Riobamba (Panamericana Sur, Km 4 vía a la Costa), dedicada a la producción de alimentos balanceados de alta calidad para animales.

La planificación de la producción y la gestión de inventarios son pilares esenciales en la operación de cualquier empresa. En el sector de alimentos balanceados, estas prácticas resultan críticas debido a la variabilidad de la demanda, la dinámica de los precios de materias primas y la necesidad de asegurar eficiencia operativa continua (Singh & Verma, 2018; FAO & IFIF, 2010). La planificación permite controlar no solo las compras y almacenamiento, sino también la distribución del alimento, evitando ingredientes caducos o mal almacenados (FAO & IFIF, 2010).

En la industria de piensos, la gestión de inventarios impacta directamente en el desempeño operativo: niveles de stock adecuados disminuyen costos de almacenamiento y evitan posibles desabastecimientos (Moywaywa, 2023). Por ejemplo, la adopción de prácticas como Just-in-Time (JIT), Cantidad Económica de Pedido (EOQ) y Planificación de Requerimientos de Material (MRP) se asocia a mejoras medibles en eficiencia, reducción de desperdicios y mayor satisfacción al cliente (Moywaywa, 2023; Investopedia, 2009). En un estudio reciente sobre la industria de alimentos balanceados en Kenia, se encontró que JIT y EOQ fueron las técnicas más empleadas, con impactos positivos en la performance (Moywaywa, 2023).

El enfoque de mejora continua dentro de Balanceados NutriSur toma especial relevancia frente a los desafíos propios del sector: fluctuaciones de la demanda, posible caducidad de ingredientes, y presión por mantener estándares de calidad y competitividad (Termeer et al., 2019; Dell et al., 2022). Por ello, se hace imprescindible analizar detalladamente los procesos de producción y almacenamiento actuales, para luego elaborar una propuesta de gestión de la planificación alineada con las mejores prácticas del sector.

Actualmente, Balanceados NutriSur atraviesa un etapa de crecimiento sostenido. Con el objetivo de conservar su posición en el mercado, la empresa evalúa alternativas para optimizar procesos

internos, contando con varios sistemas informáticos que apoyan sus operaciones. Está explorando, en particular, la adopción de una herramienta especializada para gestionar producción e inventarios, con miras a potenciar su desempeño operativo.

La literatura sobre software de planificación señala que las herramientas de planificación avanzada (APS/MRP) ofrecen una visión integrada de la cadena de suministro, coordinando requerimientos de materiales, inventarios y programación de producción (Investopedia, 2009; Anand, 2009). Estudios muestran que estas herramientas mejoran los niveles de servicio, reducen el exceso de inventario y aumentan la eficiencia general del sistema productivo (Rodríguez, 2024; Investopedia, 2009).

Metodología

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 NutriSur", ubicada en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

Fundamentos de la Metodología

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 NutriSur". En este enfoque aplicativo, 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.

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.

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 NutriSur". Durante este análisis, se identifican y destacan las actualizaciones para la herramienta software.

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

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 NutriSur". 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.

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 NutriSur" 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.

Métodos, Técnicas e Instrumentos de Investigación

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 permitió 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

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

Información de la empresa Balanceados NutriSur

Tabla 1: Catálogo de productos de la empresa Balanceados NutriSur

PRODU		
DETALLE	LÍNEA PREMIUM	LÍNEA INTERMEDIA
Nutri Pollos	-Inicial -Crecimiento -Engorde -Postura	
Nutri Cerdos	-Lactantes -Gestantes -Inicial -Crecimiento	-Crecimiento -Engorde

	-Engorde	
	-Terneras	
Nutri Especies Menores	-Crecimiento -Engorde -Reproductores	

Fuente: Balanceados NutriSur

Realizado por: El Autor, 2024

Materia prima para la elaboración de alimentos balanceados

Tabla 2: 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	

Fuente: Balanceados NutriSur

Realizado por: El Autor, 2024

Diagrama de flujo del proceso

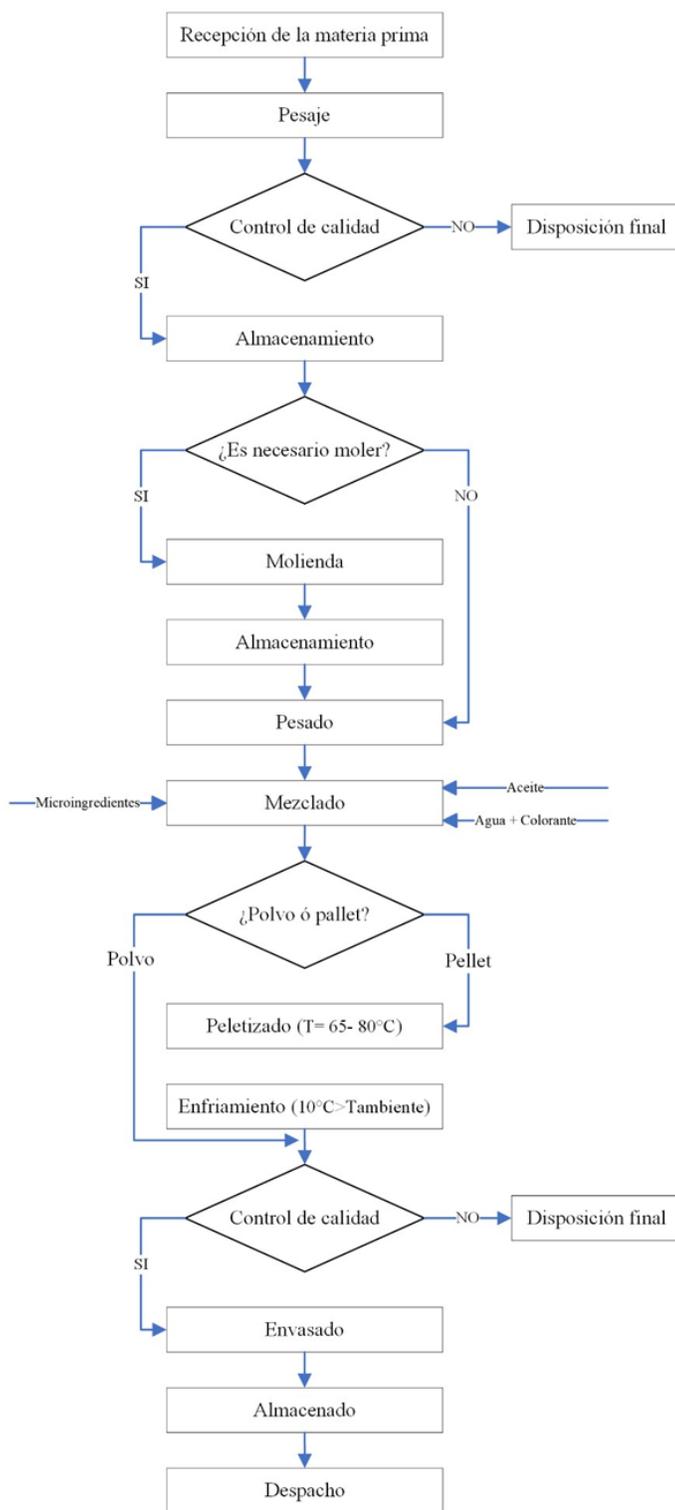


Ilustración 1: Diagrama de flujo del proceso operativo del departamento de producción

Fuente: Balanceados NutriSur

Tabla 3: 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 4: 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 5: Tasa de utilización fija del almacén 3

ALMACÉ		
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		
Volumen (configuración actual)	301,1448	m3
Tasa de utilización fija	28%	

Realizado por: El Autor, 2024

Tabla 6: 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

Tabla 6: Análisis de la Cantidad Económica a Producir

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

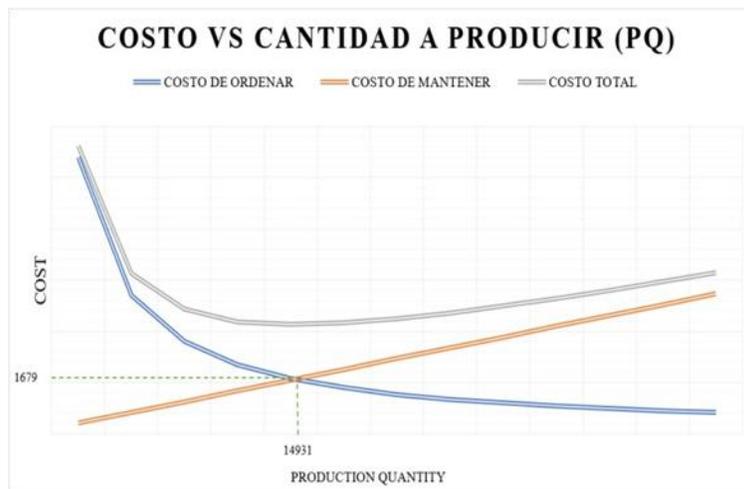
Tabla 7: Análisis de los días a producir y costos

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 2: Costo VS Cantidad a Producir



Realizado por: El Autor, 2024

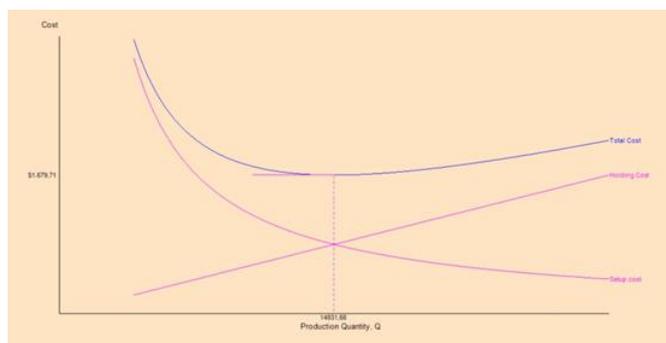
La cantidad de orden de producción para la empresa Balanceados NutriSur debería ser de 14931 sacos al mes. Se lleva a cabo una comparación de resultados utilizando el software "POM-QM for Windows".

Ilustración 3: Análisis Q a través del programa 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

Realizado por: El Autor, 2024

Ilustración 4: Grafica Cost VS Production Quantity



Realizado por: El Autor, 2024

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 8: 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 NutriSur

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 9: Cuadro resumen del análisis de clasificación ABC

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

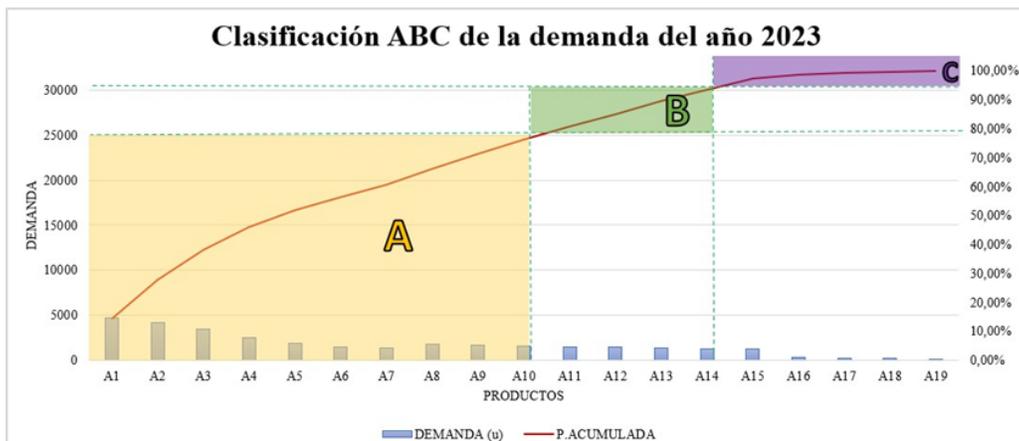
Realizado por: El Autor, 2024

Ilustración 5: Modelo de Clasificación ABC



Realizado por: El Autor, 2024

Ilustración 6: Clasificación ABC a través del índice de rotación



Realizado por: El Autor, 2024

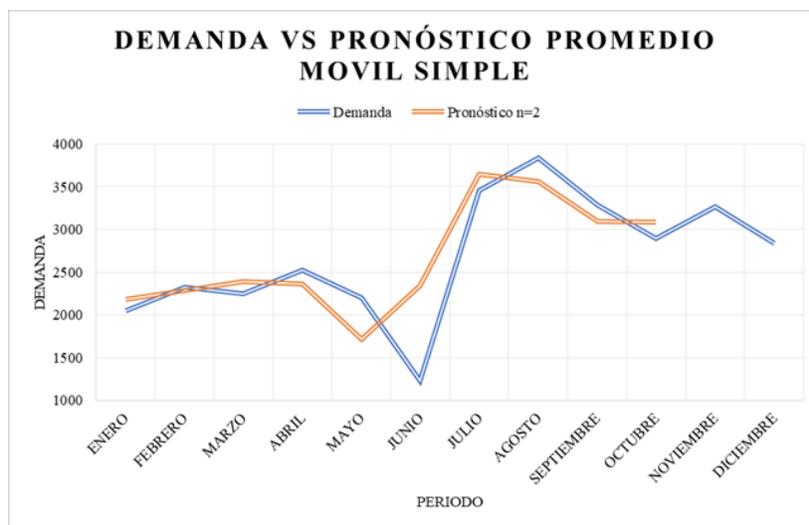
Tras analizar tanto la gráfica de clasificación por rotación como la de clasificación por demanda, se evidencia una congruencia notable entre ambas. Esta coherencia sugiere que reajustar los productos según su categoría puede contribuir significativamente a mejorar la eficiencia de los procesos logísticos.

Pronósticos

Para llevar a cabo el plan agregado de producción, comenzaremos seleccionando el modelo de pronóstico óptimo. En este caso, compararemos las medidas de desempeño de diferentes métodos recalando 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:

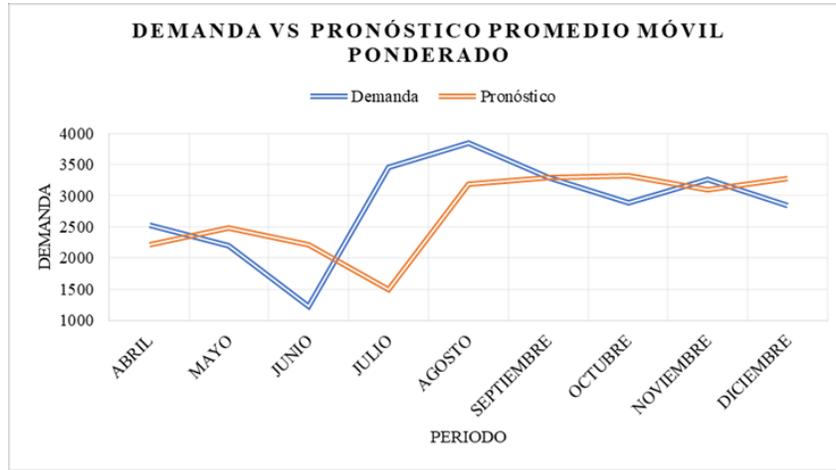
Ilustración 7: Demanda VS pronostico simple



Realizado por: El Autor, 2024

Método de pronóstico-Promedio móvil ponderado:

Ilustración 8: Pronostico VS Promedio Ponderado

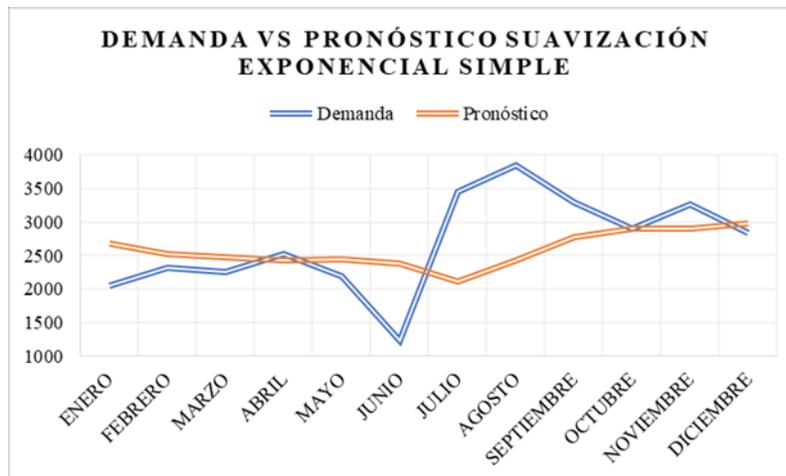


Realizado por: El Autor, 2024

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 $\alpha=0,24$:

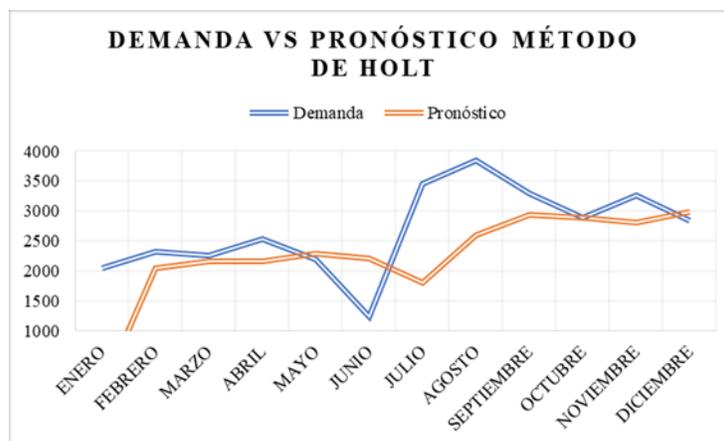
Ilustración 9: Demanda VS Suavización Exponencial Simple



Realizado por: El Autor, 2024

Método de pronóstico - Método de Holt

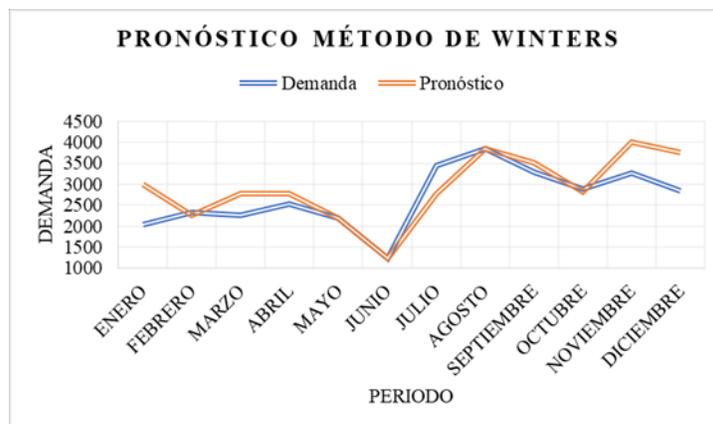
Ilustración 10: Demanda VS Método de Holt



Realizado por: El Autor, 2024

Método de pronóstico - Método de Winters

Ilustración 11: Demanda VS Método de Holt



Realizado por: El Autor, 2024

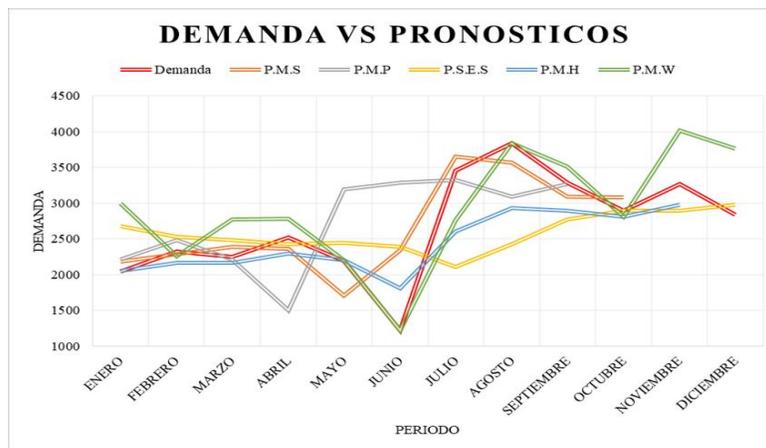
Comparación de las medidas de desempeño

Tabla 10: Pronósticos del año 2024 y Medidas de Desempeño

COMPARCIÓN DE LOS PRONÓSTICOS REALIZADOS							MEDIDAS DE DESEMPEÑO														
M E S	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			Método de Holt			Pronóstico Método de Winters		
							MAD	MSE	MAP	MAD	MSE	MAP	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	6	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
SEPTIEMB	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	8	7155	0,03
NOVIEMBR	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
DICIEMBR	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
PR							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

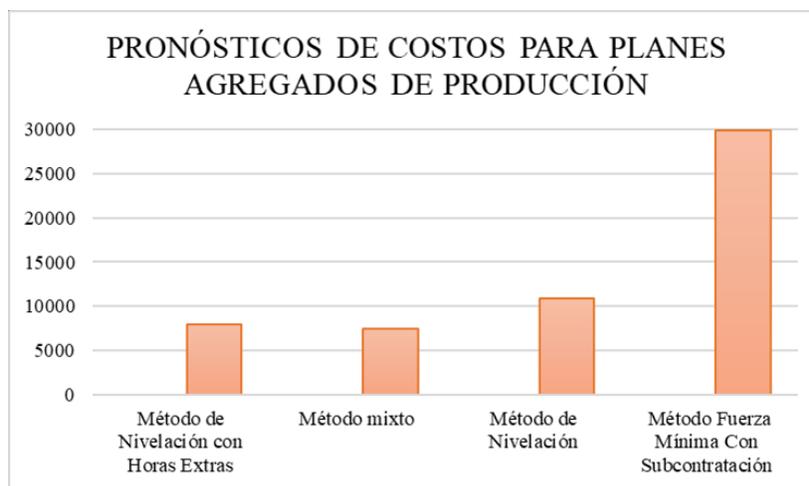
Ilustración 12: Demanda VS Pronósticos



Realizado por: El Autor, 2024

Planes agregados de producción

Ilustración 13: Gráfica de barras de los costos generados por cada plan agregado de producción



Realizado por: El Autor, 2024

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 NutriSur", evidenciada por su menor costo en relación con los otros métodos disponibles.

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.

Manual de la herramienta software para planificación

1. Selección del Año

Ilustración 14: Selección de año

		AÑO	ENERO
DÍAS LABORABLES	INGRESAR		22
DEMANDA			20497
		2024	
		2023	
		2022	
		2021	
		2020	
TODO NIVELACIÓN CO		INGRESAR	
REDUCCIÓN			

Realizado por: El Autor, 2024

2. Proceso de Selección del Plan Agregado de Producción

Ilustración 15: Plan agregado de producción

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

Realizado por: El Autor, 2024

3. Visualización de la Base de Datos

Ilustración 16: Visualización de datos

D I A S	AÑO	La siguiente tabla esta destinada para una mejor visualización de la demanda clasificada en días y demanda	FEBRERO
	2024		
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

Realizado por: El Autor, 2024

4. Demanda y pronóstico recomendado

Ilustración 17: Ingreso de la demanda

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

Realizado por: El Autor, 2024

5. Ingreso Manual de Datos

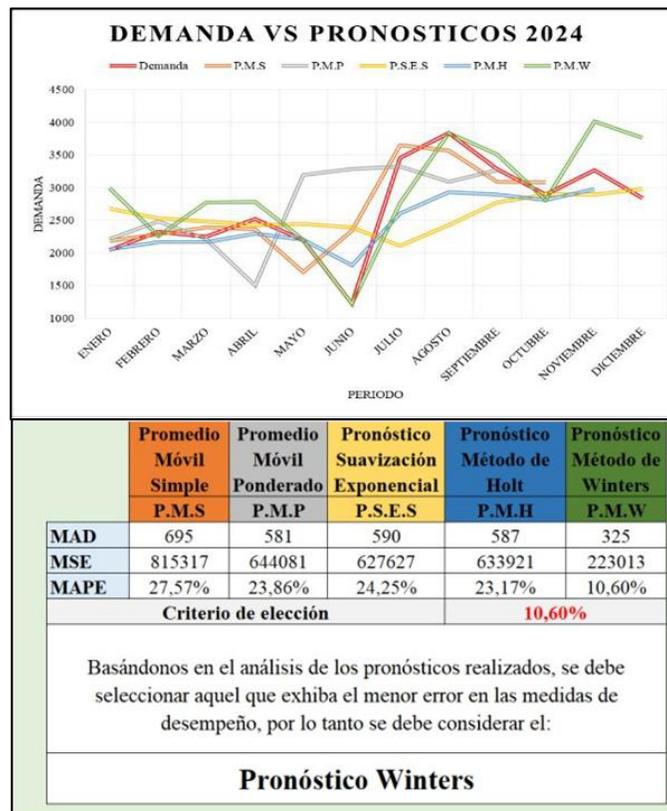
Ilustración 18: Ingreso de datos manual

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

Realizado por: El Autor, 2024

6. Pronósticos

Ilustración 19: Grafica de pronósticos



Realizado por: El Autor, 2024

7. Apartado de pronósticos

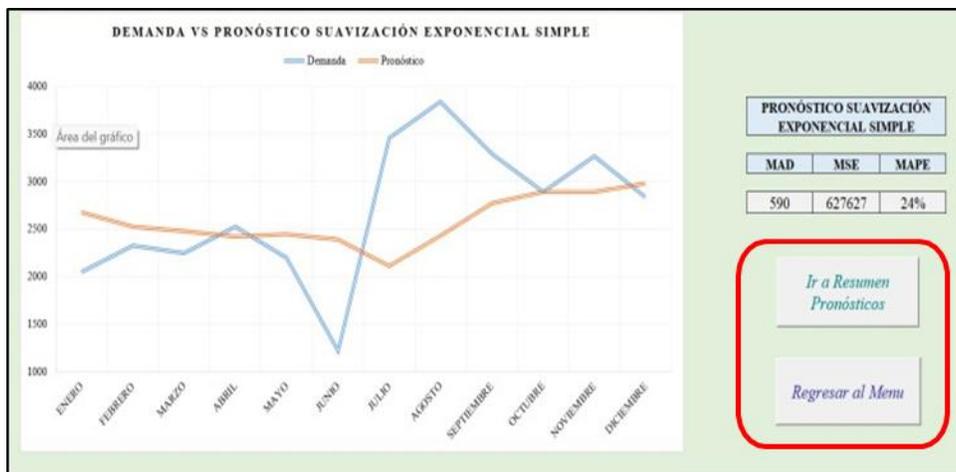
Ilustración 20: Menú pronósticos



Realizado por: El Autor, 2024

8. Pronósticos de manera individual

Ilustración 21: Pronósticos individuales



Realizado por: El Autor, 2024

8. Plan agregado de producción

Ilustración 22: Planes agregados de producción



Realizado por: El Autor, 2024

9. Análisis de cantidad de producción

Ilustración 23: Cantidad de producción

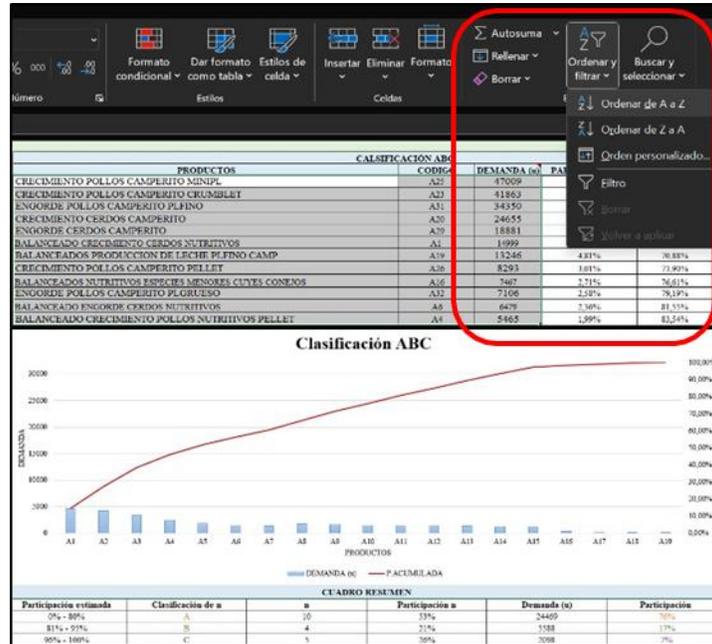
CRITERIO	
La cantidad de producción (Qp) en unidades al mes debe ser de	14934
La cual generara un costo total de	\$ 1.679,50

Regresar al Menu
Clasificación ABC
Ir a Base de Datos

Realizado por: El Autor, 2024

10. Clasificación ABC

Ilustración 24: Análisis ABC



Realizado por: El Autor, 2024

11. Menú de gráficas

Ilustración 25: Menú de gráficas



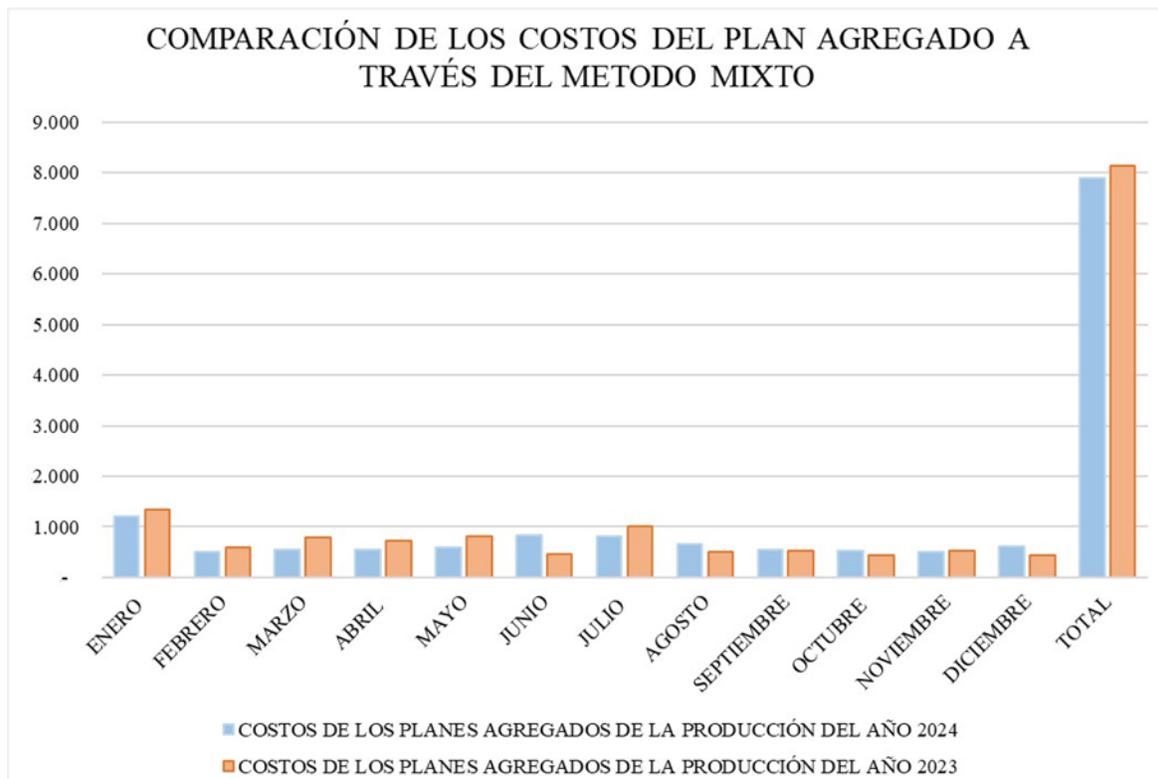
Realizado por: El Autor, 2024

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.

Resultados y Discusión

Ilustración 26: Costos entre planes de producción



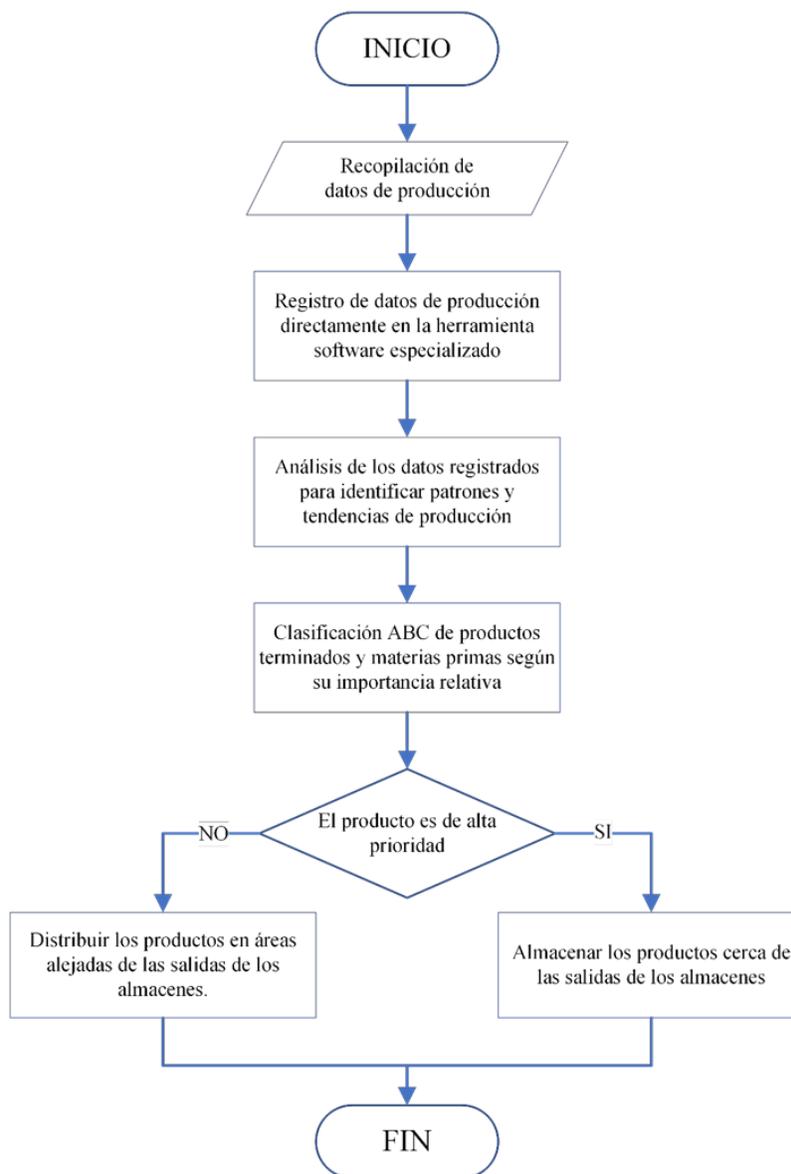
Realizado por: El Autor, 2024

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.

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.

Ilustración 27: Diagrama de flujo del proceso de la planificación con la herramienta software



Realizado por: El Autor, 2024

Conclusiones

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.

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 NutriSur" 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.

Referencias

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. ESCUDERO, 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 : CENGAGE, 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 técnicas. 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. : RAMA 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.

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).