



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR,
MODALIDAD PRESENCIAL**

TEMA:

**“DISEÑO DE UN PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN PARA LA
EMPRESA ECU-ITALCOL S.A. DE LA CIUDAD DE IBARRA”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de *INGENIERO INDUSTRIAL*

Línea de investigación: Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico

AUTOR (A):

Francis Daniel Chapi Aslalema

DIRECTOR (A):

Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc.

Ibarra, Julio 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1005008287		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chapi Aslalema Francis Daniel		
DIRECCIÓN:	Ibarra-Imbabura-Ecuador		
EMAIL:	fdchapia@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	06 500 1482	TELÉFONO MÓVIL:	0979919319

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Diseño de un Plan Maestro de Producción para la empresa ECU-ITALCOL S.A. de la ciudad de Ibarra”
AUTOR (ES):	Francis Daniel Chapi Aslalema
FECHA: DD/MM/AAAA	10/07/2024
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Industrial
ASESOR/DIRECTOR:	Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de julio de 2024

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Francis Daniel Chapi Aslalema

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 10 de julio de 2024

Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f)

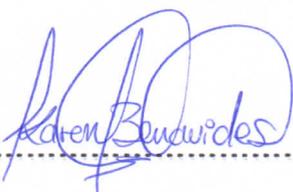


ING. KAREN ALEJANDRA BENAVIDES FLORES, MSC.

C.C.:1003597513.....

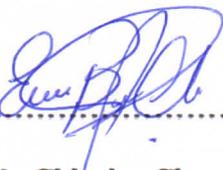
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “Diseño de un Plan Maestro de Producción para la empresa ECU-ITALCOL S.A. de la ciudad de Ibarra” elaborado por Francis Daniel Chapi Aslalema, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):.....

Ing. Karen Alejandra Benavides Flores, MSc.

C.C.: 1003597513.....

(f):.....

Ing. Erika Belén Chicaiza Chuquilla, MSc.

C.C.: 1004119135.....



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEDICATORIA

“Este trabajo se le dedico principalmente a Dios, como muestra de agradecimiento por su amor incondicional y constante protección a lo largo de mi trayectoria universitaria, además por ser fuente de fortaleza y guía en mi vida personal y profesional.”

“A mi madre Azucena Aslalema, cuyo amor, sacrificio y apoyo constante han sido pilares claves para cumplir mis metas propuestas.”

“A mi padre Marcelo Chapi, por su apoyo inquebrantable y sabios consejos que han guiado mis pasos por el buen sendero, formándome en carácter y personalidad.”

“A mi tío Jaime Chapi, a pesar de que haya partido de este mundo, ha sido un faro de sabiduría y luz en momentos duros de la vida, puesto que su presencia siempre me ha acompañado.”

“A mi abuelito Ángel Chapi, cuyo legado de amor y valores perdurará siempre en mi corazón.”

“A mi pareja Hilary Gavilima, por su amor incondicional, paciencia y apoyo inquebrantable durante cada etapa de este proyecto. Gracias por creer en mí y por ser mi compañera en este viaje.”

“A mi mascota Rocky, fiel compañero, que ha llenado mis días de alegría y compañía. Gracias por estar siempre a mi lado.”

Que este trabajo refleje el amor, el apoyo, la dedicación y el aprendizaje que he recibido de cada uno de ustedes. Con gratitud y cariño,

Francis Daniel Chapi Aslalema



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
AGRADECIMIENTO

"Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de este camino académico y profesional."

"Agradezco a mi amada familia, cuyo apoyo inquebrantable ha sido mi mayor fortaleza."

"A los destacados docentes de la Universidad Técnica del Norte de la carrera de Ingeniería Industrial, por su dedicación y conocimiento compartido, que han contribuido significativamente a mi formación."

"Agradezco especialmente a mi tutora la Ing. Karen Benavides, MSc., y a mi asesora la Ing. Erika Chicaiza, MSc., por su orientación, paciencia y valiosas enseñanzas que han enriquecido mi aprendizaje."

"Al Dr. Juan Uribe, Gerente de ECU-ITALCOL S.A., por brindarme la oportunidad de aprender y crecer en un entorno profesional tan enriquecedor. Y también agradezco al personal de tan prestigiosa empresa por su colaboración y amabilidad."

"A mis verdaderos amigos, cuyo apoyo y compañía han sido un bálsamo en los momentos difíciles."

Este logro no habría sido posible sin la contribución de cada uno de ustedes. Gracias por ser parte de mi viaje y por compartir este éxito conmigo.

Con reconocimiento y aprecio,

Francis Daniel Chapi Aslalema

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto se basa en el diseño de un Plan Maestro de Producción para el producto Super Cerdo Levante Distribución, perteneciente a la Línea Porcicultura de la empresa ECU-ITALCOL S.A. “Planta Ibarra”, quienes desde el 2020 dedican su tiempo a la elaboración de este y más alimentos concentrados.

Tras las entrevistas con los socios empresariales y el análisis mediante un Diagrama de Pareto, se determinó que el incumplimiento en los pedidos de los clientes es el principal problema de la organización. En respuesta, se ha desarrollado una propuesta integral que vincula de manera óptima los procesos operacionales de la empresa. Es así como el proyecto comienza con la recopilación de datos históricos de fabricación del producto Super Cerdo Levante Distribución, para realizar un pronóstico de demanda por medio de cuatro métodos estadísticos: Promedio Móvil Ponderado, Suavización Exponencial Simple, Suavización Exponencial Doble y Holt-Winters, eligiendo al mejor, por medio de la precisión del error al Método de Holt-Winters. Posteriormente, se determinó los procesos involucrados en la elaboración del producto estrella, para desarrollar la planificación agregada.

El plan agregado señaló al método de fuerza de trabajo constante con horas extras como el más adecuado, y con él se propone reducir el costo total de producción de \$70.883 a \$64.501, esto considerando la capacidad de la fábrica. Finalmente, se desagregó en 12 semanas para diseñar el plan maestro, y mejorar así la planificación de producción en respuesta a los pedidos de los clientes y a la oferta del producto en sus distribuidoras autorizadas.

Palabras Claves: Administración de Operaciones, Planificación y Control de la Producción, Pronóstico de la Demanda, Plan Agregado de Producción, Plan Maestro de Producción.

ABSTRACT

This project is based on the design of a Master Production Plan for the product Super Pork Levante Distribution, belonging to the Pig Line of the company ECU-ITALCOL S.A. "Planta Ibarra", who since 2020 dedicate their time to the production of this and other concentrated foods.

After the interviews with the business partners and the analysis through a Pareto Diagram, it was determined that the non-fulfillment of customer orders is the main problem of the organization. In response, a comprehensive proposal was developed that optimally links the company's operational processes. Thus, the project begins with the collection of historical manufacturing data of the product Super Pork Levante Distribution, to make a demand forecast using four statistical methods: Weighted Moving Average, Simple Exponential Smoothing, Double Exponential Smoothing and Holt-Winters, choosing the best one, by means of the precision of the error to the Holt-Winters Method. Subsequently, the processes involved in the production of the star product were determined in order to develop the aggregate plan.

The aggregate plan pointed to the constant labor force method with overtime as the most suitable, and with it, it is proposed to reduce the total production cost from \$70,883 to \$64,501, this considering the capacity of the factory. Finally, it was broken down into 12 weeks to design the master plan, and thus improve production planning in response to customer orders and product supply at its authorized distributors.

Keywords: Operations Management, Production Planning and Control, Demand Forecasting, Aggregate Production Plan, Master Production Plan.

LISTA DE SIGLAS

APROBAL. Asociación de Productores de Alimentos Balanceados

DPP. Disponibilidad Por Promesa

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Frec. Frecuencia

MAE o MAD. Error Absoluto Medio

MAPE. Error Porcentual Absoluto Medio

MP. Materia Prima

MSE o MSD. Error Cuadrático Medio

PAP. Plan Agregado de Producción

PMP. Plan Maestro de Producción

PT. Producto Terminado

ÍNDICE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	ii
2. CONSTANCIAS.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR...	iv
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE SIGLAS	x
Capítulo I	1
Introducción	1
1. El problema.....	1
1.1. Problema de investigación.....	1
1.1.1. Problemática a investigar.....	1
1.2. Justificación	4
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Alcance.....	7
1.5. Delimitación.....	7
Capítulo II.....	9
Marco Teórico.....	9

2.1.	Antecedentes.....	9
2.2.	Bases teóricas.....	10
2.2.1.	Administración de operaciones.....	10
2.2.1.1.	Constitución de una empresa.....	12
2.2.2.	Función de operaciones, sistemas y subsistemas de producción.....	12
2.2.2.1.	Sistema de producción.....	12
2.2.3.	Decisiones estratégicas de operaciones.....	13
2.2.4.	Enfoque jerárquico para la planificación y control de la producción.....	14
2.2.4.1.	La planificación estratégica.....	16
2.2.4.2.	La planificación operativa.....	16
2.2.4.3.	La planificación táctica.....	16
2.2.5.	Serie de tiempo.....	17
2.2.6.	Pronóstico de la demanda.....	17
2.2.7.	Metodología del pronóstico de la demanda.....	18
2.2.7.1.	Promedio móvil ponderado.....	18
2.2.7.2.	Suavización exponencial simple.....	19
2.2.7.3.	Suavización exponencial doble o método de Holt.....	20
2.2.7.4.	Suavizamiento exponencial triple o método de Holt-Winters.....	21
2.2.8.	Plan agregado de producción.....	24
2.2.8.1.	Variables consideradas en el plan agregado de producción.....	24
2.2.8.2.	Variables de decisión.....	25

2.2.9. Metodología del plan agregado de producción.....	26
2.2.9.1. Fuerza de trabajo constante.....	26
2.2.9.2. Fuerza de trabajo mínima con subcontratación	26
2.2.9.3. Fuerza de trabajo constante con horas extras.....	26
2.2.9.4. Estrategia mixta	27
2.2.10. Plan maestro de producción.....	27
2.2.10.1. Horizontes de producción	27
Capítulo III.....	29
Materiales y métodos	29
3.1. Enfoque y tipo de investigación.....	29
3.1.1. Enfoque o paradigma.	29
3.1.2. Tipo de investigación.	30
3.1.2.1. Investigación de campo.....	30
3.1.2.2. Investigación documental.	30
3.2. Diseño de la investigación materiales, equipos y software.....	30
3.3. Métodos, técnicas e instrumentos	31
3.3.1. Métodos de investigación.	31
3.3.1.1. Investigación aplicada.....	31
3.3.1.2. Investigación exploratoria.....	31
3.3.1.3. Investigación descriptiva.	31
3.3.2. Técnicas de investigación.	32

3.3.3. Instrumentos de investigación.....	32
3.4. Procedimiento y análisis de datos	33
3.4.1. Generalidades de ECU-ITALCOL S.A.....	33
3.4.1.1. Datos generales de la empresa.	34
3.4.1.2. Misión.	36
3.4.1.3. Visión.	36
3.4.1.4. Valores corporativos.....	37
3.4.1.5. Datos de elaboración del producto.....	37
3.4.1.6. Clasificación ABC.	41
3.4.1.7. Presentación del producto	42
3.4.1.8. Diagrama SIPOC.	43
3.4.1.9. Distribución de planta o Layout.....	45
3.4.1.10. Planteamiento del problema con gráfico de Pareto.....	46
Capítulo IV.....	50
Resultados y análisis.....	50
Pronóstico de la demanda	50
4.1. Recopilación de datos históricos.....	50
4.2. Promedio móvil ponderado.....	53
4.3. Suavización exponencial simple	55
4.4. Suavización exponencial doble o método de Holt.....	56
4.5. Suavizamiento exponencial triple o método de Holt-Winters	58
4.6. Comparativa métodos del pronóstico de la demanda aplicados	60

Diseño del plan agregado de producción y plan maestro de producción.....	61
5.1. Pronóstico de la demanda	61
5.2. Plan agregado de producción	63
5.2.1. Método de fuerza de trabajo constante	63
5.2.2. Método de fuerza de trabajo mínima con subcontratación	65
5.2.3. Método de fuerza de trabajo constante con horas extras	66
5.2.4. Método de estrategia mixta.....	67
5.2.5. Comparativa de métodos – plan agregado de producción	69
5.3. Plan maestro de producción.....	70
5.4. Análisis de resultados.....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
Conclusiones.....	77
Recomendaciones	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Materiales, equipos y software a emplear en la investigación</i>	30
Tabla 2 <i>Producción Líneas de Productos de ECU-ITALCOL S.A.</i>	38
Tabla 3 <i>Producción del mes de julio de 2023 de la Línea Porcicultura</i>	39
Tabla 4 <i>Resumen clasificación ABC</i>	41
Tabla 5 <i>Material de trabajo y mano de obra inmersa en el proceso productivo</i>	44
Tabla 6 <i>Frecuencia de los problemas recopilados en la entrevista</i>	47
Tabla 7 <i>Información para el Diagrama de Pareto</i>	48
Tabla 8 <i>Datos históricos del Super Cerdo Levante Distribución</i>	51
Tabla 9 <i>Ponderaciones o pesos utilizados en el Promedio Móvil Ponderado</i>	53
Tabla 10 <i>Medidas de error del Promedio Móvil Ponderado</i>	54
Tabla 11 <i>Medidas de error de la Suavización Exponencial Simple</i>	55
Tabla 12 <i>Ponderaciones o pesos utilizados en la Suavización Exponencial Doble</i>	57
Tabla 13 <i>Medidas de error de la Suavización Exponencial Doble</i>	57
Tabla 14 <i>Ponderaciones o pesos utilizados en el Método de Holt-Winters</i>	59
Tabla 15 <i>Medidas de error de la Suavización Exponencial Triple o Método de Winters</i>	59
Tabla 16 <i>Comparativa indicadores de error de los modelos aplicados</i>	61
Tabla 17 <i>Demanda pronosticada a partir del mes de agosto 2023 hasta julio de 2024</i>	63
Tabla 18 <i>Datos iniciales del PAP-Método de Fuerza de Trabajo Constante</i>	64
Tabla 19 <i>Resultados PAP-Método de Fuerza de Trabajo Constante</i>	64
Tabla 20 <i>Datos iniciales PAP-Método de Fuerza de Trabajo Mínima con Subcontratación</i>	65
Tabla 21 <i>Resultados PAP-Método de Fuerza de Trabajo Mínima con Subcontratación</i>	66
Tabla 22 <i>Datos iniciales PAP-Método de Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras</i>	67

Tabla 23 <i>Resultados PAP-Método de Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras</i>	67
Tabla 24 <i>Datos iniciales PAP-Método de Estrategia Mixta</i>	68
Tabla 25 <i>Resultados PAP-Método de Estrategia Mixta</i>	68
Tabla 26 <i>Comparativo de métodos aplicados para el Plan Agregado de Producción</i>	69
Tabla 27 <i>Lote e inventario inicial para el PMP</i>	71
Tabla 28 <i>Datos para la elaboración del PMP</i>	71
Tabla 29 <i>Resultados Plan Maestro de Producción</i>	72
Tabla 30 <i>Resultados de los 4 métodos estadísticos del pronóstico</i>	73
Tabla 31 <i>Resultados de los 4 métodos del plan agregado</i>	74
Tabla 32 <i>Análisis del PMP con la capacidad de la planta</i>	75
Tabla 33 <i>Datos sobre la capacidad de la planta</i>	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Producción de alimento balanceado del Ecuador en 2023</i>	5
Figura 2 <i>Administración de operaciones-sistema de producción</i>	13
Figura 3 <i>Flujo del plan y programa de producción</i>	15
Figura 4 <i>Planta de Producción ECU-ITALCOL S.A. – San Miguel de Ibarra.</i>	34
Figura 5 <i>Ubicación de la Planta de Producción en Google Maps</i>	35
Figura 6 <i>Gráfica comparativa - Líneas de productos de ECU-ITALCOL S.A.</i>	38
Figura 7 <i>Diagrama de Pareto de la Línea Porcicultura Julio 2023</i>	40
Figura 8 <i>Saco de 40 kg del producto Super Cerdo Levante Distribución</i>	42
Figura 9 <i>Diagrama SIPOC de la compañía ECU-ITALCOL S.A. "Planta Ibarra"</i>	44
Figura 10 <i>Layout de ECU-ITALCOL S.A. Planta Ibarra</i>	45
Figura 11 <i>Lluvia de ideas obtenidas de entrevista al Gerente General y Jefes Departamentales</i> ...46	
Figura 12 <i>Gráfica de Pareto</i>	49
Figura 13 <i>Serie histórica de los últimos 4 años del Super Cerdo Levante Distribución</i>	52
Figura 14 <i>Demanda vs Pronóstico en el Promedio Móvil Ponderado</i>	54
Figura 15 <i>Demanda vs Pronóstico en la Suavización Exponencial Simple</i>	56
Figura 16 <i>Demanda vs Pronóstico en la Suavización Exponencial Doble</i>	58
Figura 17 <i>Demanda vs Pronóstico en el Método de Winters</i>	60
Figura 18 <i>Indicador gráfico del comportamiento entre la demanda real y la pronosticada</i>	62
Figura 19 <i>Ejemplo del producto lote por lote del Super Cerdo Levante Distribución</i>	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Fórmula del Promedio Móvil Ponderado</i>	19
Ecuación 2 <i>Fórmula de Suavización Exponencial Simple</i>	20
Ecuación 3 <i>Fórmula de la Suavización Exponencial Doble o Método de Holt</i>	20
Ecuación 4 <i>Fórmula para determinar el pronóstico sin tendencia Ft</i>	21
Ecuación 5 <i>Fórmula para determinar la tendencia del pronóstico Tt</i>	21
Ecuación 6 <i>Fórmula atenuación de la serie de tiempo</i>	22
Ecuación 7 <i>Fórmula estimación de la tendencia</i>	22
Ecuación 8 <i>Fórmula estimación de la estacionalidad</i>	23
Ecuación 9 <i>Fórmula de la Suavización Exponencial Triple o Método de Holt-Winters</i>	23

Capítulo I

Introducción

1. El problema

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Problemática a investigar.

La población mundial se encuentra en constante crecimiento, siendo así que las últimas proyecciones de las Naciones Unidas muestran que para el año 2030 la población humana podría llegar a alrededor de 8.5 mil millones y, 20 años después, exactamente para el año 2050 esta aumentaría a 9.7 mil millones de personas [1].

En el contexto del desafío de alimentar a una población mundial que se prevé alcanzará los 10 mil millones de personas para 2050, es crucial minimizar la pérdida y el desperdicio de alimentos, así como maximizar el uso de los recursos disponibles que sostienen el sistema alimentario [2].

Dado el crecimiento demográfico y el incremento de los ingresos a nivel mundial, un estudio de las Naciones Unidas proyecta que el consumo de carne se incrementará en un 76% para el año 2050. Se espera que el consumo de aves de corral se duplique, el consumo de carne de vaca aumente en un 69% y el consumo de carne de cerdo crezca en un 42% [3].

De esta manera se termina empujando hacia un mayor consumo per cápita de proteína animal en los países en desarrollo, ya que, al aumentar la cantidad de los tipos de carnes consumidas, por ende, existe un considerable aumento en la demanda de alimentos balanceados y demás subproductos, los mismos que son utilizados para suministrar la alimentación y nutrición a los diferentes animales destinados para el consumo humano.

Por otro lado, el rápido crecimiento de la población mundial ha llevado a un aumento en el consumo de proteínas de origen animal (carne, huevo) que supera el ritmo de crecimiento de la población actual. Esto exige fuentes de granos (materias primas) para la industria de alimentación animal y, por ende, la producción de alimento balanceado de alta calidad. La industria de alimentación animal depende en gran medida de la importación de materias primas, la utilización de monedas extranjeras como el dólar, y el gasto energético, entre otros factores [4].

En el artículo Perspectivas del Sector Agroalimentario, se estima que esta industria alcance los 1266 millones de toneladas métricas en 2023, experimentando un crecimiento del 25% con respecto a las cifras del 2022. Este aumento se atribuye al mayor consumo de proteína de origen animal y al crecimiento poblacional, focalizándose en los países en desarrollo [5].

Así se encuentra Colombia dentro de este contexto: es un país principalmente importador de granos, especialmente maíz y soja, provenientes principalmente de Estados Unidos y Argentina. Sin embargo, la disponibilidad de maíz amarillo en Colombia es limitada y se destina principalmente al consumo humano. Esta escasez afecta significativamente a la industria de alimentación animal, que carece de estos y otros insumos necesarios para satisfacer la demanda de alimento balanceado en el país [4].

En Ecuador, diversas empresas tienen potencial para expandirse, incluyendo Itacol S.A., una compañía multinacional colombiana dedicada a la producción de Alimentos Concentrados, la venta de Materias Primas y la preparación de Premezclas. Itacol S.A. opera actualmente en Colombia, Panamá y Ecuador [6].

Y al entrar en contexto dentro de este último país, específicamente en la planta industrial ubicada en la ciudad de Ibarra, esta fábrica ha llevado a la compañía a posicionarse dentro del mercado nacional y con ello satisfacer la demanda existente de alimento balanceado. Sin embargo, en un análisis preliminar en la compañía ECU-ITALCOL S.A. Planta Ibarra, específicamente en los últimos balances de producción versus ventas, comprendidos entre el año 2020-2023, y después de haber realizado entrevistas al gerente, jefes y colaboradores se evidencia que la empresa posee problemáticas dentro del modelo para el pronóstico de ventas, en el sistema de planificación de producción y, además, se suman que dentro de estos procesos operacionales existe una falta de confiabilidad en la toma de decisiones, lo cual ha generado un impacto negativo dentro de la organización.

A raíz de lo anteriormente mencionado, se han encontrado diferentes problemáticas presentes en la compañía, las cuales se detallan a continuación:

- Falta de una herramienta, modelo o plan que permita aumentar la confiabilidad del pronóstico de ventas y que adicionalmente posibilite una correcta planificación de producción.
- Pérdida y conflicto en las ventas por retrasos en la llegada de materias primas, aditivos y/o insumos necesarios para la producción
- Se evidencia una sobreproducción lo cual ha generado gastos innecesarios y una utilización ineficiente de los recursos.
- Falta o exceso de producto, lo cual afecta al momento de realizar el despacho de pedidos solicitados por el cliente.
- Exceso y/o falta de producto por un superávit y/o quiebres de stock.

- Elevados costos de almacenamiento por sobre stock con lenta rotación, además de una compra excedente de materia prima, aditivos e insumos.

Por lo mencionado anteriormente, es necesario desarrollar una propuesta y/o modelo integral de mejora que permita vincular y articular los procesos que agregan valor como son: planeación, compras, producción, distribución y comercialización; todo esto en función de la demanda de pedidos del cliente.

1.2. Justificación

El Presidente Constitucional de la República del Ecuador, Guillermo Lasso Mendoza, a través del Decreto Ejecutivo No. 68 del 9 de junio de 2021, decreta que la facilitación del comercio y de la producción, la simplificación de trámites y la agenda de competitividad sean políticas públicas prioritarias. Este decreto marca el comienzo de una intervención integral en el sistema nacional de calidad, con el objetivo de garantizar la transparencia y reducir las barreras y los costos de producción para emprendedores y empresas que deseen ingresar o desarrollarse en el mercado [7].

También, es importante hablar del país anfitrión del cual es originaria la empresa en la que se elaborará el proyecto, este es Colombia, en este país, la importación de granos como el maíz y la soya es esencial, sobre todo cuando provienen de Estados Unidos y Argentina. Estos granos representan aproximadamente el 60% de la dieta tanto en la avicultura como en la porcicultura, siendo estas las dos principales líneas de alimentación balanceada consumidas en el país. Además, estos granos influyen en gran medida en los costos de producción, contribuyendo aproximadamente al 75% del costo total por kilogramo producido. Esto ha llevado a que los sistemas de producción en la industria de alimento balanceado en Colombia se enfoquen en

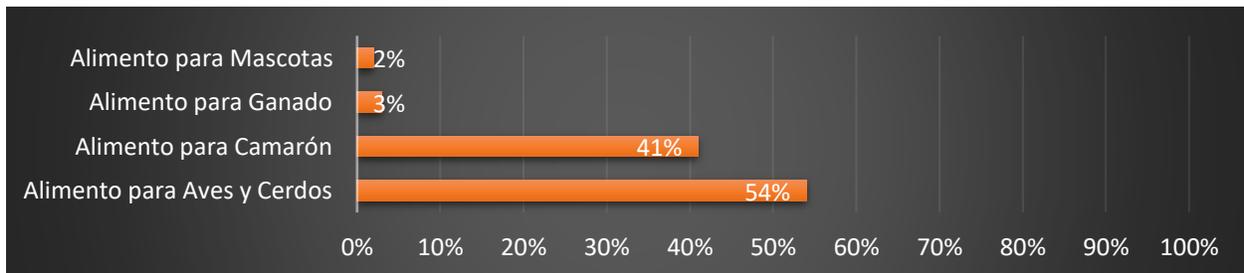
mejorar la eficiencia, reducir costos, integrar verticalmente sus negocios y mejorar la experiencia del cliente en la mesa para satisfacer la demanda del mercado [8].

La empresa ECU-ITALCOL S.A., establecida en Ecuador como subsidiaria de Italcold Colombia, se dedica activamente a la fabricación, distribución, venta y exportación de alimentos concentrados para diversas especies pecuarias, además de la comercialización de materias primas y premezclas [6].

En consecuencia, se subraya la importancia de discutir y profundizar en la elaboración de alimento concentrado. En Ecuador, la producción acumulada de alimento balanceado en 2023 fue de 5,5 millones de toneladas, destinándose el 54% de esta producción a la avicultura y porcicultura. Para 2024, APROBAL anticipa un aumento en la producción de la industria de alimentos balanceados, alcanzando un total de 5,5 millones de toneladas al cierre del año pasado [9].

Figura 1

Producción de alimento balanceado del Ecuador en 2023



Nota. Los diferentes porcentajes de producción del alimento balanceado equivalen al 100% en el país, esto corresponde a 5.5 millones de toneladas. Fuente. Adaptado de [9].

Por tal motivo, este proyecto se justifica con el decreto Ejecutivo No. 68 antes mencionado, conjuntamente con las estadísticas de incremento de producción del alimento balanceado y su importante impacto en la economía del Ecuador, y por ello es necesario realizar un Plan Agregado de Producción (PAP) y Plan Maestro de Producción (PMP) en la empresa ECU-ITALCOL S.A., con la finalidad de conseguir satisfacer la demanda de los clientes, minimizando el exceso de

inventario, reduciendo costos, agilizando procesos, evitando interrupciones en las operaciones de la cadena de suministro y, así lograr una optimización en el modelo de planificación de producción actual.

Es importante recalcar que, al ser una actividad productiva muy importante para el país es necesario velar por la sostenibilidad y rentabilidad de las empresas. Siendo así que este proyecto se podría replicar para otras compañías con el mismo giro de negocio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar un Plan Maestro de Producción para la empresa ECU-ITALCOL S.A. de la ciudad de Ibarra, en base al pronóstico de la demanda, para así mejorar la productividad y el nivel de servicio.

1.3.2. Objetivos específicos.

- 1) Realizar la revisión bibliográfica en base a los diferentes enfoques y conceptos relacionados con el pronóstico, plan agregado y plan maestro de producción, con la finalidad de elaborar el estado del arte de la investigación.
- 2) Establecer el diagnóstico situacional de la empresa ECU-ITALCOL S.A.; para definir las variables operacionales que afectan la planeación de la demanda y producción, mediante el estudio de campo.
- 3) Elaborar el Plan Agregado de Producción y el Plan Maestro de Producción para la empresa ECU-ITALCOL S.A. en base a los resultados obtenidos y analizar mejoras que se puedan alcanzar.

1.4. Alcance

Italcol es una compañía colombiana que se dedica a la manufactura, distribución, comercialización y exportación de alimentos balanceados para diferentes especies pecuarias, además de ofrecer materias primas y premezclas. La empresa dispone de 20 plantas de producción en Colombia, Ecuador y Panamá, y tiene más de 1.800 distribuidores. Su producción anual excede los 2 millones de toneladas de alimentos y alrededor de 500.000 toneladas de MP. Este crecimiento ha sido posible gracias al compromiso de sus más de 3.300 empleados, quienes son parte integral de la familia Italcol [6].

El presente proyecto de integración curricular tendrá lugar en una de las plantas de producción de la empresa Italcol, ubicada en Ecuador, provincia de Imbabura, en la ciudad de Ibarra, sector de la Esperanza – Vía Yuyucocha, con denominación social ECU-ITALCOL S.A., a partir del mes de agosto de 2023 hasta el mes de julio de 2024.

1.5. Delimitación

La validación y aplicación de las diferentes herramientas usadas en la elaboración del plan agregado y plan maestro de producción beneficiará en una serie de apartados dentro de la gestión estratégica, administrativa y operacional de los procesos que generan valor en la organización; estos se contemplan en las áreas de almacén, producción y ventas.

Existen diversas ventajas respecto a la elaboración del PAP y PMP dentro de una organización, estas son:

- Optimización de los recursos.
- Adaptabilidad a la demanda.
- Reducción de costos.
- Mejora en la planificación de la mano de obra.

- Detalles en la programación de producción.
- Control de inventarios.
- Cumplimiento de pedidos.
- Eficiencia en la producción.

Todo esto teniendo en cuenta ciertos apartados a considerar, como son: las necesidades particulares en los pedidos de los clientes, la capacidad de producción de la fábrica, los niveles de inventario y el pronóstico de la demanda [10].

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes

Dentro del marco del plan maestro de producción y su influencia en "ECU-ITALCOL S.A. Planta Ibarra", es fundamental llevar a cabo una revisión bibliográfica que cubra aspectos esenciales de la administración de operaciones, sistemas de producción, planificación de la cadena de suministro, pronósticos de la demanda, capacidad de producción y programación de la producción. Estos elementos son cruciales en la gestión de la producción dentro de cualquier organización.

Es así como Matos alude en su investigación titulada "Planificación y control de la producción", dentro de la cual propone mejorar el sistema de planificación y control de materia prima, insumos y producción de alimento balanceado en una empresa de productos cárnicos. El estudio abarca líneas de producción como carne de pollo, cerdo, reproductoras, pavos y mezclas, detallando herramientas de mejora, diagnóstico situacional, metodología de planificación, y evaluación económica para determinar la viabilidad del proyecto. Se implementó una planificación de materiales e insumos basada en análisis de demanda mensual, bimestral, trimestral y cuatrimestral de los años 2017 y 2018. Se aplicó el mejor método de pronóstico y se desarrolló un Plan Maestro de Producción y Planificación de Requerimientos de Materiales. El análisis económico mostró un Valor Actual Neto (VAN) de 1,924,676.56 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 493.09% para un horizonte de 2 años distribuidos bimestralmente, demostrando la viabilidad económica del proyecto [11].

Por otro lado, en el informe titulado "Propuesta de sistema de planificación y control de la producción para incrementar las ventas", desarrollado en la empresa Procesados San Andrés

“PROSAN” E.I.R.L., dedicada a la producción de alimentos balanceados para ganado y aves, se identificó que el método de planificación basado en la producción según el orden de llegada de los pedidos ha generado bajos volúmenes de artículos de baja rotación y ha descuidado productos más relevantes. Esta situación ha afectado la capacidad de cumplir con los pedidos debido a una demanda elevada o a la escasez de insumos. Para abordar estos desafíos, se implementaron herramientas como la metodología Heijunka para la planificación a corto plazo y el MRP para gestionar los requerimientos de materiales. Tras la implementación de estas herramientas, se identificaron los productos de categoría A y se desarrollaron planes de producción y de requisitos que resultaron en un aumento del 9.67% en la producción, satisfaciendo el 100% de la demanda estimada. Además, se realizó un análisis costo-beneficio que reveló un beneficio de 5.04 soles (aproximadamente 1.35 dólares estadounidenses), destacando la importancia de una planificación efectiva de la producción para optimizar la capacidad y los recursos de la fábrica [12].

Por lo tanto, se puede evidenciar que los estudios anteriormente mencionados brindan los datos, modelos, análisis y resultados necesarios que sirven como base y sustento teórico para el desarrollo de este proyecto de investigación encaminado al desarrollo de un modelo de planeación de la producción mediante el diseño de un PAP y PMP en la empresa ECU-ITALCOL S.A., industria enfocada en la producción de alimento balanceado para las distintas especies pecuarias del Ecuador.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Administración de operaciones.

En el ámbito empresarial, se evalúan múltiples aspectos para manejar de manera efectiva una organización. La administración de operaciones se focaliza en coordinar las diversas áreas

funcionales de la empresa para garantizar la identificación de las necesidades del cliente y asegurar su completa satisfacción en entornos altamente dinámicos [13].

Es así como, una gestión efectiva de las operaciones permite a las empresas alcanzar sus objetivos a corto, mediano y largo plazo, asegurando la satisfacción de los clientes y el desarrollo sostenible de la organización y sus intereses, tanto internos como externos. La administración de operaciones se refiere a la función que permite a las empresas cumplir sus objetivos corporativos mediante el uso eficiente de los recursos. En un mercado global, el objetivo de toda empresa es ser competitiva, y la adopción de estrategias de operaciones es esencial para la administración de operaciones y constituye una ventaja competitiva clave para la empresa [14].

Al empezar a hablar de estrategias de operaciones y conjuntamente de la ventaja competitiva, es necesario abordar esta temática, ya que son pilares claves dentro de la administración de operaciones. La estrategia de operaciones consiste en desarrollar políticas y planes para utilizar los recursos de la empresa de manera que apoyen su competitividad a largo plazo. De este modo, se convierte en un elemento crucial para la planificación y ejecución de acciones orientadas a optimizar los recursos de la compañía, permitiendo que la empresa se posicione competitivamente en el dinámico y globalizado mundo de los negocios [15].

Asimismo, se resalta la ventaja competitiva de una empresa, la cual puede entenderse de diversas maneras, pero en términos generales se refiere a un conjunto de herramientas que, al combinarse, facilitan el liderazgo en el mercado y la superación de competidores. La competitividad surge de la constante rivalidad entre empresas en el mercado y se logra a través de un proceso dinámico de gestión que involucra a la industria y sus grupos de interés, como clientes, proveedores, directivos, acreedores y competidores, con el objetivo de posicionarse como una entidad capaz de satisfacer mejor las necesidades de los consumidores que la competencia [16].

2.2.1.1. Constitución de una empresa.

Cuando alguien busca realizar actividades con fines lucrativos, puede establecer la empresa bajo distintos criterios, como la forma legal (en el caso de las sociedades), el tamaño empresarial (considerando la mano de obra y el tamaño de facturación anual) y el ámbito económico de inversión (ya sea público, privado o mixto, dependiendo de la situación) [17].

2.2.2. Función de operaciones, sistemas y subsistemas de producción.

Las operaciones se refieren al conjunto ordenado de procesos de manufactura, servicio y atención médica los cuales, trabajando de manera óptima consiguen que los recursos de una empresa se transformen en los productos y/o servicios que los clientes, estos serían una entidad o persona/s, quienes desean satisfacer sus necesidades [18].

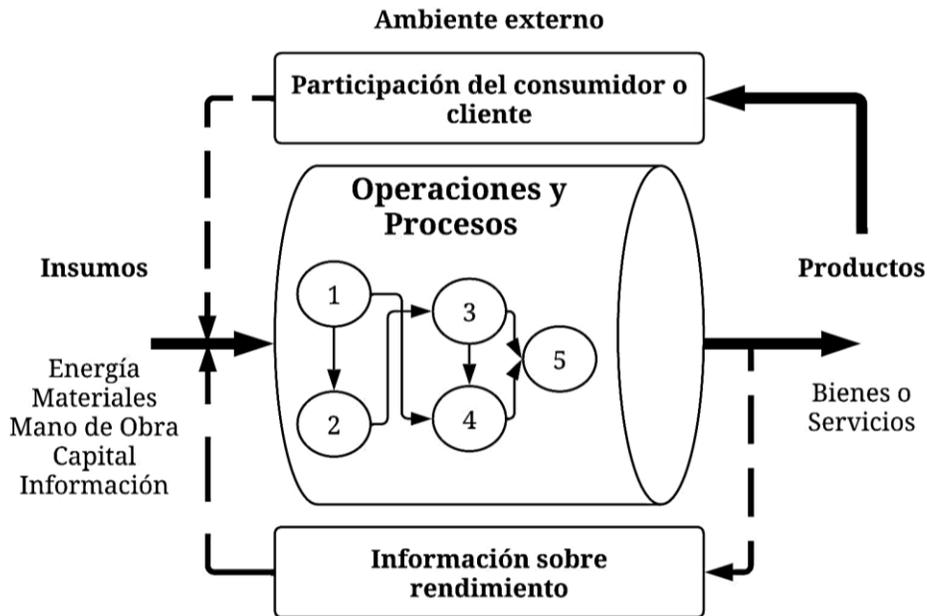
Adicionalmente, se busca mejorar las operaciones para ofrecer una respuesta temprana al cliente, siendo esta la razón por la cual, algunos autores señalan la necesidad de identificar los siguientes conceptos:

2.2.2.1. Sistema de producción.

El concepto de sistema de producción no solo se refiere a toda una organización, sino también al funcionamiento de cada departamento. Cada departamento cuenta con sus propios procedimientos de trabajo y clientes, sean estos internos o externos. A partir de ello, en la Figura 2 se puede observar que un sistema de producción incluye elementos como insumos, procesos, productos y la circulación de información, lo que lo conecta con los clientes y el entorno externo. Los insumos comprenden recursos humanos, capital, materiales y servicios adquiridos, así como tierra y energía. Los círculos numerados simbolizan las etapas por las que pasan los productos, servicios o clientes, utilizando diferentes procesos en cada una [19].

Figura 2

Administración de operaciones-sistema de producción



Nota. Se evidencia la estructura del sistema de producción junto a las operaciones inmersas dentro de sí mismo, considerando el ambiente externo e interno de una organización. Fuente. Adaptado de [19].

2.2.3. Decisiones estratégicas de operaciones.

Las decisiones estratégicas de operaciones dentro del ámbito organizacional son en sí una guía, debido a que permiten elegir los recursos correctos para llegar a un objetivo anteriormente planteado.

Por consiguiente, este tipo de decisiones impactan a largo plazo en la empresa y se vinculan con el diseño y desarrollo de los productos y servicios que la empresa proporciona, así como con la selección y diseño del proceso productivo utilizado para su fabricación y entrega [20].

De modo que, este tipo de decisiones son un pilar fundamental en una organización, estas se centran en aspectos esenciales como la capacidad, ubicación de las instalaciones, gestión de inventarios, la eficiencia, entre otros; logrando así el propósito de garantizar las operaciones de la empresa se encuentren acorde a los objetivos, el rendimiento general y obteniendo una ventaja

competitiva pero sostenible; en resumidas palabras son determinaciones de alto valor que orientan y configuran la manera en que la entidad gestiona y llega a ejecutar desde el proceso operativo más simple al más complejo.

2.2.4. Enfoque jerárquico para la planificación y control de la producción.

Como se sabe la planificación es el comienzo para cualquier tipo de proceso administrativo, por el cual una empresa progresa hasta alcanzar sus objetivos o fracasa y es aplastado por la competencia o por sus mismos errores, en cambio, el control de producción garantiza que el proceso productivo se realice de una manera óptima, garantizando las políticas de calidad, además de sus costos y tiempos establecidos.

Por lo tanto, el enfoque jerárquico para la Planificación y Control de la Producción es un método estructurado que organiza y gestiona las actividades de producción en diferentes niveles jerárquicos dentro de una empresa. Este enfoque se fundamenta en dividir la planificación y el control en distintas etapas o niveles, cada uno con sus propias responsabilidades y objetivos específicos, permitiendo un control más eficaz y coherente de los recursos y procesos productivos.

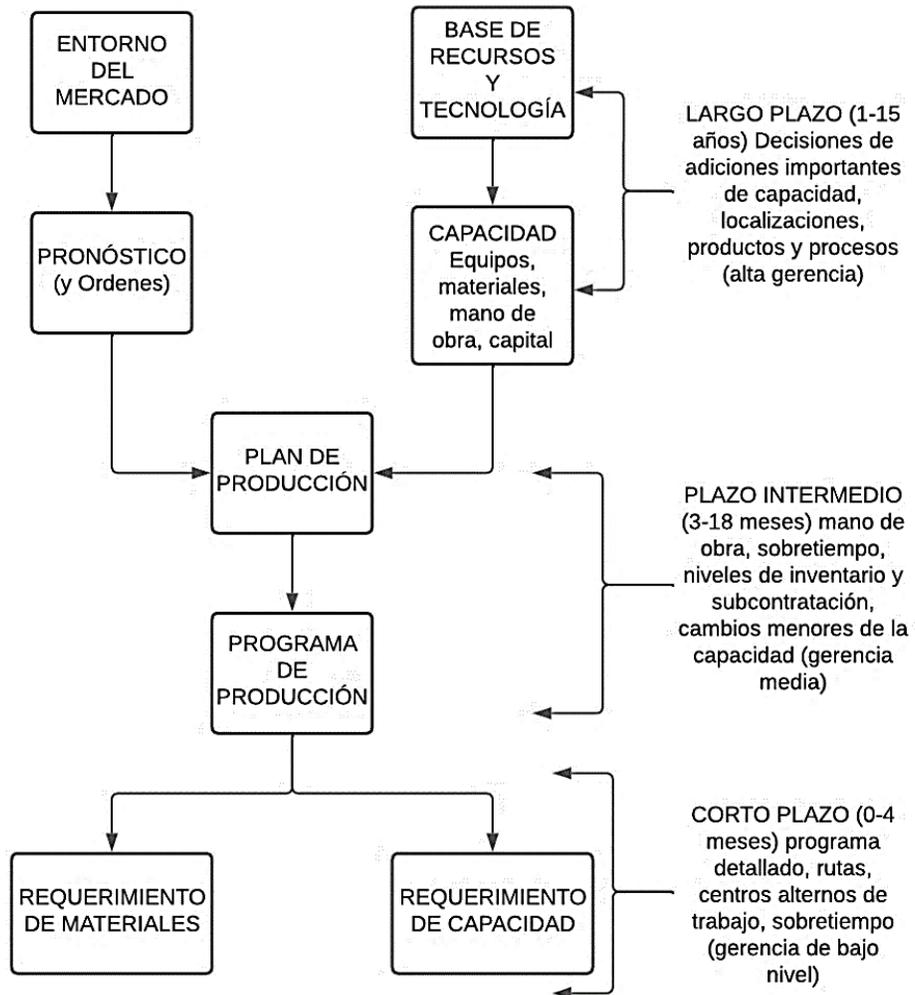
Para una empresa manufacturera debe organizar sus operaciones en varios niveles, buscando optimizar la eficacia y efectividad en cada uno para mejorar el sistema en su totalidad. Además, en estas empresas, la planificación operativa se convierte en el componente central del sistema. La planificación de la producción conlleva un reto complejo debido a la gran cantidad de elementos y las múltiples interrelaciones entre ellos, lo que ha llevado a la elaboración de varios estudios y trabajos dedicados a encontrar soluciones a este problema [21].

Por tal razón, la Planificación y Control de la Producción proporciona una estructura clara y organizada para gestionar las operaciones de producción, mejorando la habilidad de la empresa para lograr sus metas estratégicas de manera efectiva.

A continuación, en la Figura 3, se puede ver un diagrama de flujo del plan y el programa de producción en donde se detalla de manera general sus componentes:

Figura 3

Flujo del plan y programa de producción



Nota. Diagrama de procesos para guiarse en la planificación de la producción, se consideran los periodos corto, mediano y largo plazo. Adaptado de [22].

Por otro lado, resulta fundamental señalar los tipos de planificación dentro de un entorno productivo, ya que facilitan la coordinación entre los objetivos, planes y actividades de los niveles estratégicos, tácticos y operativos. Estos tipos de planificación deben estar organizados según el

horizonte temporal al que impactan las decisiones, de mayor a menor alcance, y responden a distintos horizontes: estratégicos, tácticos y operativos [23].

2.2.4.1. La planificación estratégica.

En si la planificación estratégica a largo plazo se enfoca en decisiones globales sobre la capacidad, la localización de instalaciones, la tecnología y la estructura de la red de abastecimiento.

El conjunto de procesos realizados dentro de una organización y en su entorno o mercado se alinea con los objetivos establecidos, que pueden ser a corto, mediano o largo plazo. Posteriormente, se implementan una serie de eventos o estrategias para alcanzar estos objetivos previamente definidos, siguiendo directrices que sustentan la misión de la empresa [24].

2.2.4.2. La planificación operativa.

La planificación operativa implica establecer metas específicas y desarrollar planes detallados para alcanzarlas en el corto plazo, típicamente dentro de un año. Se centra en los detalles y las actividades específicas requeridas para cumplir con los objetivos estratégicos de la organización [25].

Siendo así que la planificación operativa es uno de los apartados en el más se detalla y específica cada paso del proceso de planificación organizacional; este es uno de los pilares fundamentales en este proceso, y su éxito depende de su articulación con los demás niveles de planificación.

2.2.4.3. La planificación táctica.

Cuando las demandas del mercado y el rendimiento de los competidores superan la capacidad de mejora diaria de una organización, es necesario implementar la gestión de mejora anual de la operación para enfrentar estos desafíos. Es planificación se guía en la idea de los resultados que provienen de la contribución creativa de todas las personas involucradas,

centrándose en el esfuerzo colectivo. La gestión de mejora anual se fundamenta en la gestión de mejoras, la innovación, el desarrollo de las actividades y la gestión de proyectos. Su objetivo es encontrar continuamente la mejor manera de hacer las cosas y resolver problemas crónicos y complejos que no han sido solucionados con la gestión diaria [23].

2.2.5. Serie de tiempo.

Una serie de tiempo o serie histórica es una recopilación de datos que registra la actividad de una empresa o compañía a lo largo del tiempo. Estos datos, siempre numéricos, reflejan tanto las fechas como las cantidades de eventos o transacciones ocurridos en años anteriores. Este tipo de registro es esencial para analizar tendencias, prever comportamientos futuros y tomar decisiones informadas basadas en patrones históricos [26].

En resumen, esta serie de tiempo constituye un recurso invaluable que documenta la evolución numérica de la actividad de una empresa o compañía a lo largo del tiempo, ya que este registro detalla las transacciones pasadas para un correcto análisis de tendencias y, por consiguiente, la predicción de sus comportamientos futuros.

2.2.6. Pronóstico de la demanda.

Actualmente, las industrias manufactureras deben gestionar sus niveles de producción y mantener una administración adecuada de sus ventas. Pronosticar la demanda significa prever el valor futuro de una variable, lo que se sirve como un instrumento crucial para la toma de decisiones en las empresas. El pronóstico es un método estadístico utilizado para anticipar el comportamiento futuro de una muestra de datos con cierto grado de certeza. Hay tres categorías principales de métodos de pronóstico: cualitativos, de proyección histórica y causales. Estos métodos se distinguen por la precisión relativa de sus pronósticos a largo plazo frente a corto plazo, el nivel

de instrumentos estadísticos y la base de conocimientos sobre la cual se fundamentan sus proyecciones [27].

Es relevante profundizar más a fondo en el tema, siendo así que los pronósticos de la demanda marcan el inicio de todas las actividades de gestión de la cadena de suministro, la efectividad de la planificación se ve directamente influenciada por la precisión y confiabilidad de dichos pronósticos [28].

Este pronóstico se centra en las variables que influyen en la determinación de un resultado en un periodo específico, es por ello por lo que en el presente trabajo se aplicaran 4 modelos de los cuales, para valores constantes se utilizará Promedio Móvil Ponderado y Suavización Exponencial Simple, y para valores con tendencia y/o estacionalidad se utilizará Suavización Exponencial Doble o Método de Holt y Suavización Exponencial Triple o Método de Holt-Winters.

2.2.7. Metodología del pronóstico de la demanda.

2.2.7.1. Promedio móvil ponderado

El promedio móvil ponderado es un modelo de análisis predictivo que asigna pesos variados a los valores pasados según su nivel de importancia. Esto permite dar mayor relevancia a los datos más próximos, lo que facilita la adaptación a las tendencias cambiantes. La selección de los pesos puede ser arbitraria o basarse en criterios específicos, dependiendo de la naturaleza del análisis y la experiencia del pronosticador. Cuando se detecta una tendencia, es viable ajustar las ponderaciones para resaltar más los valores recientes. Esto permite a los métodos del pronóstico adaptarse ágilmente a las variaciones, al asignar mayor importancia a las órdenes de producción más recientes. a selección de las ponderaciones es adaptable, dado que no hay una fórmula

establecida previamente. Por lo tanto, decidir qué ponderaciones aplicar requiere habilidad y experiencia [29].

Como se ha dicho el promedio móvil ponderado se calcula asignando distintos valores a los datos históricos, donde los datos más recientes generalmente tienen un mayor peso. La fórmula general para el promedio móvil ponderado es:

Ecuación 1

Fórmula del Promedio Móvil Ponderado

$$\text{Promedio Móvil Ponderado} = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^n (w_i)}$$

Donde:

- x_i es el valor de los datos en el período i .
- w_i es el peso asignado al período i .
- n es el número de períodos.

Siguiendo este método, se obtienen valores suavizados que proporcionan una estimación más precisa de la tendencia subyacente. Al colocar diferentes pesos a los datos históricos, el promedio móvil ponderado, permite una mayor sensibilidad a los cambios recientes, lo que es particularmente útil en contextos donde los patrones de datos fluctúan frecuentemente [30].

2.2.7.2. Suavización exponencial simple

Es un método para el cálculo del pronóstico que se basa en asignar pesos exponenciales decrecientes a los datos pasados, por lo tanto, es un método minucioso y que es fácil de usar por los pocos datos que se requieren al momento de su aplicación. Además, anticipa la demanda de un producto en cierto momento específico, así mismo, en este método se asume que la demanda será aproximadamente igual a la media histórica, sin embargo, otorga más valor a los datos recientes [31].

Cabe mencionar que para el cálculo de este modelo se considera la demanda real más reciente y el pronóstico generado mediante la técnica de suavización; en pocas palabras, se calcula el pronóstico inicial y luego se combina el pronóstico anterior y el valor observado más reciente, permitiendo así adaptarse a los cambios en los datos recientes. Sánchez [32] menciona que la fórmula del método de suavización exponencial simple es:

Ecuación 2

Fórmula de Suavización Exponencial Simple

$$F_{t+1} = \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot F_t$$

Donde:

- F_{t+1} es el pronóstico para el próximo período.
- α es el coeficiente de suavización ($0 \leq \alpha \leq 1$).
- D_t es el valor real en el período t y F_t es el pronóstico para el período t .

2.2.7.3. Suavización exponencial doble o método de Holt

El método de Holt se emplea para predecir series temporales con una tendencia lineal. A diferencia del método de suavización exponencial simple, incorpora una constante de suavización γ para la tendencia, diseñada para minimizar el error entre la demanda real y la predicción [33].

Este modelo se utiliza cuando existen datos que tienen una tendencia constante en cierto tiempo, pero no tiene patrones estacionales claros, además se adapta a diferentes situaciones y niveles de complejidad. A continuación, algunos autores [34] mencionan las fórmulas para el cálculo del pronóstico mediante el método de Holt:

Ecuación 3

Fórmula de la Suavización Exponencial Doble o Método de Holt

$$FIT_t = F_t + T_t$$

Donde:

- FITt es el pronóstico de demanda incluido la tendencia.
- Ft es el pronóstico de demanda sin tomar en cuenta la tendencia.
- Tt es la tendencia que posee el pronóstico de demanda.

Ecuación 4

Fórmula para determinar el pronóstico sin tendencia Ft

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

Donde:

- F_{t-1} es el pronóstico sin tendencia en el tiempo anterior t-1.
- Y_{t-1} es el valor observado en el tiempo anterior t-1.
- α es el coeficiente Alpha que tiende a ser entre 0,02 a 0,9 según la media del error correspondiente.
- Y_t es la demanda real de la producción.

Ecuación 5

Fórmula para determinar la tendencia del pronóstico Tt

$$T_t = \gamma(F_t - F_{t-1}) + (1-\gamma)T_{t-1}$$

Donde:

- γ es el parámetro de ajuste de la tendencia, valor el cual entra en el intervalo [0, 1].
- T_{t-1} es la tendencia estimada de la serie en el tiempo anterior t-1.

2.2.7.4. Suavizamiento exponencial triple o método de Holt-Winters

Este tipo de método se la utiliza para analizar series de tiempo con el fin de predecir datos futuros en base de patrones pasados. El método de pronóstico de Holt-Winters se utiliza para analizar series temporales univariantes que presentan tanto tendencia como estacionalidad. Este

método emplea técnicas de suavización exponencial junto con enfoques analíticos para manejar patrones aditivos o multiplicativos en los datos [35].

Este modelo es más utilizado para datos que exhiben tendencias y estacionalidad, dentro del cual reconoce tres aspectos fundamentales que son Alpha, beta y gamma, los cuales hacen referencia a la aleatoriedad, tendencia de datos pasados y por último la estacionalidad. Las fórmulas a emplear para realizar el método mencionado son las siguientes:

Ecuación 6

Fórmula atenuación de la serie de tiempo

$$S_t = \frac{X_t}{E_{t-L}} + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

Donde:

- S_t es el valor calculado mismo que es atenuado suavizado.
- X_t es el valor real que toma la serie en el momento t .
- E_t es el cálculo de la estacionalidad.
- L es la longitud de la estacionalidad.
- α representa la constante de atenuación, la cual varía en el intervalo $0 < \alpha < 1$.
- S_{t-1} es el valor del periodo anterior antes de ser atenuado suavizado.
- T_{t-1} representa la estimación de tendencia anterior.

Ecuación 7

Fórmula estimación de la tendencia

$$T_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1-\gamma)T_{t-1}$$

Donde:

- T_t representa la estimación de tendencia.
- γ es la constante de atenuación del cálculo de tendencia y cumple $0 < \gamma < 1$.

- S_t es el valor calculado mismo que es atenuado suavizado.
- S_{t-1} es el valor del periodo anterior antes de ser atenuado suavizado.
- T_{t-1} representa la estimación de tendencia anterior.

Ecuación 8

Fórmula estimación de la estacionalidad

$$E_t = \delta \left(\frac{X_t}{S_t} \right) + (1 - \delta) E_{t-L}$$

Donde:

- E_t es el cálculo de la estacionalidad.
- δ es la constante de atenuación del cálculo de la estacionalidad y cumple $0 < \delta < 1$.
- X_t es el valor real que toma la serie en el momento t .
- S_t es el valor calculado mismo que es atenuado suavizado.
- E_{t-1} es el cálculo de la estacionalidad anterior.

Ecuación 9

Fórmula de la Suavización Exponencial Triple o Método de Holt-Winters

$$P_{t+p} = (S_t - pT_t) E_{t-L+p}$$

Donde:

- P_{t+p} es el pronóstico de los periodos p a futuro.
- S_t es el valor calculado mismo que es atenuado suavizado.
- p es el número de periodos que se pretende pronóstica hacia futuro.
- T_t representa la estimación de tendencia.
- E_t es el cálculo de la estacionalidad.
- L es la longitud de la estacionalidad.

2.2.8. Plan agregado de producción.

El plan agregado de producción es una estrategia utilizada por las empresas para poder gestionar de mejor manera la capacidad de producción y lograr satisfacer la demanda prevista a largo plazo, entre varios meses a un año; esta estrategia posee grandes ventajas como: equilibrio entre oferta y demanda, flexibilidad, consideración de costos, entre otros.

La planeación agregada tiene como objetivo optimizar los recursos clave como la producción, el inventario y la mano de obra, los cuales son elementos cruciales en el proceso productivo. Esta técnica facilita la determinación del plan de producción más eficiente para un período futuro específico, utilizando como base el pronóstico de la demanda [36]

Cabe mencionar que cualquier modelo de planificación debe tomar en consideración el minimizar los costes de planeación, respetar las condiciones y capacidades que posee la planta, de la misma manera dejar a la empresa estable para un futuro; y las diferentes estrategias que implican entre los factores de producción, horas de trabajo, stock y el trabajo atrasado.

2.2.8.1. Variables consideradas en el plan agregado de producción.

Al momento de planificar el plan agregado se debe considerar la existencia de varios lineamientos relevantes, las cuales son de tipo: comercial, financiero, sostenible e inclusive de carácter social que tienen gran influencia en las estrategias de producción. Se debe considerar algunos aspectos que permitan generar decisiones de valor, sin poner en juego la capacidad operacional de la planta industrial. La eficiencia de un plan agregado se ve sujeto a la calidad de datos e información recabada, la misma que debe ser fiable y corroborada, es por ello por lo que se debe elaborar un PAP sobre una estandarización de procesos operativos [37].

Es así como se tiene las siguientes consideraciones tanto económicas, como comerciales y otras:

- Fuerza de trabajo (costo del tiempo normal y tiempo extra, y en algunos casos el costo de tiempo suplementario)
- Contratación (Entrevistas, cuestionarios, inducciones, capacitaciones, etc.)
- Despidos (Remuneraciones de carácter legal relacionados al costo de despido)
- Subcontratación (Costo de servicio y costo por materia prima e insumos)
- Inventario (Costo de almacenamiento, costo de oportunidad)
- Quiebre de stock o faltantes (Costo de faltante)
- Tiempos y condiciones en el despacho de productos para sus clientes.
- Nivel de servicio y satisfacción del cliente.
- Curvas aprendizaje y mejora continua.
- Tasas de producción, alineadas a las condiciones de trabajo de la organización.

2.2.8.2. Variables de decisión.

Las variables de decisión hacen referencia a aquellas que se pueden controlar, entre ellas la fuerza laboral, capacidad de fabricación, las horas laborables tanto normales como extras y los niveles y políticas de inventario [37].

Estas variables decisivas son:

- Nivel de fuerza laboral: a nivel interno y externo.
- Nivel de producción.
- Horas de trabajo: las más utilizadas son normales y extras.
- Niveles y políticas de inventarios.

Las variables de decisión son componentes fundamentales en la creación de modelos de optimización y toma de decisiones. Estas variables representan las elecciones o acciones que un decisor puede controlar dentro de un modelo matemático.

2.2.9. Metodología del plan agregado de producción

2.2.9.1. Fuerza de trabajo constante

El método de fuerza de trabajo constante implica asignar un número fijo de obreros para las órdenes y periodos de producción planificados. Esto conlleva a la existencia tanto de inventario como de faltantes de producto. Los costos en este método surgen por los gastos asociados al almacenamiento y los productos faltantes [38].

2.2.9.2. Fuerza de trabajo mínima con subcontratación

En este modelo, se determina un nivel mínimo de obreros basado en el mes con la proyección de demanda más baja. Los obreros disponibles solo cubrirán la producción de ese periodo de producción y la demanda adicional se atenderá utilizando la técnica de subcontratación, por lo cual este plan no incluye inventarios o stock de productos. Este método es útil para minimizar los costos derivados con la contratación y cese de funciones del personal, y puede resultar efectivo al momento de tratar con variaciones estacionales significativas en la demanda [39].

2.2.9.3. Fuerza de trabajo constante con horas extras

El método de fuerza de trabajo constante con horas extras es una técnica utilizada en la planeación agregada de producción para direccionar de forma óptima la capacidad de producción y el personal. En este método, se mantiene una fuerza laboral constante en todo el período de planificación, permitiendo el uso de horas extras para manejar picos de demanda o variaciones en la carga de trabajo. El principal objetivo consiste en establecer la cantidad óptima de obreros para reducir al mínimo tanto las horas extra como los costos asociados al inventario [40].

2.2.9.4. Estrategia mixta

La estrategia mixta en la planeación agregada de producción combina elementos de las metodologías de persecución y nivelación de la demanda. El objetivo es gestionar eficazmente la capacidad de producción y el personal, proporcionando una flexibilidad superior en comparación con los enfoques convencionales [41].

2.2.10. Plan maestro de producción.

Es una herramienta fundamental para la gestión efectiva de la producción, garantizando que la industria pueda responder a los pedidos del mercado de manera útil y competitiva.

El plan maestro de producción representa una decisión estratégica de la dirección con respecto a los productos y las cantidades que deben ser fabricados durante el próximo período de planificación. Normalmente, incluye una proyección para los períodos siguientes con el fin de garantizar la disponibilidad de los materiales y herramientas necesarios [42].

Elaborar el PMP es crucial para la comercialización y dirección. Según algunos autores, requiere del plan agregado de producción, pronósticos de demanda, niveles de inventario, capacidad de producción y pedidos futuros. Además, debe cumplir con las exigencias internas de ventas, finanzas y administración.

2.2.10.1. Horizontes de producción

Los horizontes de producción mencionan los periodos en los que se planifican y gestionan las actividades productivas. Estos periodos permiten organizar y optimizar la producción anticipando la demanda, gestionando recursos y respondiendo eficazmente a cambios en el mercado. El horizonte de producción varía según el ritmo y tiempo de cada empresa.

Es importante tener en claro las diferencias principales entre el PAP y el PMP, para evitar confusiones y así lograr una correcta planificación de la producción. Autores como [38] mencionan esto al respecto:

- Menor horizonte temporal que el plan agregado, ya que este abarca, por ejemplo, 18 meses, y en cambio el PMP se limita a una fracción de este periodo.
- El PAP planifica la producción mensualmente, mientras que el PMP lo hace de manera más corta, como semanas o incluso días, según las políticas de la empresa.
- El PMP se deriva del plan agregado y especifica productos específicos, como las barras de chocolate de referencia A y B, en lugar de hablar de manera general sobre ellas.

Los horizontes de producción incluyen corto plazo (3-6 meses), medio plazo (6-12 meses) y largo plazo (más de un año). Este estudio se centra en el Plan Maestro de Producción (PMP) a corto plazo, crucial para adaptarse rápidamente a la demanda del mercado con ajustes flexibles, incluyendo períodos congelados para decisiones estratégicas futuras [43].

Capítulo III

Materiales y métodos

3.1. Enfoque y tipo de investigación

3.1.1. Enfoque o paradigma.

En el contexto del plan maestro de producción, los paradigmas en este proyecto hacen referencia a los enfoques fundamentales y las creencias que subyacen en la planificación y gestión de la producción en una empresa. Asencios [44] menciona algunos paradigmas comunes relacionados con el plan maestro de producción:

Paradigma de Eficiencia Operativa:

- Creencia Fundamental: La eficiencia en la producción es esencial para aumentar el nivel de los procesos productivos y reducir sus costos.
- Prácticas de Investigación: Enfoque en optimización para procesos, aceleración de los ciclos de producción y erradicación de residuos.

Paradigma de Sostenibilidad:

- Creencia Fundamental: La producción debe ser sostenible, considerando los impactos ambientales y sociales.
- Prácticas de Investigación: Integración de prácticas y tecnologías sustentables, como el uso adecuado de los recursos y la reducción de emisiones.

Paradigma de Flexibilidad y Adaptabilidad:

- Creencia Fundamental: La capacidad de adaptarse rápidamente a variaciones de pedidos y condiciones del mercado es crucial.
- Prácticas de Investigación: Enfoque en estrategias de producción flexibles, sistemas de fabricación ágiles y capacidad de respuesta a la variabilidad.

3.1.2. Tipo de investigación.

3.1.2.1. Investigación de campo.

Se lleva a cabo investigación de campo en el entorno donde se presenta el problema, específicamente en las instalaciones de la empresa ECU-ITALCOL S.A. “Planta Ibarra”, en el área de producción. Esta investigación se realiza con un enfoque no participante, donde el investigador actúa como un mero observador [45].

3.1.2.2. Investigación documental.

Se realiza investigación documental, donde se examinan de manera sistemática teorías y experiencias prácticas a partir de diversos tipos de documentos. Este método busca obtener resultados que puedan ser fundamentales para el avance en la creación científica [45].

3.2. Diseño de la investigación materiales, equipos y software

Tabla 1

Materiales, equipos y software a emplear en la investigación

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Libreta de campo	-	Laptop Acer Aspire 5	Microsoft Office 365
Equipo de Protección Individual (EPI)		Celular Poco X5 Pro 5G	Minitab Statistical Software
Mandil Universitario Ingeniería Industrial			Solver
Mascarilla de Filtro			Lucid Chart
			Google Forms
			Adobe Acrobat Reader

Nota. No se usaron materiales de laboratorio debido a que el enfoque del proyecto a realizarse es netamente a la planificación de producción, dejando de lado el apartado de calidad con sus respectivos laboratorios. Fuente. El Autor.

3.3. Métodos, técnicas e instrumentos

3.3.1. Métodos de investigación.

3.3.1.1. Investigación aplicada.

Utiliza un método de investigación aplicada, ya que aborda una situación problemática que necesita intervención y mejora, como el incumplimiento en la producción de pedidos para satisfacer la demanda del mercado y la sobreproducción. Comienza con un análisis sistemático de la insatisfacción tanto de clientes como de proveedores, y luego explora una teoría ampliamente aceptada que describe los problemas de producción y sobreproducción en la empresa ECUCOL S.A.

Para respaldar este enfoque de investigación, se propone utilizar métodos de investigación acción-participación, que implican una colaboración directa con el conglomerado empresarial afectado por la problemática [46].

3.3.1.2. Investigación exploratoria.

Es de naturaleza exploratoria, ya que su objetivo es recopilar e identificar antecedentes generales, cifras y datos cuantitativos, así como temas y aspectos relacionados con el incumplimiento de la demanda del producto en el mercado nacional y la sobreproducción del mismo [46].

3.3.1.3. Investigación descriptiva.

Es de naturaleza descriptiva, ya que facilita la comparación, estudio y descripción de modelos de comportamiento observados en variables como el pronóstico de la demanda, el volumen de producción mensual, las ventas mensuales y la capacidad de la planta [46].

3.3.2. Técnicas de investigación.

El presente proyecto adopta un enfoque cuantitativo, Krajewski *et al.* [47] mencionan varios parámetros, estos serán tomados en cuenta y acoplados al proyecto de investigación:

- Se emplearán datos numéricos de las ventas generadas por el producto. “Super Cerdo Levante Distribución” de la categoría “Línea Porcicultura” del periodo comprendido entre 2020 y 2023.
- Se desarrollará una reunión a los jefes departamentales y socios de las áreas involucradas de la organización.
- Se estimará la demanda futura del producto mencionado mediante un análisis de su tendencia en los últimos cuatro años.
- El plan maestro de producción se emplea para garantizar una fabricación eficiente y puntual, alineada con las previsiones de demanda y evitando excedentes innecesarios.

3.3.3. Instrumentos de investigación.

- **Base de datos:** Los datos recopilados por la empresa durante sus años de operación previos a la investigación son extensos y abarcan diversos aspectos del funcionamiento y rendimiento de la empresa.
- **Minitab Statistical Software:** Minitab es una herramienta estadística de amplio uso en la industria y la academia para analizar varias series de datos. Minitab es una herramienta útil para analizar datos históricos, simular escenarios futuros y optimizar la planificación de la producción [48].
- **Solver:** La función SOLVER de Excel facilita la obtención de la mejor solución para diversos problemas de toma de decisiones, considerando una medida de

rendimiento (función objetivo), parámetros, variables de decisión y limitaciones [49].

- **Microsoft Office 365:** Los programas fundamentales incluyen Word para redactar la investigación y Excel para crear registros, formatos de inventarios, planificar la producción, así como recopilar y elaborar pronósticos de demanda utilizando Minitab [50].
- **Smartphone:** Principalmente empleado para capturar fotografías que reflejan la situación inicial de la empresa en las áreas de producción, almacén y ventas.
- **Google Forms:** Herramienta que se implementará en la obtención de información de la organización utilizando preguntas claves las cuales, por su sistema, permitirá la tabulación de datos operacionales de una forma ágil [51].
- **Adobe Acrobat Reader:** Herramienta de ofimática que servirá para visualizar, imprimir, crear rubricas, compartir y anotar archivos en formato PDF. Se utilizará para visualizar los diferentes documentos usados para la elaboración de este proyecto [52].

3.4. Procedimiento y análisis de datos

3.4.1. Generalidades de ECU-ITALCOL S.A.

Este capítulo hará énfasis en la recolección de información histórica de la empresa ECU-ITALCOL S.A. por medio de entrevistas realizadas a los jefes departamentales y socios que conforman la compañía, además de la investigación documental (observación y reflexión), investigación exploratoria (antecedentes históricos e información empresarial) e investigación descriptiva (datos históricos), esto con el objetivo de determinar las diferentes problemáticas que tiene la empresa y las causas más frecuentes que los provocan.

3.4.1.1. Datos generales de la empresa.

La empresa Itacol establece su presencia en Ecuador en el 2011 denominándose ECU-ITALCOL S.A. es así pues como inicia sus operaciones en la planta industrial de la ciudad de Manta, con los factores de producción necesarios para suplir de alimentos peletizados y de mascotas hacia sus clientes, posterior a ello se trasladaría la planta de producción a Nobol, quedando la infraestructura de Manta como oficinas administrativas.

Años después se hace oficial el anuncio de que, como estrategia de expansión corporativa en Ecuador, se inaugura en el 2020 con 37 colaboradores, la vigésima planta industrial de alimentos balanceados para la ciudad de Ibarra, por lo tanto, esto marca un nuevo inicio dentro de la trayectoria histórica de la compañía [6].

Figura 4

Planta de Producción ECU-ITALCOL S.A. – San Miguel de Ibarra.



Nota. Vigésima Planta de Producción de Itacol en la ciudad de Ibarra. *Fuente:* Extraído de [6].

Esta planta de ECU-ITALCOL S.A. se dedica a la elaboración de balanceado para animales de granja, incluido alimentos concentrados. Además de la molienda de cereales, producción de harina a partir de: trigo, avena maíz y otros cereales [53].

A continuación, en la Figura 5 se muestra la ubicación satelital de la Planta de Producción, la misma que se encuentra situada en Ecuador, Imbabura, Ibarra-Vía Yuyucocha:

Figura 5

Ubicación de la Planta de Producción en Google Maps



Nota. La calle Hernán Gonzáles de Saa no se refleja en el mapa debido a configuraciones predefinidas de Google Maps que generan problemas al momento de hacer zoom. Fuente. Extraído de [54].

La empresa ECU-ITALCOL S.A. de la ciudad de Ibarra tiene una amplia gama de artículos dentro de su catálogo de alimentos concentrados, [53] menciona los distintos productos destinados para satisfacer con los pedidos de sus clientes en el norte del país y demás sectores:

Sus principales líneas de productos son:

- Línea Postura
- Línea Porcicultura
- Línea Pollo Engorde
- Línea Ganadería
- Línea Reproductoras

3.4.1.2. Misión.

La misión de ECU-ITALCOL S.A. se centra en satisfacer la demanda alimentaria, buscando constantemente mejorar la nutrición a través de una oferta de productos sostenibles desde el punto de vista social, económico y ambiental. Además, la empresa se compromete a mejorar continuamente el nivel de vida de la comunidad [55].

3.4.1.3. Visión.

La visión de ECU-ITALCOL S.A. consiste en ser el líder en el mercado de alimentos balanceados para animales en la región andina y centroamericana. Esto se logrará mediante la aplicación de altos estándares de calidad, la constante investigación y desarrollo de nuevos productos, la creación de valor, y asegurando la satisfacción de los clientes. Además, la empresa se compromete firmemente con responsabilidad social y ambiental hacia la comunidad y el país [55].

3.4.1.4. Valores corporativos.

En el contexto empresarial actual, las organizaciones exitosas se destacan no solo por sus productos y servicios, sino también por los principios y valores que orientan sus operaciones.

ECU-ITALCOL S.A. una entidad líder en la industria de alimentos para todas las especies pecuarias; es un ejemplo paradigmático de una entidad que ha consolidado su identidad corporativa en torno a valores sólidos y arraigados.

Los valores corporativos de esta organización son los cimientos sobre los cuales se construye su identidad empresarial. Estos estándares permiten a la empresa actuar con ética y transparencia, siendo fieles a sus principios, políticas y clientes. Se esfuerzan constantemente para superar retos y alcanzar metas, asumiendo con responsabilidad su propósito individual y colectivo. Es así como promueven el respeto por la pluralidad y la diversidad, fomentando relaciones profesionales saludables. Además, están comprometidos con la sostenibilidad, buscando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el desarrollo social para asegurar un futuro mejor [55].

3.4.1.5. Datos de elaboración del producto.

De los 37 colaboradores directos de ECU-ITALCOL S.A. Planta Ibarra, 28 de estos son considerados como socios de los diferentes departamentos involucrados (producción, almacén y ventas), y de estos 15 en el área de producción (13 obreros, 1 jefe y 1 asistente), esto para la elaboración del Plan Maestro de Producción (PMP). Estos han venido trabajando de manera conjunta para el desarrollo óptimo de la compañía. Sin embargo, debido al corto tiempo de funcionamiento de la fábrica en la ciudad de Ibarra, han existido inconvenientes al momento de realizar una correcta programación de producción en función de la demanda del cliente, conllevando así problemas en la cadena de suministro y dificultades en los procesos de producción.

Aun así, en las entrevistas realizadas se identificó que la principal línea en ventas de productos es la Línea Porcicultura, con una producción mensual de 18053 sacos de 40kg, la misma que ocupa alrededor del 43% de las ventas para julio de 2023, y esta tendencia se ha mantenido desde sus inicios hasta la fecha mencionada, esto a comparación de las demás líneas de productos.

En la Tabla 2 se evidencia la producción en sacos:

Tabla 2

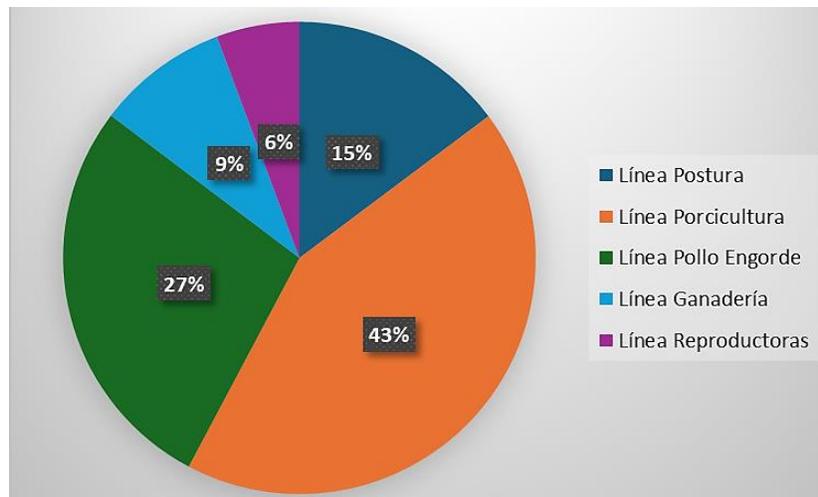
Producción Líneas de Productos de ECU-ITALCOL S.A.

Líneas de Productos	Sacos (40 Kg)
Línea Postura	6198
Línea Porcicultura	18053
Línea Pollo Engorde	11564
Línea Ganadería	3785
Línea Reproductoras	2384
Total	41984

Nota. Se puede observar que la Línea Porcicultura tiene una cantidad de 18053 sacos producidos, siendo así la mayor cantidad a diferencia de las otras líneas de productos. Fuente. El Autor.

Figura 6

Gráfica comparativa - Líneas de productos de ECU-ITALCOL S.A.



Nota. La Línea Porcicultura ocupa con el 43% de la producción en el mes de julio de 2023, siendo la mayor a diferencia del resto. Fuente. El Autor.

Es así como, al considerarse esta línea como la que más genera ventas y, por ende, la que más representa en producción y ganancias para la empresa, se ha procedido a realizar el proyecto de investigación con un enfoque en la gama estrella, la Línea Porcicultura.

Esta línea posee varios productos, en la Tabla 3 se observan las cantidades producidas en el mes de julio de 2023:

Tabla 3

Producción del mes de julio de 2023 de la Línea Porcicultura

Código	Línea	Producto	Sacos (40 Kg)
2121	Porcicultura	Súper Cerdo Levante Distribución	3453
2006	Porcicultura	Súper Cerdo Engorde	2175
2120	Porcicultura	Super Cerdo Levante Línea Blanca	1950
2130	Porcicultura	Super Cerdo Engorde Línea Blanca	1825
2004	Porcicultura	Súper Cerdo Levante	1600
2025	Porcicultura	Credito Iniciación	975
2009	Porcicultura	Cerdo Finalizador Naranja	975
2023	Porcicultura	Credito Preiniciador Fase II Premium	825
2010	Porcicultura	Súper Cerda Gestación	800
2012	Porcicultura	Súper Cerda Lactancia	775
2160	Porcicultura	Porcimix Cerdo Levante Engorde	700
2005	Porcicultura	Súper Cerdo Levante Medicado	575
2020	Porcicultura	Credito Preiniciador Fase I Premium	325
2131	Porcicultura	Super Cerdo Engorde Distribución	300
2036	Porcicultura	Súper Cerda Lactancia Primeriza	225
2161	Porcicultura	Porcimix Cerdo Finalizador	175
2038	Porcicultura	Cerda Reemplazo 30-75 Kg	150
2039	Porcicultura	Cerda Reemplazo 75-130 Kg	125
2162	Porcicultura	Porcimix Gestación	125
Total			18053

Nota. Los valores representados se encuentran aproximados para proteger la confidencialidad de la empresa y sus intereses. Fuente. El Autor.

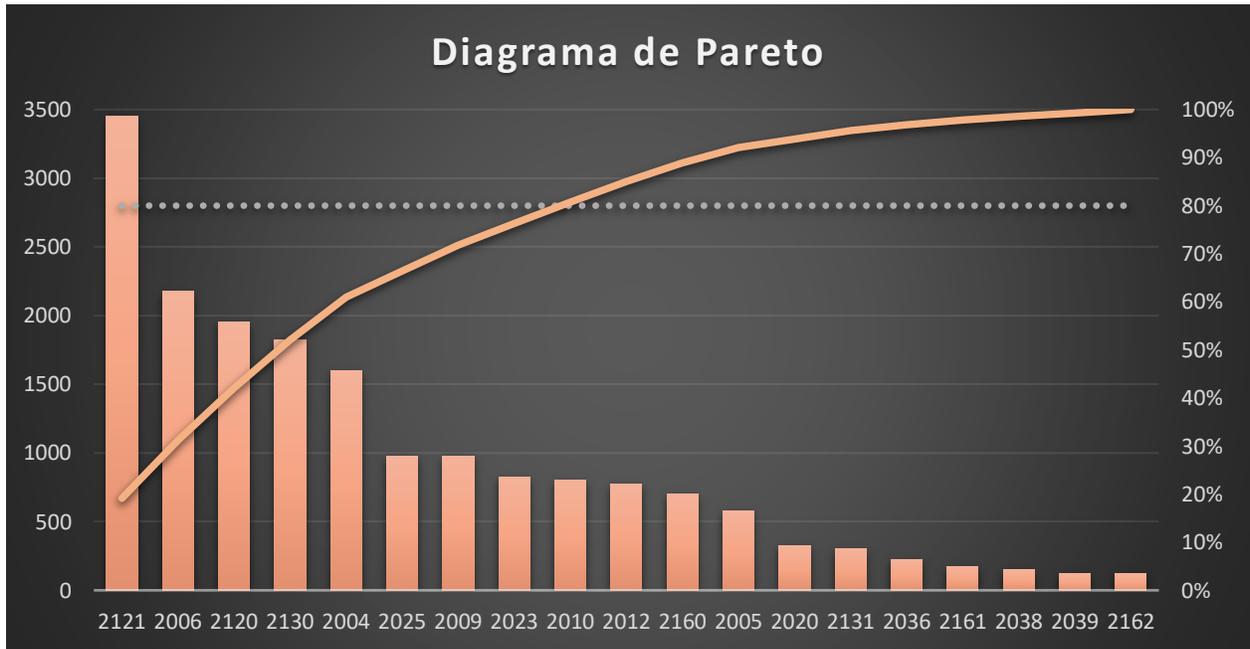
Cabe recalcar que los valores de producción se encuentran en función de los pedidos de los clientes, además la empresa al trabajar con el sistema de producción bajo pedido y stock debe tener en cuenta el historial de ventas respectivo de los periodos anteriores para las producciones futuras.

Es relevante destacar que los valores están expresados en número de sacos, cada uno de 40 kg. De esta manera, los departamentos involucrados se estandarizan en la unidad de medida que usarán en sus operaciones, lo que facilitará sus actividades laborales y, a su vez, garantizará coherencia al manejar la información de la compañía.

A continuación, se plasma el Diagrama de Pareto de los productos que conforman la Línea Porcicultura:

Figura 7

Diagrama de Pareto de la Línea Porcicultura Julio 2023



Nota. El nombre del producto se puede evidenciar en la Tabla 3 utilizando la codificación respectiva para cada artículo.

Es así como se observa que 9 productos conforman el 80% de la producción del mes de julio de 2023. Fuente. El

Autor.

3.4.1.6. Clasificación ABC.

Según los datos proporcionados por la empresa sobre la producción de la Línea Porcicultura en julio de 2023, se destaca que el producto Súper Cerdo Levante Distribución lidera en producción y ventas, siendo así la principal contribución a las ganancias de la compañía.

Esto se puede corroborar aplicando la metodología de Clasificación ABC para obtener la categorización A, B, C de los productos que conforman la Línea Porcicultura, y con ello distinguir el producto que genere mayor impacto y contribución económica en términos de ventas hacia la empresa. Para elaborar la Metodología ABC de la Línea Porcicultura, se consideró el costo unitario de venta por producto y la cantidad producida, permitiendo calcular la inversión y clasificar los artículos. Ver esta información en el Anexo 1.

A continuación, se muestra una tabla resumen de la clasificación ABC, con sus respectivos indicadores:

Tabla 4

Resumen clasificación ABC

Porcentaje	Zona	Número de elementos	% de artículos	% acumulado	% de inversión	%acumulado de inversión
0%-80%	A	9	47,37%	47,37%	73,59%	73,59%
80%-95%	B	4	21,05%	68,42%	20,18%	93,77%
95%-100%	C	6	31,58%	100,00%	6,23%	100,00%
Total		19	100%		100%	

Nota. Se evidencia que el número total de productos es de 19, y de estos 9 conforman la categoría A, 4 la categoría B y 6 la categoría C. Fuente. El Autor.

Analizando estos valores, se puede interpretar que la Línea Porcicultura abarca la mayor cantidad de ventas de la planta de producción, por lo tanto, el presente proyecto se enfocará en el producto más demandado de dicha línea, este mismo es el “Super Cerdo Levante Distribución”, saco con una presentación de 40 Kg.

3.4.1.7. Presentación del producto

La Línea Porcicultura de ECU-ITALCOL S.A. está comprometida con una producción porcícola respetuosa del medio ambiente. Su portafolio abarca enzimas, extractos vegetales y una mezcla de compuestos minerales y materias primas de alta digestibilidad, formuladas bajo el concepto de proteína ideal [56].

La presentación de los sacos se puede ver en la Figura 8:

Figura 8

Saco de 40 kg del producto Super Cerdo Levante Distribución



Nota. El valor del peso neto del saco de Super Cerdo Levante Distribución puede variar en ± 0.05 Kg. Fuente: [53].

3.4.1.8. Diagrama SIPOC.

El diagrama SIPOC es instrumento que facilita la visualización y comprensión de los componentes esenciales de un proceso, esta herramienta gráfica incluye información desde la fuente de materia prima, los procesos involucrados en la fabricación, el producto final y los clientes a los que se destina dicho producto [57].

Para una mejor comprensión de como son los procesos de la empresa ECU-ITALCOL S.A. “Planta Ibarra”, se precedió a realizar este diagrama de gestión de procesos, SIPOC, para la identificación y visualización de los elementos claves de cada proceso.

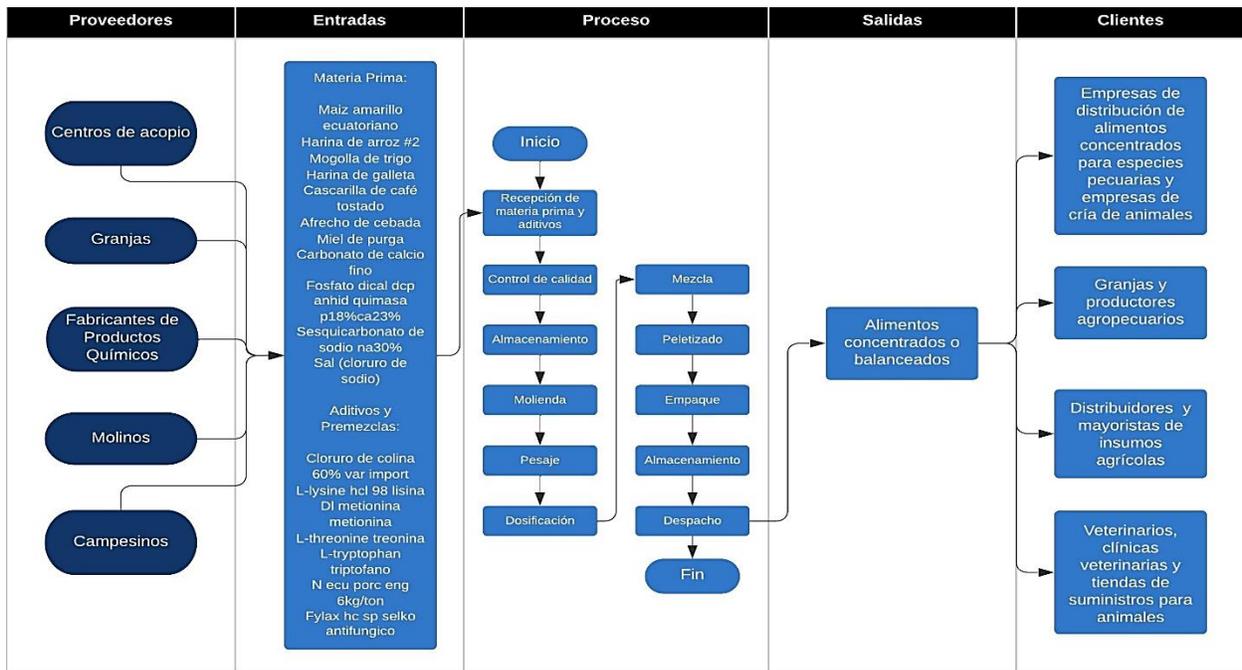
Las primera y segunda sección del diagrama muestran la categorización de proveedores y de materia prima, la tercera sección plasma la secuencia del flujo de proceso para obtener el alimento concentrado, y finalmente, en la sección final, se aborda una descripción de los principales clientes o destinatarios del producto.

Es importante señalar que la empresa no tiene proveedores establecidos, por lo que colabora con fabricantes de productos químicos, campesinos, granjas, centros de acopio y molinos de diversas regiones del país, e inclusive se contacta con proveedores del extranjero, con el objetivo de abastecerse de las materias primas esenciales para la producción. Del mismo modo, sus clientes están dispersos en la región de la Sierra y el Oriente, principalmente en empresas que comercializan y distribuyen alimentos para la cría de animales de granja, así como en compañías del sector lácteo y cárnico.

Seguidamente, en la Figura 9 se muestra el diagrama aplicado, el cual ofrece una gráfica detallada de los procesos analizados en el estudio. Este diagrama permite un entendimiento más claro y profundo de la estructura y la interrelación de los diferentes elementos estudiados:

Figura 9

Diagrama SIPOC de la compañía ECU-ITALCOL S.A. "Planta Ibarra"



Nota. Diagrama SIPOC del proceso operativo. Fuente: Elaborado a partir de [58]

En la identificación de los procesos inmersos en el Diagrama SIPOC se ocupan algunas máquinas industriales que son manuales, automatizadas y automatizada/manual (hombre/máquina), lo cual se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 5

Material de trabajo y mano de obra inmersa en el proceso productivo

Material de Trabajo	Tipo	Cantidad	Operadores
Molino	Manual	3	2
Premezclas	Manual	1	1
Dosificación	Manual	2	4
Mezcla	Automatizada	1	1
Peletizado	Automatizada	1	1
Empaque	Automatizada	1	3
Estibado	Manual	1	1

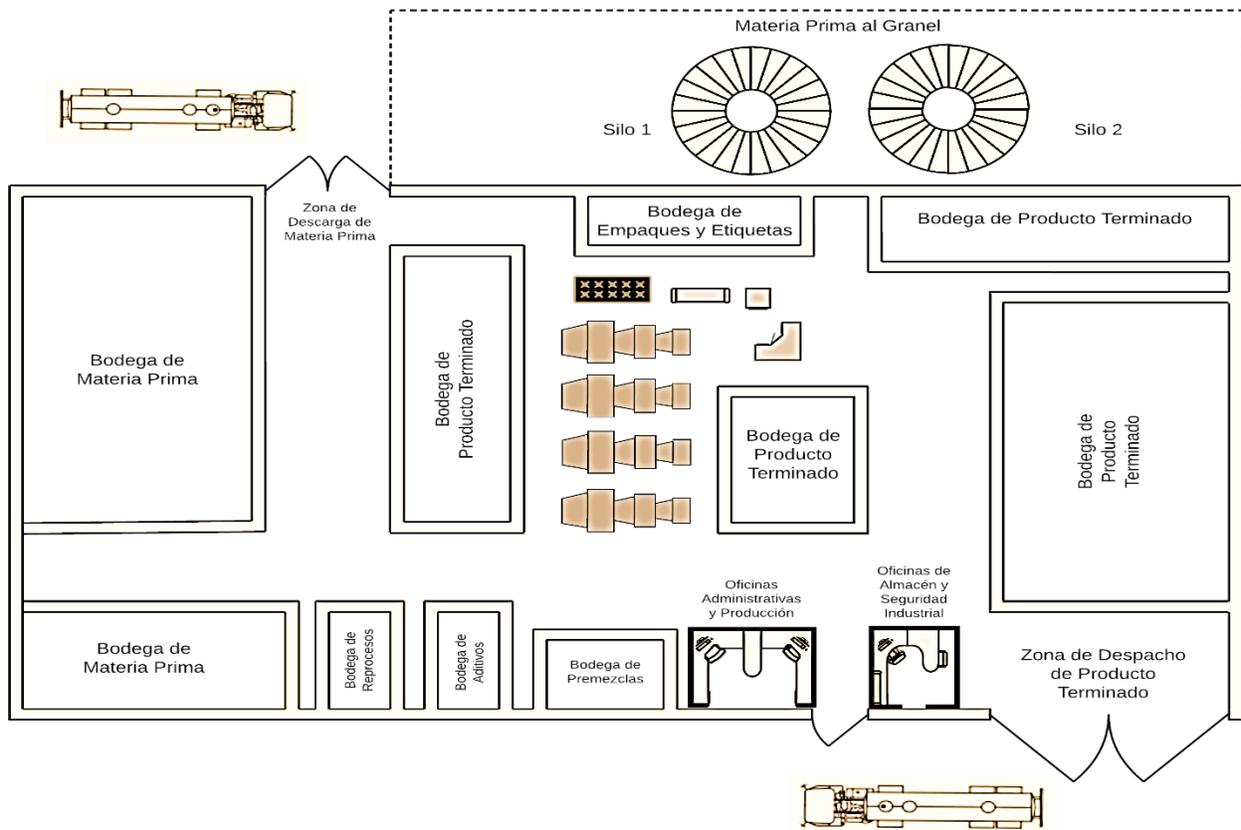
Nota. Son 13 operadores, supervisados y gestionados por el Jefe y Asistente de Producción. Fuente: El Autor.

3.4.1.9. Distribución de planta o Layout

La Figura 10 muestra las instalaciones sin divisiones físicas, asignando áreas específicas para la producción, almacenamiento de MP y PT, en línea con el tema de investigación.

Figura 10

Layout de ECU-ITALCOL S.A. Planta Ibarra



Nota. Distribución de planta o Layout de la planta de producción de Italcopol en la ciudad de Ibarra. Fuente. ECU-ITALCOL “Planta Ibarra”. Elaborado a partir de [53]

3.4.1.10. Planteamiento del problema con gráfico de Pareto.

Se hizo una entrevista al Gerente General y Jefes Departamentales de las áreas de producción, almacén y ventas; en la cual salió la presente lluvia de ideas.

Figura 11

Lluvia de ideas obtenidas de entrevista al Gerente General y Jefes Departamentales



Nota. Principales problemáticas obtenidas de la entrevista a los colaboradores de la empresa. Fuente: El Autor.

En la entrevista se señaló que las ventas iniciales de la planta eran buenas. Sin embargo, la pandemia complicó la producción y las ventas, causando excesos de stock, caducidad de productos y pérdidas económicas significativas.

Tras retomar con normalidad las actividades laborales después de la pandemia, la competencia en el sector pecuario se intensificó, con los principales productores buscando productos de calidad a precios accesibles debido al impacto económico del COVID-19. A pesar de las dificultades y la competencia, ECU-ITALCOL S.A. logró mantener clientes, reduciendo la incertidumbre en las ventas y generando una rentabilidad aceptable, aunque por debajo de las expectativas.

Al finalizar con la reunión se plasmó el número de veces correspondiente a cada problema y/o dificultad expuesta por cada integrante entrevistado.

Tabla 6

Frecuencia de los problemas recopilados en la entrevista

Causa/Problema/Fenómeno	Datos recolectados	Orden	
Incumplimiento en el pedido de los clientes	11	Poca capacidad de almacenamiento	12
Exceso de stock	9	Incumplimiento en el pedido de los clientes	11
Competencia nacional	5	Mala planificación de ventas	10
Poco tiempo de caducidad del producto	7	Exceso de stock	9
Negativa de modernizar los procesos	4	Poco tiempo de caducidad del producto	7
Poca capacidad de almacenamiento	12	Inconvenientes con los proveedores	6
Errores en facturación y despachos	3	Competencia nacional	5
Inconvenientes con los proveedores	6	Falta de stock	5
Mala planificación de ventas	10	Negativa de modernizar los procesos	4
Falta de stock	5	Errores en facturación y despachos	3

Nota. La columna orden representa la secuencia en el que se va a construir la frecuencia de valores. Fuente: El Autor.

Con los datos y su frecuencia respectiva de cada persona entrevistada, se llevó a cabo un Diagrama de Pareto para identificar el problema con mayor frecuencia acumulada respecto a los demás, señalando así el que requiere solución prioritaria.

Tabla 7

Información para el Diagrama de Pareto

	Posición concreta (Causas ordenadas)	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	%	% acumulado
1	Poca capacidad de almacenamiento	12	12	17%	17%
2	Incumplimiento en el pedido de los clientes	11	23	15%	32%
3	Mala planificación de ventas	10	33	14%	46%
4	Exceso de stock	9	42	13%	58%
5	Poco tiempo de caducidad del producto	7	49	10%	68%
6	Inconvenientes con los proveedores	6	55	8%	76%
7	Competencia nacional	5	60	7%	83%
8	Falta de stock	5	65	7%	90%
9	Negativa de modernizar los procesos	4	69	6%	96%
10	Errores en facturación y despachos	3	72	4%	100%

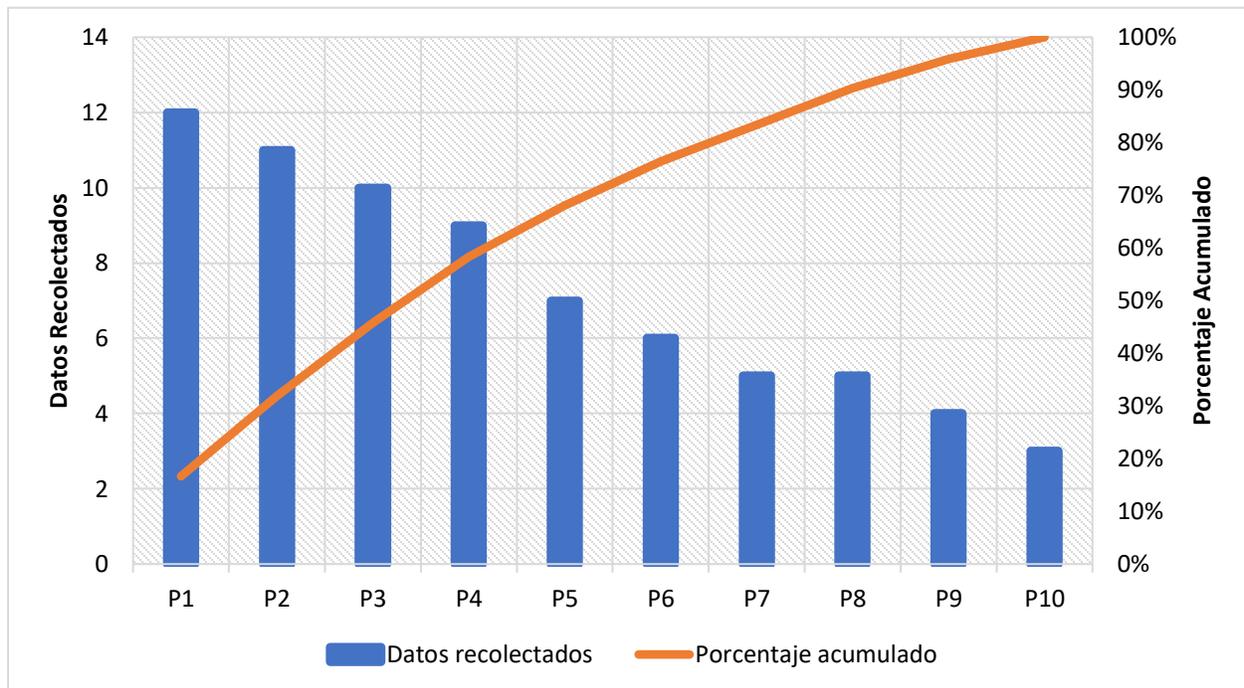
Nota. Los datos plasmados con su respectiva repetición se hicieron para continuar con la elaboración del Diagrama de Pareto. Fuente: El Autor.

Se procede a realizar el Gráfico de Pareto lo cual permite visualizar de manera efectiva la distribución de los datos según su frecuencia de ocurrencia. Este análisis revela claramente cuál es el problema que acumula la mayor frecuencia en comparación con los demás problemas detectados, proporcionando así una guía clara sobre cuál debe ser abordado como prioridad para su solución.

Esto se representa en la Figura 12:

Figura 12

Gráfica de Pareto



Nota. Los datos P1 a P10 son aquellos revisados en la Tabla 7. Fuente: Elaborado a partir de [59]

El gráfico de Pareto indica que el P1 (Poca capacidad de almacenamiento), P2 (Incumplimiento en el pedido de los clientes), P3 (Mala planificación de ventas), P4 (Exceso de stock), P5 (Poco tiempo de caducidad del producto) y P6 (Inconvenientes con los proveedores), son los más críticos y se debe atacar por medio de la planificación de la producción.

Capítulo IV

Resultados y análisis

Pronóstico de la demanda

4.1. Recopilación de datos históricos

En el caso de la empresa ECU-ITALCOL S.A. de la ciudad de Ibarra, el Gerente General juntamente con el Jefe de Producción facilitó la información sobre la serie histórica de producción que se realizó en función de los pedidos demandados, los mismos que son manejados por el departamento de ventas, esto desde el año de inauguración de la planta de producción, es decir, desde el 2020.

Por interés del PAP y PMP, se estudió la serie de tiempo mensual del producto Super Cerdo Levante Distribución de la Línea Super Porcicultura desde agosto de 2020 hasta julio de 2023, debido a que como se vio en capítulos anteriores este producto representa el artículo mayor vendido y el que genera mayores ganancias para la fábrica.

Cabe recalcar que, desde el momento de la inauguración de la planta, se ha tratado de llevar un registro óptimo de los datos que se tenían en la fabricación del producto mencionado, esto con el objetivo de llevar un control más eficiente, el mismo que permita transparentar los pedidos que sus clientes solicitan; además de servir como base para las siguientes ordenes de producción.

A continuación, en la Tabla 8 se muestran los datos históricos mes a mes del producto anteriormente mencionado:

Tabla 8*Datos históricos del Super Cerdo Levante Distribución*

Meses	Año 2020/ Sacos (40 Kg)	Meses	Año 2021/ Sacos (40 Kg)	Meses	Año 2022/ Sacos (40 Kg)	Meses	Año 2023/ Sacos (40 Kg)
Agosto	2009	Enero	4005	Enero	5048	Enero	1513
Septiembre	2753	Febrero	4635	Febrero	4565	Febrero	1593
Octubre	2905	Marzo	5265	Marzo	5415	Marzo	2133
Noviembre	3013	Abril	5175	Abril	6213	Abril	3305
Diciembre	3600	Mayo	5490	Mayo	6138	Mayo	3285
		Junio	6280	Junio	2335	Junio	2935
		Julio	3783	Julio	2838	Julio	3453
		Agosto	4533	Agosto	1940		
		Septiembre	4048	Septiembre	2630		
		Octubre	4640	Octubre	3473		
		Noviembre	5088	Noviembre	4068		
		Diciembre	5270	Diciembre	4640		

Nota. Se representan los datos históricos mes a mes, estos en sacos de 40 Kg cada uno, se maneja de esta manera por interés de la compañía. Fuente. El Autor.

La planta de producción de ECU-ITALCOL S.A. trabaja en base al sistema de producción bajo pedido y para stock, es por ello por lo que existen variaciones de algunos meses en la producción del Super Cerdo Levante Distribución.

Es así como en la Figura 13 se representa la serie de tiempo de producción del producto antes mencionado:

4.2. Promedio móvil ponderado

Al observar la gráfica de producción del super cerdo levante distribución , se evidencia que son datos constantes por lo que se procedió a utilizar el promedio móvil ponderado para realizar el análisis respectivo.

En esta estrategia, se utilizan ponderaciones que se basan en un análisis subjetivo de la importancia relativa de los datos más recientes y los más antiguos. Esto implica dar mayor peso a los valores recientes cuando se considera que son más relevantes para el análisis de tendencias. En este enfoque, se considera que el pasado más cercano es el mejor indicador para predecir el futuro, por lo que se le asigna una ponderación más alta.

Para este método se utilizó las siguientes ponderaciones, utilizando el software Microsoft Excel 365 y la herramienta Solver:

Tabla 9

Ponderaciones o pesos utilizados en el Promedio Móvil Ponderado

Periodo (t)	Pesos Ponderación (w)
1	0,00
2	0,09
3	0,91
Sumatoria (Σ)	1,00

Nota. Las ponderaciones se obtuvieron con la herramienta Solver y se consideró al periodo más reciente con mayor peso, puesto que es un indicador clave para el pronóstico del siguiente periodo. Fuente. El Autor.

Una vez considerados los pesos a utilizar, se procede a calcular el pronóstico en función de los pedidos o demanda de los 33 meses de producción que se observan en la Tabla 8, desde el mes de noviembre de 2020 hasta el mes de julio de 2023, esto es porque el promedio móvil ponderado que se aplicó considera como referencia para el pronóstico los 3 primeros periodos (meses) de producción para calcular la demanda futura del siguiente mes, estos resultados se pueden observar en el Anexo 2.

Los resultados de las medidas del error del método aplicado se muestran en la Tabla 10:

Tabla 10

Medidas de error del Promedio Móvil Ponderado

MAE o MAD	737	Error Absoluto Medio
MSE o MSD	1207462	Error Cuadrático Medio
MAPE	25%	Error Porcentual Absoluto Medio

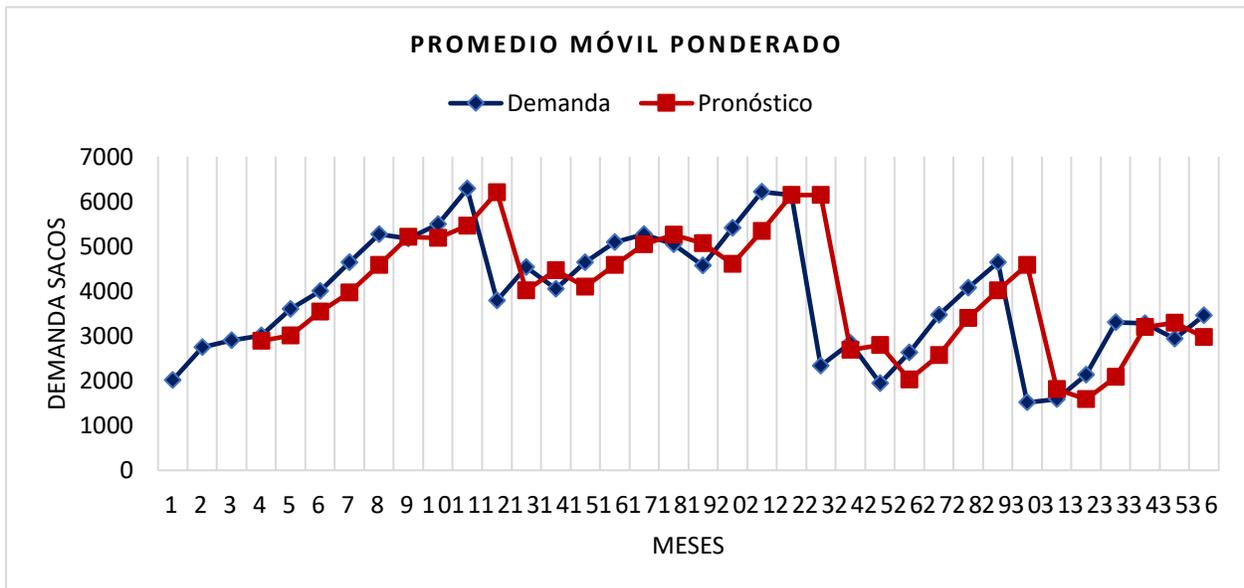
Nota. Se puede evidenciar que se tiene un valor considerable en el MAE o MAD de 737 de Error Absoluto Medio.

Fuente: El Autor.

Una vez obtenidos los resultados, se compara el comportamiento de demanda pronosticada con la demanda real mediante un gráfico de líneas. Aunque los datos se ajustan moderadamente, es necesario comparar este pronóstico con los otros métodos predictivos para elegir el óptimo, y esto se hará en base a la medida de error del MAE o MAD.

Figura 14

Demanda vs Pronóstico en el Promedio Móvil Ponderado



Nota. Pronóstico a partir de noviembre 2020 hasta el mes de julio de 2023. Fuente: El Autor.

4.3. Suavización exponencial simple

Este método permite obtener el ajuste predictivo de la demanda a partir de las medidas del error, mediante la manipulación la variable Alpha α , el mismo que mediante el uso de la herramienta Minitab será encontrado. Este software nos ayudará a encontrar el valor del coeficiente exponencial Alpha α más ajustado a las restricciones de este método, además proporciona con mayor exactitud los pronósticos de los siguientes meses.

Al realizar los cálculos correspondientes se determinará las medidas del error del pronóstico aplicado, los mismos que nos permitirán observar el comportamiento del pronóstico a lo largo de la demanda.

Cabe recalcar que, para el cálculo del pronóstico de la demanda mediante el método de suavización exponencial simple se consideró las 36 observaciones y los resultados fueron variando según el coeficiente Alpha, estos se observan de manera completa en el Anexo 3.

Posterior al cálculo del pronóstico, se obtuvo las medidas de error del pronóstico de la demanda en donde el MAE o MAD son valores más bajos a comparación del método de promedio móvil ponderado y, por ende, es más acertado hacia la demanda real, no obstante, aún se debe comparar con los demás métodos.

Según la herramienta Minitab, el coeficiente exponencial PME (Alpha) nos arroja un valor de $\alpha = 0,818821$, este valor se encuentra dentro de las restricciones de este método

Tabla 11

Medidas de error de la Suavización Exponencial Simple

MAE o MAD	723	MAE: (Error Absoluto Medio)
MSE o MSD	1116483	MSE: (Error Cuadrático Medio)
MAPE	25%	MAPE: (Error Porcentual Absoluto Medio)

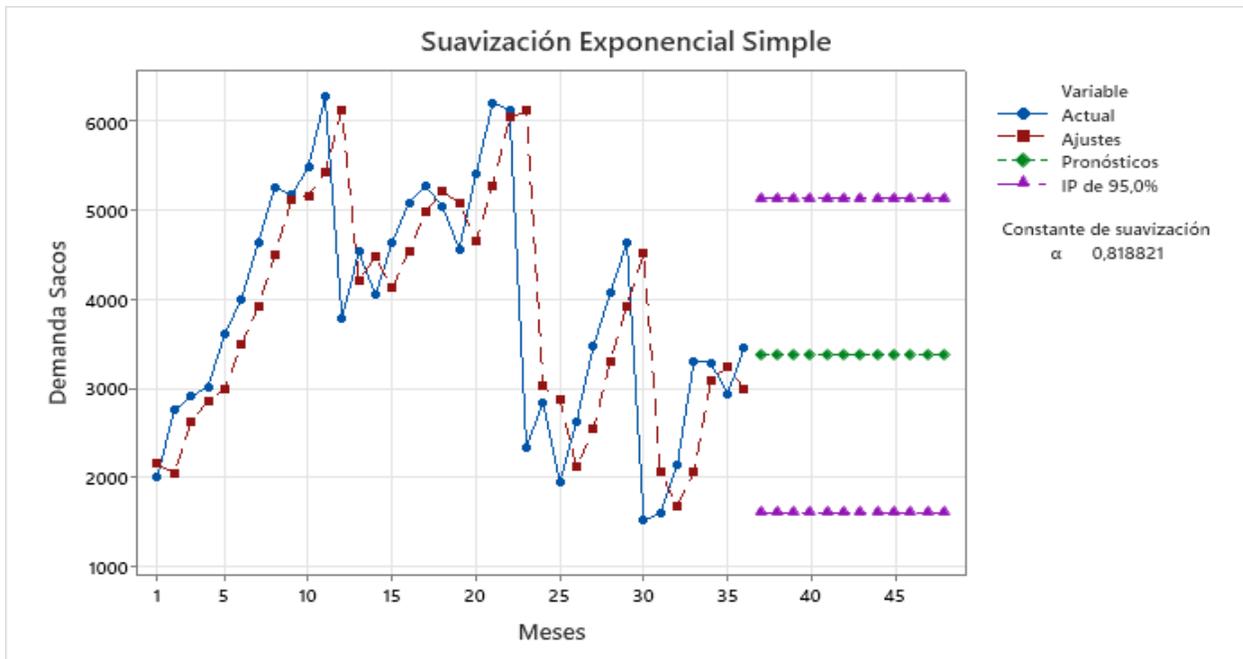
Nota. Se puede evidenciar que se tiene un MAE o MAD de 723 de Error Absoluto Medio. Fuente: El Autor.

Una vez obtenidos los resultados, se compara los resultados de la demanda pronosticada con la real mediante un gráfico. Sin embargo, es necesario comparar el valor del MAE o MAD con otros métodos de pronóstico para tomar la decisión correcta sobre cuál elegir.

En la siguiente gráfica lineal se puede evidenciar la demanda y el pronóstico calculado, y se tiene la siguiente comparativa:

Figura 15

Demanda vs Pronóstico en la Suavización Exponencial Simple



Nota. El pronóstico y la demanda se ajustan de mejor manera a comparación del promedio móvil ponderado. Fuente: El Autor.

4.4. Suavización exponencial doble o método de Holt

En este método se analiza la tendencia y el nivel la cual es representada por Gamma γ & Alpha α respectivamente, además de contar con la Ciclicidad p , estas también son determinadas por el software Minitab [60].

Estos valores se evidencian en la Tabla 12:

Tabla 12

Ponderaciones o pesos utilizados en la Suavización Exponencial Doble

α	0,869739	Nivel
γ	0,010000	Tendencia
ρ	1	Ciclicidad

Nota. Se tiene tres ponderaciones, las mismas que fueron encontradas por la herramienta Minitab, y como podemos ver no tiene tendencia significativa. Fuente. El Autor.

Los coeficientes Gamma γ & Alpha α deben dar las medidas con menores errores para asegurar que el modelo de pronóstico sea el más apropiado para utilizar, esto se evidencia en el Anexo 4.

Una vez aplicado el método se tiene valores de las medidas del error, los mismos que van a servir para la toma del mejor método de pronósticos.

Esto se plasma en la Tabla 13:

Tabla 13

Medidas de error de la Suavización Exponencial Doble

MAE o MAD	785	MAE: (Error Absoluto Medio)
MSE O MSD	1293010	MSE: (Error Cuadrático Medio)
MAPE	28%	MAPE: (Error Porcentual Absoluto Medio)

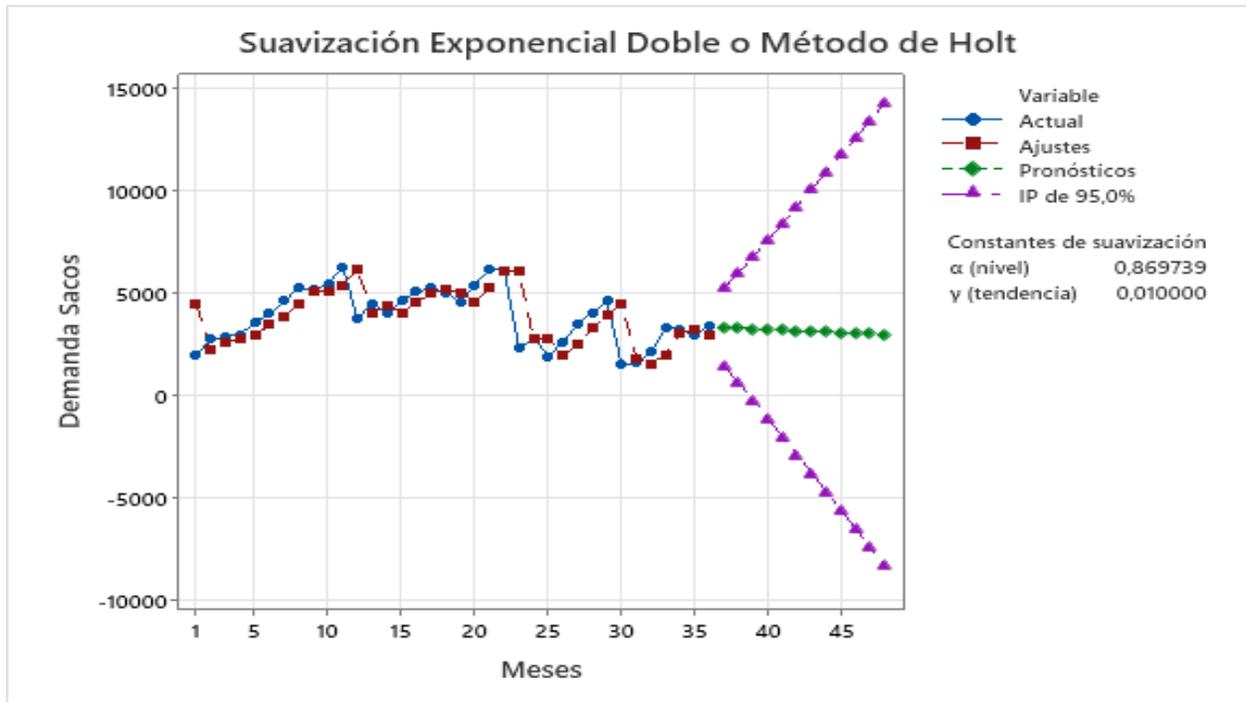
Nota. Se puede evidenciar que se tiene un valor más alto en el MAE o MAD de 785. Fuente: El Autor.

El valor del MAE o MAD resultó ser el valor más alto a comparación de los anteriores métodos. Ahora se procede a comparar mediante una gráfica de líneas el comportamiento de la demanda real versus la pronosticada.

Esto se puede evidenciar en la Figura 16:

Figura 16

Demanda vs Pronóstico en la Suavización Exponencial Doble



Nota. Se observa que los valores pronosticados no son aún tan acertados como se quisiese, por lo que se debe seguir comparando con el siguiente método. Fuente: El Autor.

4.5. Suavizamiento exponencial triple o método de Holt-Winters

Este método avanzado permite realizar pronósticos en situaciones donde los datos presentan tanto una tendencia con estacionalidad. Para ello, se utiliza tres constantes: Nivel, Tendencia y Estacional, representadas con los símbolos α , γ , δ , respectivamente. Al igual que en la metodología de suavización exponencial doble, que aborda el nivel de los datos y su tendencia, aquí también se incluye la constante δ para reflejar la estacionalidad. Es importante que los valores de estas constantes estén comprendidos entre cero y uno.

Para este método se utilizarán las siguientes ponderaciones de las constantes anteriormente mencionadas:

Tabla 14*Ponderaciones o pesos utilizados en el Método de Holt-Winters*

α	1,00	(Nivel)
γ	0,20	(Tendencia)
δ	0,30	(Estacional)

Nota. Se tiene tres ponderaciones, las mismas que fueron encontradas por la herramienta Minitab, y como podemos ver posee cierta tendencia , pero si mayor estacionalidad y un considerado nivel. Fuente. El Autor.

En el resultado se va a analizar las medidas del error del MAE o MAD del método aplicado, estos resultados se pueden evidenciar en el Anexo 5, se debe considerar que para ser elegido como el óptimo, debe ser el menor valor a comparación de los demás métodos para el cálculo del pronóstico.

Una vez analizados estos indicadores de desempeño en las medidas de los errores de los modelos usados para calcular los pronósticos de la demanda, se escogerá el valor menor en el MAE o MAD, así para seguir con la elaboración del PAP y PMP.

Tabla 15*Medidas de error de la Suavización Exponencial Triple o Método de Winters*

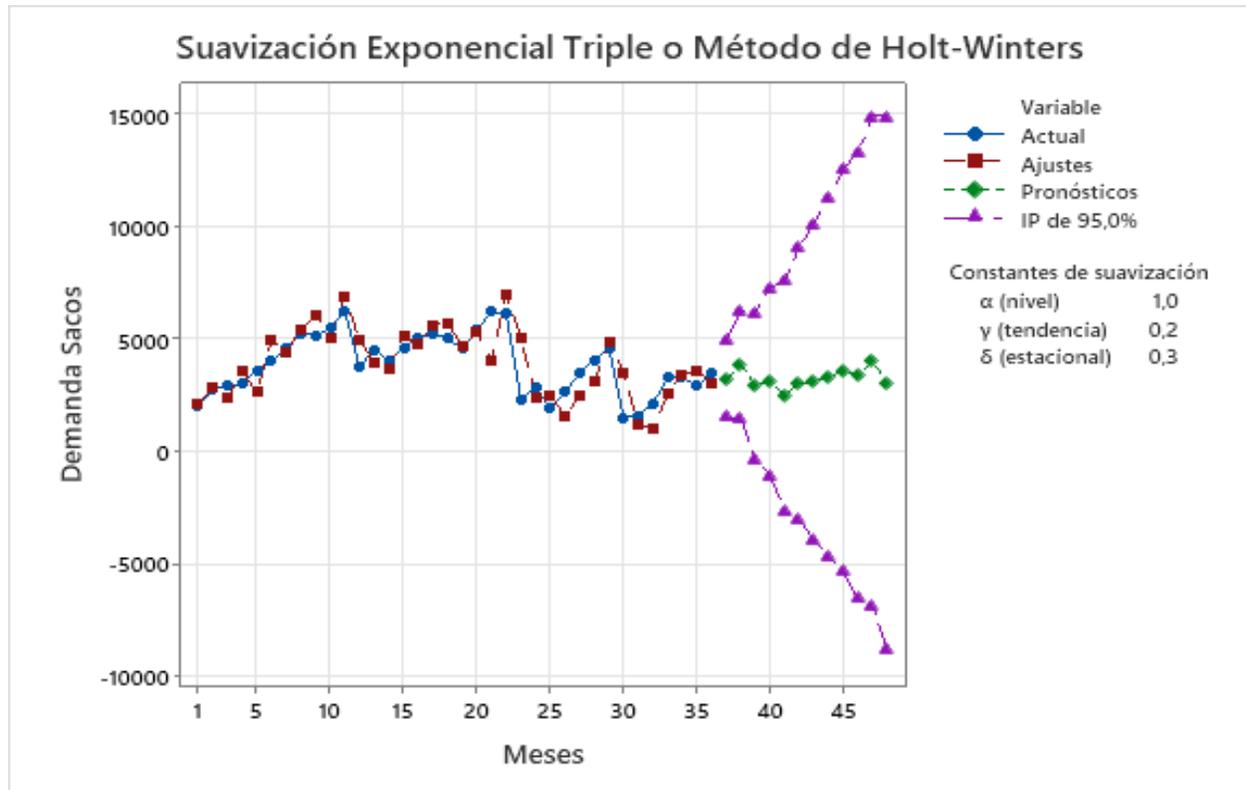
MAE o MAD	696	MAE: (Error Absoluto Medio)
MSE O MSD	821025	MSE: (Error Cuadrático Medio)
MAPE	22%	MAPE: (Error Porcentual Absoluto Medio)

Nota. El valor del MAE o MAD es de 696, el cual corresponder al valor más bajo de todos. Fuente: El Autor.

De esta manera, se procede a analizar la demanda real vs la demanda pronóstico, mediante la gráfica proporcionada por el software Minitab:

Figura 17

Demanda vs Pronóstico en el Método de Winters



Nota. Se observa que los valores pronosticados son muy acertados, esto es un gran indicador para la elección de este método, tiene un MAE de 696. Fuente: El Autor.

4.6. Comparativa métodos del pronóstico de la demanda aplicados

Tras analizar los cuatro métodos aplicados, se concluye que el mejor es la Suavización Exponencial Triple o Método de Holt-Winters. Este modelo proporciona valores futuros menos variables en comparación con la demanda de la fábrica y tiene un valor de determinación muy favorable, lo que facilita la planificación mensual de la producción del producto Super Cerdo Levante Distribución, utilizando datos de demanda desde 2020 hasta 2023.

En la Tabla 16, se muestra una comparativa sobre las medidas del error de los diferentes métodos de pronósticos aplicados:

Tabla 16*Comparativa indicadores de error de los modelos aplicados*

Promedio Móvil Ponderado		
MAE o MAD	737	MAE o MAD: (Error Absoluto Medio)
MSE o MSD	1207462	MSE o MSD: (Error Cuadrático Medio)
MAPE	25%	MAPE: (Error Porcentual Absoluto Medio)
Suavización Exponencial Simple		
MAE o MAD	723	MAE: (Error Absoluto Medio)
MSE o MSD	1116483	MSE: (Error Cuadrático Medio)
MAPE	25%	MAPE: (Error Porcentual Absoluto Medio)
Suavización Exponencial Doble O Método De Holt		
MAE o MAD	785	MAE: (Error Absoluto Medio)
MSE o MSD	1293009	MSE: (Error Cuadrático Medio)
MAPE	28%	MAPE: (Error Porcentual Absoluto Medio)
Suavizamiento Exponencial Triple O Método De Holt-Winters		
MAE o MAD	696	MAE: (Error Absoluto Medio)
MSE o MSD	821026	MSE: (Error Cuadrático Medio)
MAPE	22%	MAPE: (Error Porcentual Absoluto Medio)

Nota. Se ratifica que el Método de Winters, es el adecuado, ya que se ajusta a la demanda real del Super Cerdo Levante

Distribución. Fuente: El Autor.

Como se puede observar, Holt-Winters es efectivamente el mejor, con un MAE o MAD de 696. Este valor es el menor en comparación con los demás modelos de pronóstico de la demanda.

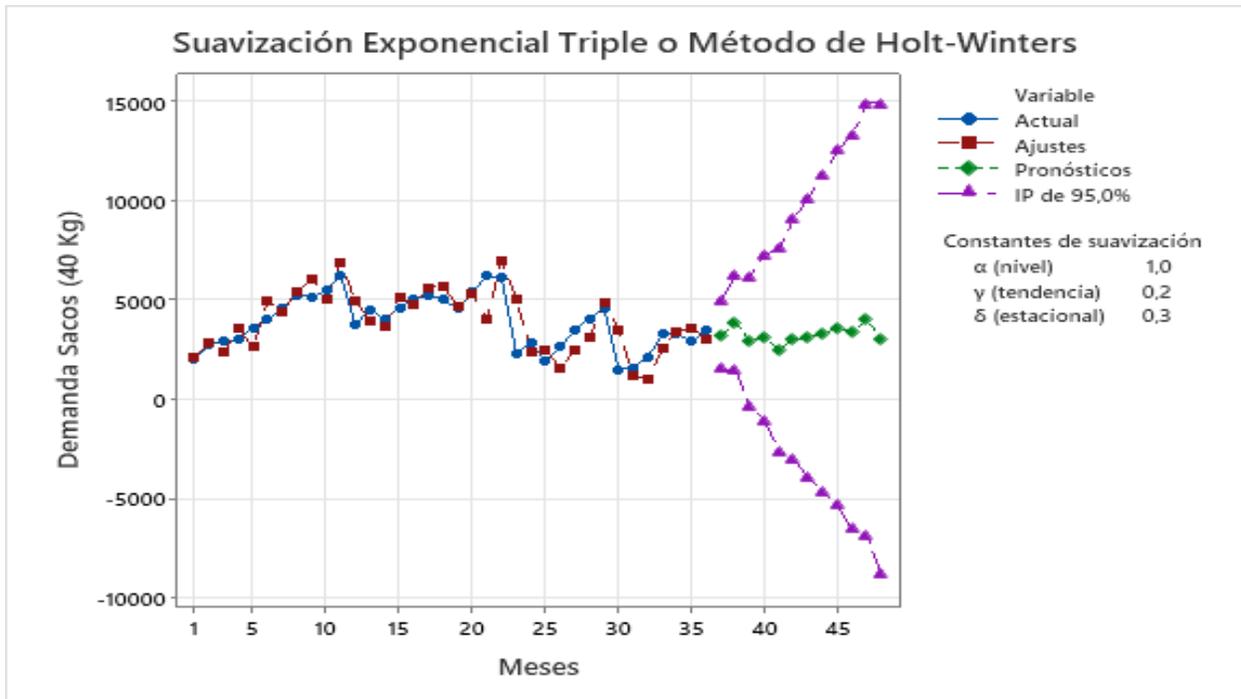
Diseño del plan agregado de producción y plan maestro de producción

5.1. Pronóstico de la demanda

En función de lo antes mencionado, se elabora el plan agregado de producción, y posterior el PMP, partiendo de los pronósticos futuros del método de Holt-Winters.

Figura 18

Indicador gráfico del comportamiento entre la demanda real y la pronosticada



Nota. El valor pronosticado indica una semejanza muy acertada a la demanda real del Super Cerdo Levante Distribución a lo largo de la línea de tiempo de producción. Fuente: El Autor.

En base al pronóstico calculado, se trabajará con los datos obtenidos, ya que muestran la mayor proximidad a los valores reales. El plan agregado de producción se desarrollará a mediano plazo, abarcando los 12 meses siguientes a la última orden de producción, como se muestra en la Tabla 17:

Tabla 17*Demanda pronosticada a partir del mes de agosto 2023 hasta julio de 2024*

Mes	Periodo	Pronósticos
m	t	Ft
ago-23	1	3239
sep-23	2	3855
oct-23	3	2922
nov-23	4	3115
dic-23	5	2480
ene-24	6	3052
feb-24	7	3099
mar-24	8	3356
abr-24	9	3602
may-24	10	3379
jun-24	11	4021
jul-24	12	3047

Nota. Se tienen 12 periodos de pronósticos. Fuente: El Autor.

5.2. Plan agregado de producción

Bajo el sistema de trabajo de producción de la empresa, el mismo que es bajo pedido y para stock, se ha considerado la aplicación de los siguientes métodos para la elaboración del plan agregado de producción, el mismo que será realizado en un horizonte de tiempo de 12 meses, esto para garantizar decisiones asertivas a mediano plazo y además una adecuada producción dentro de las condiciones de mercado que se maneja ECU-ITALCOL S.A. Planta Ibarra.

Los datos que serán empleados en los métodos subsiguientes de planificación agregada fueron proporcionados por los líderes departamentales de la organización, quienes representan las áreas clave involucradas en este proyecto de investigación; estas áreas incluyen almacén, producción y ventas.

5.2.1. Método de fuerza de trabajo constante

El modelo de fuerza de trabajo constante implica fijar un número estandarizado de obreros para los periodos de producción planificados. Esto conlleva a la existencia tanto de inventario

como de faltantes de producto. Los costos en este método surgen por los gastos asociados al almacenamiento y los productos faltantes.

A continuación, se muestran los datos iniciales; donde se destaca el costo por almacenamiento y el costo por faltante, para poder trabajar con el método mencionado:

Tabla 18

Datos iniciales del PAP-Método de Fuerza de Trabajo Constante

Producción promedio por obrero	17	diario
Obreros actuales iniciales	13	obreros
Inventario inicial	423	sacos
Costo diario de mano de obra	\$ 21,81	\$/diario
Costo de contratar un obrero	\$ 709,88	\$/obrero
Costo de despedir un obrero	\$ 2.750,00	\$/obrero
Costo de almacenar	\$ 0,46	\$/saco
Costo de faltante	\$ 11,69	\$/saco
Horas jornada laboral	8	horas

Nota. En este método resaltan el costo de almacenar y el costo de faltante por saco. Fuente: El Autor.

Una vez realizado los cálculos correspondientes se han obtenido los siguientes costos:

Tabla 19

Resultados PAP-Método de Fuerza de Trabajo Constante

Costos obreros despedidos	\$ 11.000
Costo mano de obra	\$ 49.465
Costo por almacenar	\$ 2.703
Costo por faltantes	\$ 7.716
Costo total	\$ 70.883

Nota. Se evidencian los subcostos y el costo total del método de fuerza de trabajo constante. Fuente: El Autor.

Los cálculos detallados y los resultados de la aplicación de este método se encuentran disponibles en el Anexo 6, mostrando un costo total de \$70.883. Este resultado se debe comparar con los obtenidos mediante los otros métodos para elegir el mejor método de planeación agregada y así empezar con la creación del plan maestro de producción.

5.2.2. Método de fuerza de trabajo mínima con subcontratación

En este método, se establece una fuerza laboral mínima basada en el periodo con una demanda proyectada mínima. Los obreros disponibles solo cubrirán las ordenes de producción de ese periodo. La demanda adicional se atenderá mediante subcontratación, no se toma en cuenta los inventarios. Este modelo ayuda a minimizar los costos relacionados con la contratación y despido de personal y puede resultar efectivo al momento de tratar con variaciones estacionales significativas en la demanda.

A continuación, se muestran los datos iniciales, donde se destaca el costo por almacenamiento y el costo por subcontratación; para poder trabajar con el método mencionado:

Tabla 20

Datos iniciales PAP-Método de Fuerza de Trabajo Mínima con Subcontratación

Producción promedio por obrero	17	diario
Obreros actuales iniciales	13	obreros
Inventario inicial	423	sacos
Costo diario de mano de obra	\$ 21,81	\$/diario
Costo de contratar un obrero	\$ 709,88	\$/obrero
Costo de despedir un obrero	\$ 2.750,00	\$/obrero
Costo de almacenar	\$ 0,46	\$/saco
Costo de subcontratación	\$ 1,20	\$/saco
Horas jornada laboral	8	horas

Nota. En este método se considera en especial el costo por almacenar y el costo por subcontratación por unidad.

Fuente: El Autor.

Una vez realizado los cálculos correspondientes se han obtenido los siguientes costos:

Tabla 21*Resultados PAP-Método de Fuerza de Trabajo Mínima con Subcontratación*

Costos obreros contratados	\$ -
Costos obreros despedidos	\$ 16.500
Costo mano de obra	\$ 38.473
Costo de almacenar	\$ -
Costo por subcontratación	\$ 10.507
Costo total	\$ 65.480

Nota. Se evidencian los subcostos y el costo total del método de fuerza de trabajo mínima con subcontratación. Fuente:

El Autor.

Los cálculos detallados y los resultados del modelo aplicado se encuentran disponibles en el Anexo 7, mostrando un costo total de \$65.480. Como se puede observar este método tiene un costo menor a comparación del método de fuerza de trabajo constante, sin embargo, se debe comparar con los restantes para elegir el más óptimo y el que obtenga menos costos para la empresa.

5.2.3. Método de fuerza de trabajo constante con horas extras

El modelo de fuerza de trabajo constante incluyendo horas extras, es una técnica utilizada en la planeación agregada de producción para diligenciar de forma óptima la capacidad de producción y el personal. En este método, se mantiene una constante fuerza de trabajo durante todo el período de planificación, permitiendo el uso de horas extras para manejar picos de demanda o variaciones en la carga de trabajo.

A continuación, se muestran los datos iniciales, donde se destaca el costo por almacenamiento, el costo por faltante y el costo por hora extra; para poder trabajar con el método mencionado:

Tabla 22*Datos iniciales PAP-Método de Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras*

Producción promedio por obrero	17	diario
Obreros actuales iniciales	13	obreros
Inventario inicial	423	sacos
Costo diario de mano de obra	\$ 21,81	\$/diario
Costo de hora extra	\$ 2,89	\$/hora
Costo de contratar un obrero	\$ 709,88	\$/obrero
Costo de despedir un obrero	\$ 2.750,00	\$/obrero
Costo de almacenar	\$ 0,46	\$/saco
Costo de faltante	\$ 11,69	\$/saco
Horas jornada laboral	8	horas

Nota. En este método se considera en especial el costo por almacenar , el costo por faltante y el costo de hora extra.

Fuente: El Autor.

Una vez realizado los cálculos correspondientes se han obtenido los siguientes costos:

Tabla 23*Resultados PAP-Método de Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras*

Costos obreros contratados	\$ -
Costos obreros despedidos	\$ 10.608
Costo mano de obra	\$ 50.248
Costo de almacenar	\$ 3.629
Costo de horas extra	\$ 16
Costo total	\$ 64.501

Nota. Se evidencian los subcostos y el costo total del método de fuerza de trabajo mínima con horas extras. Fuente:

El Autor

Los cálculos de este método se pueden observar en el Anexo 8, en donde se refleja un costo total de \$64.501, este resultado hasta el momento es el menor a comparación de todos los métodos de planeación agregada.

5.2.4. Método de estrategia mixta

Para este método, se combinará elementos de las estrategias de persecución y nivelación de la demanda, con el objetivo de gestionar correctamente el rendimiento de producción y del

personal de planta, ofreciendo una mayor flexibilidad en comparación con los métodos tradicionales.

En la Tabla 24, se muestran los datos iniciales, donde se destaca el costo por almacenamiento, el costo por hora extra, el costo por contratar y despedir un obrero:

Tabla 24

Datos iniciales PAP-Método de Estrategia Mixta

Producción promedio por obrero	17	diario
Obreros actuales iniciales	13	obreros
Inventario inicial	423	sacos
Costo diario de mano de obra	\$ 21,81	\$/diario
Costo de contratar un obrero	\$ 709,88	\$/obrero
Costo de despedir un obrero	\$ 2.750,00	\$/obrero
Costo de almacenar	\$ 0,46	\$/saco
Costo de hora extra	\$ 2,89	\$/hora
Horas jornada laboral	8	horas

Nota. En este método se considera en especial el costo por almacenar , el costo por hora extra y los costos asociados al obrero. Fuente:

El Autor.

Una vez realizado los cálculos correspondientes se han obtenido los siguientes costos:

Tabla 25

Resultados PAP-Método de Estrategia Mixta

Costos obreros contratados	\$ 6.389
Costos obreros despedidos	\$ 38.500
Costo mano de obra	\$ 50.708
Costo de almacenar	\$ 3.099,15
Costo de horas extra	\$ -
Costo total	\$ 98.696

Nota. Se evidencian los subcostos y el costo total del método de estrategia mixta. Fuente: El Autor

Los cálculos y resultados del método aplicado se pueden observar en el Anexo 9, en donde se refleja un costo total de \$98.696 este resultado es el más costoso a comparación de los otros métodos.

5.2.5. Comparativa de métodos – plan agregado de producción

Después de haber aplicado los métodos inmersos en el Plan Agregado de Producción (PAP), acorde al giro de negocio de la empresa, se procede a analizar los subcostos y los costos totales obtenidos.

A continuación, se puede evidenciar los subcostos del PAP por cada uno de los métodos aplicados, al final se tiene el costo total de cada uno de ellos:

Tabla 26

Comparativo de métodos aplicados para el Plan Agregado de Producción

Métodos Plan Agregado de Producción			
Fuerza de Trabajo Constante		Fuerza de Trabajo Mínima con Subcontratación	
Costos obreros contratados	\$ -	Costos obreros contratados	\$ -
Costos obreros despedidos	\$ 11.000	Costos obreros despedidos	\$ 16.500
Costo mano de obra	\$ 49.465	Costo mano de obra	\$ 38.473
Costo por almacenar	\$ 2.703	Costo de almacenar	\$ -
Costo por faltantes	\$ 7.716	Costo por subcontratación	\$ 10.507
Costo total	\$ 70.883	Costo total	\$ 65.480
Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras		Fuerza de Estrategia Mixta	
Costos obreros contratados	\$ -	Costos obreros contratados	\$ 6.389
Costos obreros despedidos	\$ 10.608	Costos obreros despedidos	\$ 38.500
Costo mano de obra	\$ 50.248	Costo mano de obra	\$ 50.708
Costo de almacenar	\$ 3.629	Costo de almacenar	\$ 3.099,15
Costo de horas extra	\$ 16	Costo de horas extra	\$ -
Costo total	\$ 64.501	Costo total	\$ 98.696

Nota. Sobresale por menor costo el método de fuerza de trabajo constante incluyendo horas extras. Fuente: El Autor.

Se puede evidenciar que el PAP – Método Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras tiene un costo muy inferior a los demás, con un valor de \$64.501 por ende, el mismo será utilizado para la elaboración conjunta del Plan Maestro de Producción (PMP).

5.3. Plan maestro de producción

Dentro del diseño del plan maestro de producción se planificará la producción para las 4 semanas que conforman cada mes. De esta manera siguiendo la línea del PAP, se descompone la demanda pronosticada en periodos de 4 semanas para poder elaborar el PMP. Se considerarán los meses de agosto, septiembre y octubre de 2023 para esta planificación, es decir a corto plazo, lo que constituye un horizonte de planificación de 12 semanas.

El sistema de producción identificado en la empresa ECU-ITALCOL S.A. es la de lote a lote, dado que trabajan bajo pedidos y stock, los productos se van despachando hacia los clientes en la medida que se va agotando cada saco de cada lote y una vez finalizado ese lote se procede con el siguiente, elaborando una cantidad óptima de producto antes de pasar al siguiente proceso.

A continuación, se presenta el producto Super Cerdo Levante Distribución, producido bajo el sistema de producción lote por lote. Este enfoque permite una gestión eficiente de la producción y distribución del producto, asegurando calidad y consistencia en cada lote [61].

Figura 19

Ejemplo del producto lote por lote del Super Cerdo Levante Distribución



Nota. Se puede observar la etiqueta con su respectivo lote del producto. Fuente: El Autor.

Establecido el sistema productivo de la organización, se buscan datos relevantes para la producción, como el tamaño del lote productivo y el inventario inicial, obtenidos del PAP.

Tabla 27

Lote e inventario inicial para el PMP

Tamaño de Lote	1105
Inventario Inicial	423

Nota. Estos valores son extraídos de capítulos anteriores para la elaboración del PMP Fuente: El Autor.

El lote productivo se obtuvo multiplicando la producción promedio por obrero, 17 sacos por el número de obreros, 13 y por los 5 días laborables de la semana, dando como resultado un lote productivo de 1105 sacos/semana. Estas directrices fueron facilitadas por los jefes departamentales involucrados en el presente proyecto.

Por otro lado, el inventario inicial para el diseño del PMP se obtuvo del PAP, mediante una indagación exhaustiva de existencias actuales y proyecciones a corto y mediano plazo, asegurando suficiente producto terminado para cumplir con las órdenes de producción. También es necesario ver los datos del pronóstico, los pedidos de los clientes e inventario inicial para desarrollar el PMP.

Tabla 28

Datos para la elaboración del PMP

Datos para el PMP	Sacos	Sacos/4 semanas
	Pronóstico	
ago-23	3239	810
sep-23	3855	964
oct-23	2922	731
Pedidos de Clientes		
ago-23	3285	821
sep-23	2935	734
oct-23	3453	863
Inventario Inicial		
ago-23		423

Nota. Estos valores son extraídos de capítulos anteriores para la elaboración del PMP Fuente: El Autor.

Entonces, teniendo completa la matriz inicial con sus datos correspondientes se procede a realizar el PMP, esto se evidencia en la Tabla 29:

Tabla 29

Resultados Plan Maestro de Producción

Plan Maestro de Producción o PMP												
	ago-23				sep-23				oct-23			
Días laborables/mes	22				21				21			
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inventario Inicial	423	707	991	169	453	594	736	877	1018	155	397	638
Sacos Pronosticados	810	810	810	810	964	964	964	964	731	731	731	731
Pedidos de Clientes	821	821	821	821	734	734	734	734	863	863	863	863
Plan Maestro de Producción o PMP	1105	1105	0	1105	1105	1105	1105	1105	0	1105	1105	1105
Inventario Final	707	991	169	453	594	736	877	1018	155	397	638	880
Disponibilidad Por Promesa o DPP	707	169		453	824	966	1107	385		397	638	880

Nota. Existen una disponibilidad para promesa razonable, la misma que se alinea de acuerdo con los pedidos solicitados por los clientes. Fuente: El Autor.

Política de demanda: La política de pedido o demanda se basa en la política de lote por lote, con un mínimo de 1105 sacos, ajustándose en múltiplos de este número según el pronóstico

Inventario inicial: El inventario inicial corresponde a los sacos en existencia del producto Super Cerdo Levante del último periodo de producción de julio de 2023, detallado en la Tabla 27.

Pronóstico: El pronóstico mensual se distribuye equitativamente entre las cuatro semanas de los tres meses de planificación, como se muestra en la Tabla 17.

Pedidos de clientes: Los pedidos de los clientes, tanto de distribuidoras autorizadas como de clientes externos, se recolectan y se consolidan.

Cantidad de PMP: La cantidad del PMP se determina bajo la política de lote por lote, ajustada a la capacidad de producción.

Inventario disponible para promesa: El inventario disponible para promesa se calcula como la diferencia entre la sumatoria del inventario inicial y el PMP, menos los pedidos de los clientes, para determinar la capacidad de surtido hasta el siguiente periodo de PMP.

El Plan Maestro de Producción (PMP) determina la cantidad semanal de sacos a producir. En la tercera semana de agosto y la primera de octubre de 2023, no será necesario producir, ya que el inventario de las semanas anteriores cubre la demanda.

5.4. Análisis de resultados

Para analizar los resultados obtenidos se tomará en cuenta los indicadores de desempeño de los pronósticos de la demanda utilizados, es decir, las medidas de los errores. Además, se incluyen los subcostos & costos totales del PAP, y por último la capacidad necesaria para elaborar el PMP con la capacidad de la fábrica.

Los resultados de los pronósticos son:

Tabla 30

Resultados de los 4 métodos estadísticos del pronóstico

Indicador de Desempeño (Medidas del Error)	Promedio Móvil Ponderado	Suavización Exponencial Simple	Suavización Exponencial Doble O Método De Holt	Suavización Exponencial Triple O Método De Holt-Winters	Descripción
MAE o MAD	737	723	785	696	Error Absoluto Medio
MSE o MSD	1207462	1116483	1293010	821025	Error Cuadrático Medio
MAPE	25%	25%	28%	22%	Error Porcentual Absoluto Medio

Nota. Se escogió el modelo que acertó con dos o más indicadores de desempeño. Fuente: El Autor.

Como se puede observar, la Suavización Exponencial Triple o Método de Holt-Winters cumple con los tres parámetros en las medidas del error, por lo que se determina que es el adecuado para calcular el pronóstico y emplearlo en la planeación de producción.

Ahora se analizan los subcostos y los costos totales de los modelos del PAP que tiene la planta de producción, cumpliendo así con la demanda de los clientes:

Tabla 31

Resultados de los 4 métodos del plan agregado

Métodos Plan Agregado de Producción				
Subcostos	Fuerza de Trabajo Constante	Fuerza de Trabajo Mínima con Subcontratación	Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras	Fuerza de Estrategia Mixta
	Situación Actual (Antes)		Situación de Mejora (Después)	
Costos obreros contratados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6.389
Costos obreros despedidos	\$ 11.000	\$ 16.500	\$ 10.608	\$ 38.500
Costo mano de obra	\$ 49.465	\$ 38.473	\$ 50.248	\$ 50.708
Costo por almacenar	\$ 2.703	\$ -	\$ 3.629	\$ 3.099,15
Costo por faltantes	\$ 7.716	\$ -	\$ -	\$ -
Costo por subcontratación	\$ -	\$ 10.507	\$ -	\$ -
Costo de horas extra	\$ -	\$ -	\$ 16	\$ -
Costo total	\$70.883	\$65.480	\$64.501	\$98.696

Nota. Se escogió el método que cumplió con el mínimo costo, así la empresa puede ahorrar costos y aprovechar sus recursos en otras operaciones. Fuente: El Autor.

Basado en estos resultados, se evidencia que el costo total, resultado de la sumatoria de todos los subcostos comprendidos en el método de fuerza de trabajo constante incluyendo las horas extras, con un valor de \$64.501, es el menor de todos. Por lo tanto, este es el método óptimo para el diseño

del plan agregado de producción, ya que actualmente la organización se encuentra trabajando bajo el modelo de fuerza de trabajo constante, el cual tiene un costo estimado de \$70.883. Con la propuesta de mejora, se tendría un ahorro de \$6,382, recursos que pueden ser administrados de mejor manera por la compañía.

Y, por último, se analiza la capacidad requerida para cumplir con el plan maestro de producción y la capacidad de la planta industrial.

Tabla 32

Análisis del PMP con la capacidad de la planta

	Plan Maestro de Producción o PMP											
	ago-23				sep-23				oct-23			
	22				21				21			
Días laborables/mes												
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Plan Maestro de Producción o PMP	1105	1105	0	1105	1105	1105	1105	1105	0	1105	1105	1105
Capacidad instalada de la planta	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Capacidad efectiva de la planta	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440
Capacidad realizada de la planta	1105	1105	0	1105	1105	1105	1105	1105	0	1105	1105	1105
Eficiencia (90%)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Déficit	335	335	1440	335	335	335	335	335	1440	335	335	335

Nota. El déficit es constante en la mayoría de las semanas. Fuente: El Autor.

Para los cálculos de la Tabla 33, fue necesario considerar la capacidad de producción instalada de manera semanal y la eficiencia, posterior se determinó la capacidad instalada, efectiva y realizada o producción real, en este caso el PMP.

Tabla 33

Datos sobre la capacidad de la planta

Capacidad de producción instalada/semanal	1600
Eficiencia (%)	90%
Eficiencia	0,9

Nota. La eficiencia para los cálculos se maneja con decimales, es decir 0,9. Fuente: El Autor.

Después de haber realizado el análisis respectivo entre la capacidad de la Planta Ibarra de ECU-ITALCOL S.A. y los requerimientos expuestos en el Plan Maestro de Producción (PMP), se llegó a terminar las siguientes premisas:

Capacidad instalada: La planta posee una capacidad máxima de producción de 1600 sacos semanales, esto bajo las condiciones ideales en las que actualmente se maneja la compañía.

Capacidad efectiva: La fábrica posee una capacidad productiva de 1440 en condiciones reales de operación, calculada multiplicando la capacidad instalada por la eficiencia del 90%.

Capacidad realizada: Es la capacidad realmente utilizada para la producción y con ella cubrir la demanda, esta es representada por el PMP.

Eficiencia: La planta de producción de ECU-ITALCOL S.A. opera con una eficiencia del 90%, lo que representa la proporción de la capacidad instalada que se utiliza efectivamente para la producción.

Déficit: Se puede observar que el déficit (medida clave para evaluar el rendimiento y la eficiencia del sistema productivo industrial), es constante en la mayoría de los meses con un valor de 335, manteniendo condiciones aceptables de producción. Por otro lado, en la tercera semana del mes de agosto de 2023 y en la primera semana del mes de octubre de 2023, el valor del déficit es igual a la capacidad efectiva, esto quiere decir que la planta no utilizó esta capacidad para producir en este periodo de tiempo, ya que la producción del PMP en la semana anterior cubre la demanda en ese lapso, por lo cual no es necesario producir en esas semanas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La revisión bibliográfica realizada en torno a los diferentes enfoques y conceptos relacionados con el Pronóstico, el Plan Agregado de Producción (PAP) y el Plan Maestro de Producción (PMP) ha permitido la elaboración de un marco teórico robusto y bien fundamentado para la investigación. Este marco teórico proporciona una comprensión integral de las metodologías y prácticas utilizadas en la planificación y gestión de la producción de ECU-ITALCOL S.A “Planta Ibarra”. Al integrar diversas perspectivas y teorías, se han identificado las mejores prácticas y se han destacado las áreas clave (almacén, producción y ventas) que impactan la precisión y eficiencia en la previsión de la demanda y la planificación de recursos. Esta base teórica no solo enriquece el análisis académico, sino que también ofrece una guía práctica para la implementación de estrategias efectivas en la gestión de la cadena de suministro y la optimización de procesos productivos.
- Después de haber realizado el diagnóstico situacional de la empresa ECU-ITALCOL S.A., se definió mediante un Diagrama de Pareto que, el incumplimiento de los pedidos del cliente causa el 83% de los problemas, esto debido a una mala planificación de ventas, lo que ocasiona falta o exceso de stock. Esta y demás variables operacionales afectan la planeación de la demanda y producción, y para solventar esta problemática fue necesario realizar un Pronóstico de la Demanda, para posterior elaborar un Plan Agregado de Producción con un horizonte de tiempo a mediano plazo, 12 meses, desde agosto de 2023 a julio de 2024 y con ello realizar un Plan Maestro de Producción que contemple una producción a corto plazo de 3 meses, es decir para 12 semanas a partir

de la última orden de producción registrada en julio de 2023. El Pronóstico se determinó utilizando el Método de Suavización Exponencial Triple o Método de Holt-Winters, obteniendo un valor de 696 en el MAE o MAD, 821.026 en el MSE o MSD, y un 22% en el MAPE. Así se logró identificar los indicadores de desempeño del modelo anteriormente nombrado, los mismos que poseen una mayor precisión en panoramas reales a comparación de los otros métodos aplicados donde las medidas del error fueron demasiado grandes.

- Para cubrir con los pedidos pronosticados se realizó el Plan Agregado de Producción mediante el Método de Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras el cual tuvo un costo total de \$64.501, siendo el mejor costo a diferencia de los otros métodos aplicados. Esta propuesta de mejora proporciona un ahorro de \$6.382, ya que la empresa actualmente se maneja utilizando mano de obra constante con un costo aproximado de \$70.883.
- La empresa ECU-ITALCOL S.A. "Planta Ibarra" trabaja bajo un sistema de producción bajo pedido y stock. Debido a esto, fue necesario realizar un Plan Maestro de Producción alineado a estas condiciones, considerando su inventario inicial y su lote productivo, que es de 1.105 sacos semanales. Como resultado, se logró una disponibilidad para promesa adecuada para las semanas de trabajo, además de que, en la tercera semana de agosto y primera semana de octubre de 2023, no será necesario producir, ya que el inventario final de las semanas anteriores, con 991 y 1.018 sacos respectivamente, cubren perfectamente la demanda de esos periodos.

Recomendaciones

- Se sugiere mejorar la planificación de ventas y producción, mediante la aplicación del Método de Holt-Winters, el cual demostró una fiabilidad superior en las medidas del error a comparación de los otros métodos aplicados. Es importante considerar las constantes de suavización como el nivel, la estacionalidad y la tendencia para un correcto cálculo en los pronósticos futuros, además de usar una longitud estacional considerable para que los datos sean más cercanos a la realidad, y para esto se recomienda trabajar con la herramienta Minitab Statistical Software, ya que proporciona cálculos óptimos de acuerdo con las condiciones de trabajo que se establezcan.
- Se recomienda implementar el modelo de trabajo de Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras en el Plan Agregado de Producción, ya que sus costos permiten un considerable ahorro a comparación del sistema de trabajo actual, y así la empresa pueda aprovechar estos recursos en otras operaciones que generen valor.
- Se recomienda utilizar los valores del Plan Maestro de Producción al tomar decisiones para satisfacer con las ordenes de producción solicitadas de manera puntual, para que así la empresa mejore su proceso operacional, reduzca sus costos y pueda cumplir de mejor manera con las demandas del mercado.
- A corto plazo, se recomienda verificar los inventarios del Plan Maestro de Producción (PMP) debido al corto tiempo de caducidad del producto, 3 meses, lo que requiere un despacho rápido. Estos valores deben alinearse con el pronóstico de la demanda para evitar sobreproducción o falta de stock, los mismos que puedan impactar de manera negativa en los procesos de la empresa.

- Es necesario realizar un estudio de mercado en temas de marketing y propaganda que ayude a la empresa a posicionar este y demás productos de las diferentes líneas que ellos manejan, dando a conocer su calidad, beneficios y precios, los cuales sean accesibles y atractivos hacia sus clientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Naciones Unidas, «Perspectivas de la Población Mundial,» *La población mundial llegará a 8.000 millones el 15 de noviembre de 2022*, pp. 1-3, 11 Julio 2022.
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, «Progreso en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos,» *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*, 2019.
- [3] International Dynamic Advisors, «Intedya,» 09 Octubre 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.intedya.com/internacional/2005/noticia-76-mas-de-carne-de-consumo-en-el-mundo-para-2050-una-amenaza-para-el-medio-ambiente.html>. [Último acceso: 6 Diciembre 2023].
- [4] Á. M. Ocampo Ayala y M. E. Sánchez Hernández, «Industria de alimento balanceado Análisis Contegral S.A.S,» Universidad Libre, Pereira, 2020.
- [5] Alltech, «Alltech,» 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.alltech.com/sites/default/files/2023-01/Alltech%20Agri-Food%20Outlook%202023%20ES%20v2.pdf>. [Último acceso: 15 Diciembre 2023].
- [6] Itacol, «Itacol,» 17 Enero 2020. [En línea]. Disponible: <https://italcol.com/tu-empresa/haciendo-historia/>. [Último acceso: 28 Octubre 2023].
- [7] G. A. S. Lasso Mendoza, «Fiel Web Plus,» 09 Junio 2021. [En línea]. Disponible: https://www.fielweb.com/App_Themes/InformacionInteres/Decreto_Ejecutivo_No._68_20_210509190231_20210509190248_20210509190258.pdf. [Último acceso: 15 Octubre 2023].
- [8] Á. M. Ocampo Ayala y M. E. Sánchez Hernández, «Industria de alimento balanceado Análisis Contegral S.A.S,» Universidad Libre, Pereira, 2019.
- [9] aviNews, «aviNews,» 24 Enero 2024. [En línea]. Disponible: <https://avinews.com/ecuador-industria-de-alimentos-balanceados-tuvo-crecimiento-del-10-en-2023/>. [Último acceso: 2024 Febrero 02].
- [10] Z. M. Blanco Narváez y D. E. Ñurinda Gaitán, «Organización y administración de operaciones, por medio de sus características de planeación, programas y asignación de personal,» Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua “UNAN-Managua”, Managua, 2016.
- [11] J. A. Matos Torres, «Planificación y control de la producción,» PUCP, Lima, 2023.
- [12] I. B. Pizarro Castro, «Propuesta de sistema de planificación y control de la producción en la empresa de alimentos balanceados "PROSAN" E. I. R. L., para incrementar las ventas,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2018.
- [13] S. Montejano García, G. C. López Torres, M. J. Pérez Ramos y R. M. Campos García, «Administración de operaciones y su impacto en el desempeño de las empresas,» *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, vol. XXVI, nº 1, pp. 112-126, Marzo 2021.

- [14] F. G. Jiménez León, «Administración de Operaciones: Análisis de las estrategias de operaciones en las empresas como elemento clave para la competitividad,» de *Administración de Operaciones: Análisis de las estrategias de operaciones en las empresas como elemento clave para la competitividad*, vol. V, F. G. Jiménez León, Ed., Guayaquil, Guayas: Polo del Conocimiento, 2020, pp. 551-559.
- [15] V. Morales, «Estrategias de operaciones en un entorno global,» Universidad Latina de Panamá, Panamá, 2015.
- [16] G. A. Díaz Muñoz, M. D. Quintana Lombeida y D. G. Fierro Mosquera, «La competitividad como factor de crecimiento para las organizaciones,» *INNOVA Research Journal*, vol. 6, n° 1, pp. 145-161, 21 Octubre 2020.
- [17] Asamblea Nacional, «Gobierno de la República del Ecuador,» 31 Diciembre 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-04/CODIGO%20ORGANICO%20DE%20LA%20PRODUCCION%2C%20COMERCIO%20E%20INVERSIONES%20COPCI.pdf>. [Último acceso: 31 Octubre 2023].
- [18] R. B. Chase y F. R. Jacobs, *Administración de Operaciones, Producción y Cadenas de Suministros - 13va Edición*, Punta Santa Fe: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2015, pp. 1-6.
- [19] R. Carro Paz y D. Gonzáles Gómez, *El sistema de producción y operaciones*, Primera ed., vol. 1, R. Carro Paz y D. Gonzáles Gómez, Edits., Mar del Plata, Buenos Aires: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2012, pp. 1-28.
- [20] M. J. Jiménez, «Análisis de las decisiones estratégicas y táctico-operativas de operaciones en Sovena España S. A.,» Biblioteca de la Universidad de Sevilla, Sevilla, 2020.
- [21] J. C. Osorio y M. T. Gerardo, «Planificación jerárquica de la producción en un job shop flexible,» *Scielo Colombia*, n° 44, pp. 158-171, 2008.
- [22] H. Sy Corvo, 26 Mayo 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.lifeder.com/programa-de-produccion>. [Último acceso: 13 Mayo 2024].
- [23] I. D. Torres Alvarado, «El Sistema de Gestión y sus componentes: estratégico, táctico y operacional,» *Compendium*, vol. XXII, n° 42, pp. 2-7, 2019.
- [24] J. Peñafiel, L. Muñiz y L. Mosquera, «La planeación estratégica como herramienta en las empresas,» *Revista Científica Multidisciplinaria*, vol. 4, n° 4, pp. 105-116, 2020.
- [25] R. G. Pellicer Durán y G. M. Castellanos Pallerols, «Procedimiento para la planificación operativa como alternativa de articulación de los niveles de la planificación,» *Retos de la Dirección*, vol. 17, n° 2, pp. 1-25, 14 Julio 2023.
- [26] S. Hernandez, «Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL,» 23 Enero 2015. [En línea]. Disponible: https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/01_1_conociendo_una_serie_de_tie_mpo.pdf. [Último acceso: 18 Febrero 2024].

- [27] Atlantic International University, «Cursos AIU,» 2019. [En línea]. Disponible: https://cursos.aiu.edu/pequenaymediana/pdf%20leccion%201/tema_1_pyme.pdf. [Último acceso: 20 Noviembre 2023].
- [28] Tecnológico Nacional de México, «En Línea Zacatecas,» 2018. [En línea]. Disponible: https://enlinea.zacatecas.tecnm.mx/pluginfile.php/24002/mod_folder/content/0/Pronostico_de_demanda.pdf. [Último acceso: 21 Noviembre 2023].
- [29] P. Sánchez, «Selección del modelo estadístico adecuado para el manejo de fluctuación de la demanda en PYMES,» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2017.
- [30] J. P. Montoya, A. Contreras-Payares y D. Barragán, «Promedio móvil ponderado y sus aplicaciones,» *Revista Colombiana de Estadística*, n° 47, pp. 25-35, 2024.
- [31] E. Gallegos, «Disminución de Desabasto mediante un Pronóstico de Demanda y una Política de Inventarios,» Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, 2019.
- [32] J. I. Sánchez, «Análisis de series cronológicas : suavización exponencial,» *DYNA*, n° 102, pp. 65-71, 03 Abril 2024.
- [33] Betancourt, «Acerca de nosotros: Ingenio Empresa,» 22 Febrero 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.ingenioempresa.com/suavizacion-exponencial-doble/>.
- [34] R. A. G. Hyndman, *Forecasting: principles and practice*, vol. III, OTexts, Ed., Melbourne, Victoria: OTexts, 2021.
- [35] J. Vesga, M. Contreras y J. Vesga, «Uso del Modelo de Holt-Winters como estrategia para la predicción de condiciones ambientales durante el proceso del almacenamiento del Cacao,» vol. 19, n° 38, pp. 1-17, 2022.
- [36] J. Vásquez y C. Molina, «Plan Agregado de Producción Mediante el Uso de un Algoritmo de Programación Lineal: Un caso de Estudio para la Pequeña Industria,» vol. 34, n° 1, pp. 1-7, 2014.
- [37] A. A. Hdez. Alonso, «Slideshare,» 11 Diciembre 2017. [En línea]. Disponible: <https://es.slideshare.net/slideshow/planeacin-agregada-83826524/83826524>. [Último acceso: 03 Mayo 2024].
- [38] Betancourt, D. F. , «Ingenio Empresa,» 05 Junio 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ingenioempresa.com/plan-maestro-produccion-mps/>. [Último acceso: 18 Mayo 2024].
- [39] V. Asencios Tarazona, «jimcontent,» [En línea]. Disponible: <https://sd0bc5f099b0aa845.jimcontent.com/download/version/1477450796/module/10150276383/name/PLANEACI%C3%93N%20AGREGADA.pdf>. [Último acceso: 25 05 2024].
- [40] J. Reyes Vásquez y C. Molina Velis, «Plan Agregado de Producción Mediante el Uso de un Algoritmo de Programación Lineal: Un caso de Estudio para la Pequeña Industria,» *Revista EPN*, vol. 34, n° 1, pp. 1-7, Octubre 2014.

- [41] Atlantic International University, «Atlantic International University,» [En línea]. Disponible: <https://cursos.aiu.edu/Control%20de%20la%20Produccion/PDF/Tema%202.pdf>. [Último acceso: 25 Mayo 2024].
- [42] Z. Blanco y D. Ñurinda, «Administración de operaciones, por medio de sus características de planeación, programas y asignación de personal,» Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, 2016.
- [43] J. García-Sabater, «Intro a los sistemas de planificación y control de operaciones,» pp. 1-19, 2020.
- [44] V. Asencios Tarazona, «JIM CONTENT,» 2019. [En línea]. Disponible: <https://sd0bc5f099b0aa845.jimcontent.com/download/version/1477450796/module/10162625983/name/PLAN%20Y%20CONTROL%20%20DE%20PRODUCCION.pdf>. [Último acceso: 21 Noviembre 2023].
- [45] R. Hernández Sampieri, Escuela Superior de Guerra Naval:, México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2016.
- [46] M. K. Rodelo Molina, P. M. Montero Castillo, R. Martelo Gómez y R. J. Martelo Gómez, «Redalyc.org,» 28 Mayo 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/280/28068740018/28068740018.pdf>.
- [47] L. J. Krajewski, L. P. Ritzman y M. K. Malhotra, Administración de Operaciones Procesos y Cadena de suministro., vol. X, M. C. Gigola Paglialunga, Ed., Pearson Educación de México, S.A. de C.V., 2013, p. 89.
- [48] Minitab, «Minitab,» 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/>. [Último acceso: 15 Febrero 2024].
- [49] Microsoft, «Microsoft,» 2024. [En línea]. Disponible: <https://support.microsoft.com/es-es/office/definir-y-resolver-un-problema-con-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>. [Último acceso: 15 Febrero 2024].
- [50] Microsoft, «Microsoft,» 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/what-is-microsoft-365>. [Último acceso: 15 Febrero 2024].
- [51] hotmart Blog, «hotmart,» 06 Julio 2021. [En línea]. Disponible: <https://hotmart.com/es/blog/que-es-google-forms>. [Último acceso: 15 Febrero 2024].
- [52] Adobe, «Adobe,» 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.adobe.com/ec/acrobat/pdf-reader.html#:~:text=Acrobat%20Reader%20es%20una%20aplicaci%C3%B3n,parte%20de%20la%20misma%20familia.> [Último acceso: 15 Febrero 2024].
- [53] ECU-ITALCOL S.A., «Italcol,» 2020. [En línea]. Disponible: <https://italcol.com/tus-lineas-de-productos/>. [Último acceso: 01 Noviembre 2023].
- [54] Google Maps, «Google Maps,» 2020. [En línea]. Disponible: <https://maps.app.goo.gl/9st51Ly6PWHzATLr9>. [Último acceso: 01 Noviembre 2023].

- [55] ECU-ITALCOL S.A., «Italcol,» 2011. [En línea]. Disponible: <https://italcol.com/tu-empresa/energia-naranja/>. [Último acceso: 30 Octubre 2023].
- [56] ECU-ITALCOL S.A., «Italcol,» 2020. [En línea]. Disponible: <https://italcol.com/categoria-producto/porcicultura/>. [Último acceso: 28 Marzo 2024].
- [57] H. Gonzáles Gonzáles y C. A. Escobar Prado, «Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos,» *Lumen Gentium*, vol. 5, n° 2, pp. 119-134, 2021.
- [58] ECU-ITALCOL S.A., «Italcol,» Italcol, Agosto 2023. [En línea]. Disponible: <https://italcol.com/>. [Último acceso: 14 Enero 2024].
- [59] R. B. Chase y F. R. Jacobs, «Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros,» de *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros*, Punta Santa Fe, MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014, pp. 43-740.
- [60] R. Granillo Macías, «Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo,» Escuela Superior de Ciudad Sahagún, Diciembre 2021. [En línea]. Disponible: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/19896/suavizamiento-exponencial-doble.pdf>. [Último acceso: 15 Mayo 2024].
- [61] Safety Cultura, «Safety Cultura,» 15 Enero 2024. [En línea]. Disponible: <https://safetyculture.com/es/temas/operaciones-de-manufactura/produccion-por-lotes/>. [Último acceso: 27 Mayo 2024].

ANEXOS

ANEXO 1

Clasificación ABC De La Línea Porcicultura

Clasificación ABC								
Código	Producto	Demanda (Sacos 40Kg)	Precio Unitario (Saco 40 Kg)	Inversión	Inversión Acumulada	% Inversión Acumulada	Zona	% Inversión
2121	Súper Cerdo Levante	3453	\$ 31,72	\$ 109.529,16	\$ 109.529,16	18,00%	A	73,59%
2006	Distribución Súper Cerdo Engorde	2175	\$ 31,12	\$ 67.686,00	\$ 177.215,16	29,12%	A	
2120	Super Cerdo Levante Línea Blanca	1950	\$ 28,49	\$ 55.555,50	\$ 232.770,66	38,25%	A	
2130	Super Cerdo Engorde Línea Blanca	1825	\$ 26,93	\$ 49.147,25	\$ 281.917,91	46,33%	A	
2004	Súper Cerdo Levante	1600	\$ 33,72	\$ 53.952,00	\$ 335.869,91	55,19%	A	
2025	Credito Iniciación	975	\$ 35,23	\$ 34.349,25	\$ 370.219,16	60,84%	A	
2009	Cerdo Finalizador Naranja	975	\$ 33,35	\$ 32.516,25	\$ 402.735,41	66,18%	A	
2023	Credito Preiniciador Fase II Premium	825	\$ 54,64	\$ 45.078,00	\$ 447.813,41	73,59%	A	

2010	Súper Cerda Gestación	800	\$ 30,27	\$	24.216,00	\$	472.029,41	77,57%	A	
2012	Súper Cerda Lactancia	775	\$ 32,43	\$	25.133,25	\$	497.162,66	81,70%	B	
2160	Porcimix Cerdo Levante	700	\$ 39,30	\$	27.510,00	\$	524.672,66	86,22%	B	
2005	Engorde Súper Cerdo Levante	575	\$ 34,34	\$	19.745,50	\$	544.418,16	89,47%	B	20,18%
2020	Medicado Cerdito Preiniciador Fase I	325	\$ 80,67	\$	26.217,75	\$	570.635,91	93,77%	B	
2131	Premium Super Cerdo Engorde	300	\$ 30,12	\$	9.036,00	\$	579.671,91	95,26%	C	
2036	Distribución Súper Cerda Lactancia	225	\$ 41,10	\$	9.247,50	\$	588.919,41	96,78%	C	
2161	Primeriza Porcimix Cerdo	175	\$ 38,85	\$	6.798,75	\$	595.718,16	97,90%	C	6,23%
2038	Finalizador Cerdo Reemplazo 30- 75 Kg	150	\$ 32,52	\$	4.878,00	\$	600.596,16	98,70%	C	
2039	Cerdo Reemplazo 75- 130 Kg	125	\$ 33,46	\$	4.182,50	\$	604.778,66	99,38%	C	
2162	Porcimix Gestación	125	\$ 29,94	\$	3.742,50	\$	608.521,16	100,00%	C	
TOTALES				\$	608.521,16					100,00%

Nota. El producto Super Cerdo Levante Distribución es el mayor en producción, encabezando la clasificación A. Fuente: El Autor.

ANEXO 2

Pronóstico con Promedio Móvil Ponderado

Promedio Móvil Ponderado							
Mes	Periodo	Demanda	Pronóstico	ME Error Medio	MAE o MAD Error Absoluto Medio	MSE o MSD Error Cuadrático Medio	MAPE Error Porcentual Absoluto Medio
m	t	Dt (Sacos 40 Kg)	Ft (Sacos 40 Kg)	Et= Dt-Ft	At= abs(Et)	At^2	Et^2= Abs(Et/Dt) *100%
ago-20	1	2009					
sep-20	2	2753					
oct-20	3	2905					
nov-20	4	3013	2891	121,84	121,84	14845,73	4,04%
dic-20	5	3600	3002	597,61	597,61	357138,53	16,60%
ene-21	6	4005	3545	460,26	460,26	211835,66	11,49%
feb-21	7	4635	3967	668,09	668,09	446346,16	14,41%
mar-21	8	5265	4576	689,25	689,25	475070,16	13,09%
abr-21	9	5175	5206	-30,75	30,75	945,36	0,59%
may-21	10	5490	5183	306,54	306,54	93963,85	5,58%
jun-21	11	6280	5460	819,63	819,63	671787,87	13,05%
jul-21	12	3783	6206	-2422,70	2422,70	5869466,58	64,04%
ago-21	13	4533	4018	514,65	514,65	264864,51	11,35%
sep-21	14	4048	4462	-414,51	414,51	171816,34	10,24%
oct-21	15	4640	4093	546,88	546,88	299082,48	11,79%
nov-21	16	5088	4584	503,23	503,23	253236,76	9,89%
dic-21	17	5270	5045	224,59	224,59	50440,07	4,26%
ene-22	18	5048	5253	-205,34	205,34	42162,60	4,07%
feb-22	19	4565	5068	-503,43	503,43	253438,51	11,03%
mar-22	20	5415	4610	804,62	804,62	647412,49	14,86%
abr-22	21	6213	5335	877,44	877,44	769909,68	14,12%
may-22	22	6138	6137	0,01	0,01	0,00	0,00%
jun-22	23	2335	6145	-3809,55	3809,55	14512701,44	163,15%
jul-22	24	2838	2693	144,86	144,86	20985,53	5,11%
ago-22	25	1940	2790	-850,24	850,24	722905,36	43,83%
sep-22	26	2630	2024	605,59	605,59	366736,24	23,03%
oct-22	27	3473	2565	907,40	907,40	823368,42	26,13%
nov-22	28	4068	3393	674,24	674,24	454599,00	16,58%

dic-22	29	4640	4012	628,46	628,46	394963,83	13,54%
ene-23	30	1513	4586	-3073,65	3073,65	9447353,28	203,22%
feb-23	31	1593	1807	-214,15	214,15	45860,42	13,45%
mar-23	32	2133	1585	547,52	547,52	299782,79	25,68%
abr-23	33	3305	2082	1223,29	1223,29	1496434,93	37,01%
may-23	34	3285	3195	90,28	90,28	8149,94	2,75%
jun-23	35	2935	3287	-351,88	351,88	123820,28	11,99%
jul-23	36	3453	2968	484,58	484,58	234819,21	14,04%
MAE o MAD		737				Error Absoluto Medio	
MSE o MSD		1207462				Error Cuadrático Medio	
MAPE		25%				Error Porcentual Absoluto Medio	

Periodo (t)	Pesos Ponderación (w)
1	0,00
2	0,09
3	0,91
Σ	1,00

Nota. Los datos de la demanda y del pronóstico se redondearon por intereses del PMP en la fábrica. El MAE O MAD

es de 737. Fuente: El Autor.

ANEXO 3

Pronóstico con Suavización Exponencial Simple

Suavización Exponencial Simple							
Mes	Periodo	Demanda	Pronóstico	ME Error Medio	MAE o MAD Error Absoluto Medio	MSE o MSD Error Cuadrático Medio	MAPE Error Porcentual Absoluto Medio
m	t	Dt (Sacos 40 Kg)	Ft (Sacos 40 Kg)	Et= Dt-Ft	At= abs(Et)	At^2	Et^2= Abs(Et/Dt) *100%
ago-20	1	2009	2150	-141,14	141,14	19920,50	7%
sep-20	2	2753	2034	718,18	718,18	515782,51	26%
oct-20	3	2905	2622	282,62	282,62	79874,06	10%
nov-20	4	3013	2854	158,70	158,70	25185,69	5%
dic-20	5	3600	2984	616,25	616,25	379764,06	17%
ene-21	6	4005	3488	516,65	516,65	266927,22	13%
feb-21	7	4635	3911	723,61	723,61	523611,43	16%
mar-21	8	5265	4504	761,10	761,10	579273,21	14%
abr-21	9	5175	5127	47,90	47,90	2294,41	1%
may-21	10	5490	5166	323,68	323,68	104768,74	6%
jun-21	11	6280	5431	848,64	848,64	720189,85	14%
jul-21	12	3783	6126	-2343,24	2343,24	5490773,70	62%
ago-21	13	4533	4208	324,95	324,95	105592,50	7%
sep-21	14	4048	4474	-426,13	426,13	181586,78	11%
oct-21	15	4640	4125	515,30	515,30	265534,09	11%
nov-21	16	5088	4547	540,86	540,86	292529,54	11%
dic-21	17	5270	4990	280,49	280,49	78674,64	5%
ene-22	18	5048	5219	-171,68	171,68	29474,02	3%
feb-22	19	4565	5079	-513,60	513,60	263784,96	11%
mar-22	20	5415	4658	756,95	756,95	572973,30	14%
abr-22	21	6213	5278	934,64	934,64	873551,93	15%
may-22	22	6138	6043	94,34	94,34	8900,04	2%
jun-22	23	2335	6120	-3785,41	3785,41	14329328,87	162%
jul-22	24	2838	3021	-183,34	183,34	33613,56	6%
ago-22	25	1940	2871	-930,72	930,72	866239,72	48%
sep-22	26	2630	2109	521,37	521,37	271826,68	20%
oct-22	27	3473	2536	936,96	936,96	877894,04	27%
nov-22	28	4068	3303	764,76	764,76	584857,86	19%

dic-22	29	4640	3929	711,06	711,06	505606,32	15%
ene-23	30	1513	4511	-2998,67	2998,67	8992021,77	198%
feb-23	31	1593	2056	-463,30	463,30	214646,89	29%
mar-23	32	2133	1676	456,06	456,06	207990,72	21%
abr-23	33	3305	2050	1255,13	1255,13	1575351,32	38%
may-23	34	3285	3078	207,40	207,40	43014,76	6%
jun-23	35	2935	3247	-312,42	312,42	97606,26	11%
jul-23	36	3453	2992	460,90	460,90	212428,81	13%

MAE o MAD 723

MAE: (Error Absoluto Medio)

MSE o MSD 1116483

MSE: (Error Cuadrático Medio)

MAPE 25%

MAPE: (Error Porcentual Absoluto Medio)

PME (ALFA) 0,818821

PME: (Coeficiente Exponencial)

Nota. Los datos de la demanda y del pronóstico se redondearon por intereses del PMP en la fábrica. El MAE O MAD

es de 723. Fuente: El Autor.

ANEXO 4

Pronóstico con Suavización Exponencial Doble o Método De Holt

Suavización Exponencial Doble O Método De Holt								
					ME	MAE o MAD	MSE o MSD	MAPE
Mes	Perio do	Deman da	Pronóstico Suavizado Exponenci al	Pronósti co Demand a con Tendenc ia	Error Medio	Error Absoluto Medio	Error Cuadrátic o Medio	Error Porcentu al Absoluto Medio
m	t	Dt Sacos (40 Kg)	FI Sacos (40 Kg)	Ft Sacos (40 Kg)	Et= Dt-Ft	At= abs(Et)	At^2	Abs (Et/Dt) * 100%
ago-20	1	2009	2330	4474,84	- 2466,09	2466,09	6081599,89	122,77%
sep-20	2	2753	2690	2275	477,44	477,44	227948,95	17,35%
oct-20	3	2905	2870	2640	265,46	265,46	70469,01	9,14%
nov-20	4	3013	2988	2822	190,54	190,54	36305,49	6,32%
dic-20	5	3600	3514	2941	659,13	659,13	434452,36	18,31%
ene-21	6	4005	3936	3473	531,93	531,93	282949,52	13,28%
feb-21	7	4635	4539	3899	735,74	735,74	541313,35	15,87%
mar-21	8	5265	5167	4509	755,89	755,89	571369,69	14,36%
abr-21	9	5175	5171	5143	31,94	31,94	1020,16	0,62%
may-21	10	5490	5445	5148	342,36	342,36	117210,37	6,24%
jun-21	11	6280	6169	5425	854,81	854,81	730700,14	13,61%
jul-21	12	3783	4092	6156	- 2372,87	2372,87	5630512,04	62,72%
ago-21	13	4533	4471	4059	473,83	473,83	224514,87	10,45%
sep-21	14	4048	4099	4441	- 393,98	393,98	155220,24	9,73%

oct-21	15	4640	4565	4066	573,91	573,91	329372,69	12,37%
nov-21	16	5088	5016	4538	549,99	549,99	302489,00	10,81%
dic-21	17	5270	5234	4993	277,09	277,09	76778,87	5,26%
ene-22	18	5048	5069	5213	- 165,86	165,86	27509,54	3,29%
feb-22	19	4565	4628	5047	- 482,12	482,12	232439,69	10,56%
mar-22	20	5415	5309	4602	813,38	813,38	661587,02	15,02%
abr-22	21	6213	6092	5290	922,55	922,55	851098,50	14,85%
may-22	22	6138	6130	6081	56,25	56,25	3164,06	0,92%
jun-22	23	2335	2828	6120	- 3784,5 8	3784,58	14323045, 78	162,08%
jul-22	24	2838	2831	2784	53,02	53,02	2811,12	1,87%
ago-22	25	1940	2050	2788	- 847,55	847,55	718341,00	43,69%
sep-22	26	2630	2548	2000	630,01	630,01	396912,60	23,95%
oct-22	27	3473	3346	2503	969,50	969,50	939930,25	27,92%
nov-22	28	4068	3969	3310	757,79	757,79	574245,68	18,63%
dic-22	29	4640	4549	3939	701,12	701,12	491569,25	15,11%
ene-23	30	1513	1905	4525	- 3012,3 5	3012,35	9074252,5 2	199,16%
feb-23	31	1593	1627	1855	- 262,38	262,38	68843,26	16,48%
mar-23	32	2133	2060	1574	558,12	558,12	311497,93	26,17%
abr-23	33	3305	3137	2012	1292,6 4	1292,64	1670918,1 7	39,11%
may-23	34	3285	3261	3100	184,58	184,58	34069,78	5,62%
jun-23	35	2935	2973	3226	- 291,36	291,36	84890,65	9,93%
jul-23	36	3453	3385	2936	516,68	516,68	266958,22	14,97%
MAE o MAD		785		Error Absoluto Medio				
MSE o MSD		1293009		Error Cuadrático Medio				
MAPE		28%		Error Porcentual Absoluto Medio				

α	0,869739	Nivel
γ	0,010000	Tendencia
ρ	1	Ciclicidad

Nota. Los datos de la demanda y del pronóstico se redondearon por intereses del PMP en la fábrica. El MAE O MAD es de 785. Fuente: El Autor.

ANEXO 5

Pronóstico con Suavización Exponencial Triple O Método De Winters

Suavización Exponencial Triple o Método de Winters								
Mes	Período	Demanda	Pronóstico Suavizado Exponencialmente	Pronóstico Demanda con Tendencia	ME	MAE o MAD	MSE o MSD	MAPE
					Error Medio	Error Absoluto Medio	Error Cuadrático Medio	Error Porcentual Absoluto Medio
m	t	Dt Sacos (40 Kg)	FI Sacos (40 Kg)	Ft Sacos (40 Kg)	Et= Dt-Ft	At= abs(Et)	At^2	Abs(Et/Dt)* 100%
ago-20	1	2009	1709	2134	- 124,93	124,93	15607,50	6,22%
sep-20	2	2753	2379	2853	- 100,74	100,74	10148,55	3,66%
oct-20	3	2905	2076	2418	486,64	486,64	236818,49	16,75%
nov-20	4	3013	3082	3549	- 536,33	536,33	287649,87	17,80%
dic-20	5	3600	2388	2672	927,78	927,78	860775,73	25,77%
ene-21	6	4005	4409	4984	- 979,48	979,48	959381,07	24,46%
feb-21	7	4635	4048	4433	202,47	202,47	40994,10	4,37%
mar-21	8	5265	4996	5454	- 188,65	188,65	35588,82	3,58%
abr-21	9	5175	5625	6073	- 898,23	898,23	806817,13	17,36%
may-21	10	5490	4832	5083	407,38	407,38	165958,46	7,42%
jun-21	11	6280	6503	6897	- 616,86	616,86	380516,26	9,82%
jul-21	12	3783	4737	4941	- 1157,89	1157,89	1340709,25	30,61%
ago-21	13	4533	4014	3985	547,65	547,65	299920,52	12,08%
sep-21	14	4048	3592	3656	391,56	391,56	153319,23	9,67%

oct-21	15	4640	4957	5131	- 490,56	490,56	240649,11	10,57%
nov-21	16	5088	4690	4767	320,54	320,54	102745,8 9	6,30%
dic-21	17	5270	5484	5635	- 365,43	365,43	133539,0 8	6,93%
ene-22	18	5048	5630	5714	- 666,44	666,44	444142,2 7	13,20%
feb-22	19	4565	4713	4666	- 101,43	101,43	10288,04	2,22%
mar-22	20	5415	5407	5329	86,34	86,34	7454,60	1,59%
abr-22	21	6213	4084	4038	2174,3 9	2174,39	4727971, 87	35,00%
may-22	22	6138	6592	7004	- 866,78	866,78	751307,5 7	14,12%
jun-22	23	2335	4864	5054	- 2718,7 5	2718,75	7391601, 56	116,43%
jul-22	24	2838	2860	2426	411,93	411,93	169686,3 2	14,52%
ago-22	25	1940	2868	2513	- 572,94	572,94	328260,2 4	29,53%
sep-22	26	2630	2091	1585	1045,4 6	1045,46	1092986, 61	39,75%
oct-22	27	3473	2810	2492	980,64	980,64	961654,8 1	28,24%
nov-22	28	4068	3242	3128	939,06	939,06	881833,6 8	23,09%
dic-22	29	4640	4818	4906	- 265,90	265,90	70702,81	5,73%
ene-23	30	1513	3500	3526	- 2013,5 2	2013,52	4054262, 79	133,13%
feb-23	31	1593	1605	1205	387,13	387,13	149869,6 4	24,31%
mar-23	32	2133	1262	1007	1125,6 2	1125,62	1267020, 38	52,78%
abr-23	33	3305	2612	2575	730,39	730,39	533469,5 5	22,10%
may-23	34	3285	3341	3451	- 166,23	166,23	27632,41	5,06%
jun-23	35	2935	3541	3624	- 688,99	688,99	474707,2 2	23,47%
jul-23	36	3453	3136	3077	375,43	375,43	140947,6 8	10,87%

MAE o MAD	696
MSE O MSD	821026
MAPE	22%
α	1,00
γ	0,20
δ	0,30

MAE: (Error Absoluto Medio)
MSE: (Error Cuadrático Medio)
MAPE: (Error Porcentual Absoluto Medio)
(Nivel)
(Tendencia)
(Estacional)

Nota. Los datos de la demanda y del pronóstico se redondearon por intereses del PMP en la fábrica. El MAE O MAD es de 696. Fuente: El Autor.

ANEXO 6

Aplicación del Método PAP – Fuerza de Trabajo Constante

Plan Agregado de Producción – Fuerza de Trabajo Constante													
N° meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Año	2023						2024						
Meses	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	Total
Días laborables	22	21	21	20	20	22	19	20	22	22	20	23	252
Sacos/obrero	374	357	357	340	340	374	323	340	374	374	340	391	4284
Demanda	3239	3855	2922	3115	2480	3052	3099	3356	3602	3379	4021	3047	39167
Obreros requeridos	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Obreros actuales	13	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Obreros contratados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Costos obreros contratados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Obreros despedidos	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Costos obreros despedidos	\$ 11.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 11.000
Obreros utilizados	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Costo mano de obra	\$ 4.318	\$ 4.122	\$ 4.122	\$ 3.926	\$ 3.926	\$ 4.318	\$ 3.730	\$ 3.926	\$ 4.318	\$ 4.318	\$ 3.926	\$ 4.515	\$ 49.465
Sacos producidos	3789	3763	3213	3351	3297	4182	4038	3998	4008	3771	3453	3519	44382
Inventario	550	0	291	237	816	1131	938	642	405	393	0	472	5875
Costo por almacenar	\$ 253	\$ -	\$ 134	\$ 109	\$ 376	\$ 520	\$ 432	\$ 295	\$ 186	\$ 181	\$ -	\$ 217	\$ 2.703
Sacos faltantes	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	568	0	660
Costo por faltantes	\$ -	\$ 1.074	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6.642	\$ -	\$ 7.716
Costo total	\$ 15.571	\$ 5.196	\$ 4.256	\$ 4.035	\$ 4.301	\$ 4.838	\$ 4.161	\$ 4.221	\$ 4.505	\$ 4.499	\$ 10.567	\$ 4.732	\$ 70.883

Nota. El costo total para satisfacer la demanda planificada a mediano plazo (12 meses) utilizando el método de fuerza de trabajo constante es de \$70.883. Fuente:

El Autor.

ANEXO 7

Aplicación del Método PAP – Fuerza de Trabajo Mínima con Subcontratación

Plan Agregado de Producción – Fuerza de Trabajo Mínima con Subcontratación

N° meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Año	2023						2024						
Meses	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	Total
Días laborables	22	21	21	20	20	22	19	20	22	22	20	23	252
Unidades/obrero	374	357	357	340	340	374	323	340	374	374	340	391	4284
Demanda	3239	3855	2922	3115	2480	3052	3099	3356	3602	3379	4021	3047	39167
Obreros requeridos	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
Obreros actuales	13	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
Obreros contratados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Costos obreros contratados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Obreros despedidos	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Costos obreros despedidos	\$ 16.500	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 16.500
Obreros utilizados	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
Costo mano de obra	\$ 3.359	\$ 3.206	\$ 3.206	\$ 3.053	\$ 3.053	\$ 3.359	\$ 2.901	\$ 3.053	\$ 3.359	\$ 3.359	\$ 3.053	\$ 3.511	\$ 38.473
Sacos producidos	3041	2499	2499	2380	2380	2618	2261	2380	2618	2618	2380	2737	30411
Inventario	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo de almacenar	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Sacos a subcontratar	198	1356	423	735	100	434	838	976	984	761	1641	310	8756
Costo por subcontratación	\$ 238	\$ 1.627	\$ 507	\$ 882	\$ 120	\$ 521	\$ 1.006	\$ 1.172	\$ 1.181	\$ 913	\$ 1.969	\$ 372	\$ 10.507
Costo total	\$ 20.096	\$ 4.833	\$ 3.713	\$ 3.935	\$ 3.174	\$ 3.879	\$ 3.907	\$ 4.225	\$ 4.540	\$ 4.272	\$ 5.022	\$ 3.883	\$ 65.480

Nota. El costo total para satisfacer la demanda usando fuerza de trabajo constante con subcontratación es de \$65.480. Fuente: El Autor.

ANEXO 8

Aplicación del Método PAP – Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras

Plan Agregado de Producción – Fuerza de Trabajo Constante con Horas Extras

N° meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Año	2023						2024						
Meses	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	Total
Días laborables	22	21	21	20	20	22	19	20	22	22	20	23	252
Sacos/obrero	374	357	357	340	340	374	323	340	374	374	340	391	4284
Demanda	3239	3855	2922	3115	2480	3052	3099	3356	3602	3379	4021	3047	39167
Obreros requeridos	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Obreros actuales	13	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Obreros contratados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Costos obreros contratados	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Obreros despedidos	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Costos obreros despedidos	\$ 10.608	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10.608
Obreros utilizados	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Costo mano de obra	\$ 4.387	\$ 4.187	\$ 4.187	\$ 3.988	\$ 3.988	\$ 4.387	\$ 3.789	\$ 3.988	\$ 4.387	\$ 4.387	\$ 3.988	\$ 4.586	\$ 50.248
Sacos producidos	3842	3867	3276	3463	3457	4396	4297	4306	4369	4186	3916	3575	46950
Inventario	603	12	355	348	976	1344	1198	950	767	807	0	528	7888
Costo de almacenar	\$ 278	\$ 6	\$ 163	\$ 160	\$ 449	\$ 618	\$ 551	\$ 437	\$ 353	\$ 371	\$ -	\$ 243	\$ 3.629
Horas extra	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5,41
Costo de horas extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 16	\$ -	\$ 16
Costo total	\$ 15.272	\$ 4.193	\$ 4.350	\$ 4.148	\$ 4.437	\$ 5.005	\$ 4.339	\$ 4.425	\$ 4.739	\$ 4.758	\$ 4.004	\$ 4.829	\$ 64.501

Nota. El costo total para satisfacer la demanda usando fuerza de trabajo constante con horas extras es de \$64.501. Fuente: El Autor.

ANEXO 9

Aplicación del Método PAP – Estrategia Mixta

Plan Agregado de Producción - Estrategia Mixta													
N° meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Año	2023						2024						
Meses	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	Total
Días laborables	22	21	21	20	20	22	19	20	22	22	20	23	252
Sacos/obrero	374	357	357	340	340	374	323	340	374	374	340	391	4284
Demanda	3239	3855	2922	3115	2480	3052	3099	3356	3602	3379	4021	3047	39166,61
Obreros requeridos	9	11	8	9	7	8	10	10	10	9	12	8	
Obreros actuales	13	9	11	8	9	7	8	10	10	10	9	12	
Obreros contratados	0	2	0	1	0	1	2	0	0	0	3	0	
Costos obreros contratados	\$ -	\$ 1.420	\$ -	\$ 710	\$ -	\$ 710	\$ 1.420	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.130	\$ -	\$ 6.389
Obreros despedidos	4	0	3	0	2	0	0	0	0	1	0	4	
Costos obreros despedidos	\$ 11.000	\$ -	\$ 8.250	\$ -	\$ 5.500	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.750	\$ -	\$ 11.000	\$ 38.500
Obreros utilizados	9	11	8	9	7	8	10	10	10	9	12	8	
Costo mano de obra	\$ 4.318	\$ 5.038	\$ 3.664	\$ 3.926	\$ 3.053	\$ 3.839	\$ 4.144	\$ 4.362	\$ 4.798	\$ 4.318	\$ 5.234	\$ 4.013	\$ 50.708
Sacos producidos	3789	4477	3478	3617	2882	3393	3572	3872	4256	4019	4721	3828	45904
Inventario	550	622	557	502	401	342	472	516	653	641	700	781	6737
Costo de almacenar	\$ 253	\$ 286	\$ 256	\$ 231	\$ 185	\$ 157	\$ 217	\$ 237	\$ 301	\$ 295	\$ 322	\$ 359	\$ 3.099,15
Horas extra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo de horas extra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo total	\$ 15.571	\$ 6.744	\$ 12.170	\$ 4.866	\$ 8.738	\$ 4.706	\$ 5.781	\$ 4.599	\$ 5.099	\$ 7.363	\$ 7.686	\$ 15.372	\$ 98.696

Nota. El costo total para satisfacer la demanda usando el método de estrategia mixta es de \$98.696. Fuente: El Autor.

ANEXO 10

Aplicación del Plan Maestro de Producción - PMP

Plan Maestro de Producción o PMP												
	ago-23					sep-23				oct-23		
Días laborables/mes	22					21				21		
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inventario Inicial	423	707	991	169	453	594	736	877	1018	155	397	638
Sacos Pronosticados	810	810	810	810	964	964	964	964	731	731	731	731
Pedidos de Clientes	821	821	821	821	734	734	734	734	863	863	863	863
Plan Maestro de Producción o PMP	1105	1105	0	1105	1105	1105	1105	1105	0	1105	1105	1105
Inventario Final	707	991	169	453	594	736	877	1018	155	397	638	880
Disponibilidad Por Promesa o DPP	707	169		453	824	966	1107	385		397	638	880
Número de Lotes/Semana	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Tamaño de Lote	1105											
Inventario Inicial de PMP	423											

Nota. El plan maestro de producción tiene tanto un inventario final como un DPP que cumple con las condiciones de la demanda de los clientes. Fuente. El Autor.