

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de mejora en el área de producción en una empresa procesadora
de alimento balanceado para aumentar la productividad**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Brayan Alexander Tavara Tinoco

ASESOR

Abel Enrique Gonzalez Wong

<https://orcid.org/0000-0001-5575-2398>

Chiclayo, 2026

**Propuesta de mejora en el área de producción en una empresa
procesadora de alimento balanceado para aumentar la
productividad**

PRESENTADA POR

Brayan Alexander Tavara Tinoco

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Cynthia Cecilia Orbegoso Peñaherrera
PRESIDENTE

Carlos Miguel Santos Fernandez
SECRETARIO

Abel Enrique Gonzalez Wong
VOCAL

Agradecimientos

A mi familia por su constante apoyo y consejos que han sido pilar fundamental a lo largo de mi formación profesional.

A mi asesor ingeniero Abel González Wong por sus orientaciones y pautas necesarias para poder realizar esta investigación.

A Dios por darme la sabiduría para resolver mis desafíos y la fuerza para superar cualquier adversidad.

Propuesta de mejora en el área de producción en una empresa procesadora de alimento balanceado para aumentar la productividad

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	9
Materiales y métodos	14
Resultados y discusión	16
Conclusiones	36
Recomendaciones	37
Referencias.....	38
Anexos	41

Resumen

La empresa objeto de estudio se dedicada a la producción y comercialización de alimento balanceado para aves, cerdos, vacas y cuyes, localizada en la provincia de Chiclayo. Esta investigación tuvo como objetivo general proponer la mejora en el área de producción en una empresa procesadora de alimento balanceado para aumentar la productividad. La metodología utilizada fue la toma de tiempos, con las técnicas de recolección de datos, observación directa, clasificación ABC y el análisis documental. Se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa, en la cual se evidenció una baja productividad de 0,0084 sacos de alimento balanceado en polvo por sol invertido, a causa de los transportes excesivos durante el proceso, demoras en la búsqueda de materiales, elevado cuello de botella y uso ineficiente de materias primas en la formulación. Para aumentar la productividad, se propuso la redistribución de planta, metodología 5S y la minimización del costo de la formulación del alimento balanceado usando programación lineal. Con la propuesta de mejora se logró aumentar la productividad en un 24,87%. Por otro lado, el proyecto es viable económicamente, debido a que se obtuvo un valor actual neto (VAN) de S/ 29 687,58, TIR de 62,3% y un beneficio costo de 1,204.

Palabras clave: Productividad, metodología 5S, redistribución de planta, programación lineal, alimento balanceado.

Abstract

The company under study is dedicated to the production and marketing of balanced feed for poultry, pigs, cows and guinea pigs, located in the province of Chiclayo. The overall objective of this research was to propose improvements in the production area of a balanced feed processing company in order to increase productivity. The methodology used was time recording, with data collection techniques, direct observation, ABC classification, and document analysis. A diagnosis was made of the company's current situation, which showed a low productivity of 0,0084 bags of powdered balanced feed per soles, due to excessive transportation during the process, delays in the search for materials, high bottleneck and inefficient use of raw materials in the formulation. To increase productivity, plant redistribution, methodology 5S and minimization of feed formulation cost using linear programming were proposed. With the improvement proposal, productivity was increased by 24,87%. On the other hand, the project is economically viable, since a Net Present Value (NPV) of S/ 29 687,58, IRR of 62,3% and a benefit cost of 1,204 were obtained.

Keywords: Productivity, methodology 5S, plant redistribution, linear programming, balanced feed.

Introducción

A nivel mundial, la producción de alimento balanceado en el 2023 se mantuvo estable con aproximadamente 1 290 millones de toneladas métricas producidas; destacando a China y Estados Unidos como los principales países productores, seguidos por Brasil, India, México y España [1]. Esta estabilidad en la producción de piensos es resultado de la industrialización y crecimiento del sector pecuario en diversas partes del mundo, como es el caso de América Latina que ha experimentado un crecimiento anual del 1,24%, equivalente al aumento de 2,5 millones de toneladas métricas, demostrando su fortaleza en el mercado de exportación de monogástricos y creciente mercado acuícola [1]. Por esta razón, la industria de alimento balanceado requiere el aumento de la productividad, para abastecer al sector pecuario y este logre satisfacer la demanda global.

En 2022, la producción de alimento balanceado en Perú alcanzó los 4,3 millones de toneladas, valorizada en 3 976 millones de soles, lo que representa un incremento del 3,8% en comparación con el año anterior [2], siendo un logro significativo, considerando el alza de precios de los insumos necesarios para elaborar este alimento debido al fuerte incremento del precio del petróleo. Por otro lado, este aumento en la producción de piensos revela el desarrollo del sector pecuario a nivel nacional, así lo evidenció el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) [3], donde resaltó que la producción pecuaria de enero a julio del 2022 ha experimentado un aumento del 2,3%.

A nivel local, la empresa en estudio está ubicada en el distrito de José Leonardo Ortiz, provincia de Chiclayo, dedicada a la producción y comercialización de alimento balanceado para aves, cerdos, vacas y cuyes. Como parte del proceso productivo, el maíz duro amarillo es la única materia prima que la empresa transforma en maíz molido, para luego ser integrada y procesada junto con el resto de los insumos para la obtención de alimento balanceado. Esta empresa destaca por su amplia línea de productos, sin embargo la baja productividad ha generado una demanda insatisfecha de 3046 sacos en el primer semestre del 2023, representando ingresos no percibidos de S/ 307 646,00.

Dentro de la problemática encontrada, se identificó una baja productividad global de 0,0084 sacos de alimento balanceado/S/ comparada con la productividad de otra empresa del mismo sector en Chiclayo que resulta 0,014 [4]. Siendo las causas que generan este problema, las elevadas actividades improductivas tanto en el proceso de maíz molido como el de alimento balanceado en polvo, con 20,11% y 31,86% respectivamente, comparada con las actividades improductivas de otra empresa similar en la cual conforman solo el 14,73% del total de actividades [4]. De igual manera, se ha evidenciado que el desorden y la falta de

limpieza en el área de producción ocasionó que se deje de producir 1086 sacos de producto terminado de enero a junio, además de cumplir con solo el 25% del check list de 5S, siendo un porcentaje insuficiente. Otra causa del problema es que presenta una deficiente distribución de planta, lo que ocasiona retrasos en el recorrido resultando en transportes de 437 metros por lote. Los retrasos en la búsqueda de insumos y el recorrido innecesario mencionado anteriormente, afecta directamente en el elevado cuello de botella del proceso de alimento balanceado en polvo, en la cual tarda 33,8 minutos por cada lote de 22 sacos, siendo un tiempo excesivo comparado con investigaciones [5] y empresas del mismo rubro [6]. Y por último, la empresa cumple con los requerimientos nutricionales en la formulación del alimento, sin embargo, las fórmulas se han determinado de manera empírica por lo que no se está optimizando el uso de las materias primas a un costo mínimo.

Por ello, se plantea la siguiente pregunta, ¿En qué medida la propuesta de mejora en el área de producción en una empresa procesadora de alimento balanceado permite aumentar la productividad? Ante este problema se planteó como objetivo general proponer la mejora en el área de producción en una empresa procesadora de alimento balanceado para aumentar la productividad, teniendo como objetivos específicos diagnosticar la situación actual en el área de producción de la empresa procesadora de alimento balanceado, elaborar la propuesta de mejora en el área de producción de la empresa procesadora de alimento balanceado y finalmente evaluar económicamente la propuesta en la empresa procesadora de alimento balanceado.

La presente investigación tendrá un impacto a nivel económico, mediante la optimización de procesos permitirá un uso más eficiente de recursos, reduciendo costos de producción y aumentando la productividad de la empresa, lo que la volverá más competitiva en su sector para la región. Por otro lado, en el ámbito social, tendrá un impacto significativo, pues se enfocará en mejorar tanto los métodos de trabajo como las condiciones laborales, lo que no solo impulsará el bienestar tanto individual como colectivo de los empleados, sino que también fomentará un ambiente laboral más saludable y propicio para el desarrollo humano.

Revisión de literatura

Montenegro [4], en su trabajo de investigación "*Diseño de una nueva planta de alimento balanceado para la empresa Alba Mix Nutrición S.A.C. para mejorar su productividad*" tuvo como objetivo proponer un diseño de una nueva planta para mejorar la productividad. Entre las causas identificadas del problema, se tuvo el elevado cuello de botella equivalente a 4,3 minutos por saco, tiempo ocioso de 26,06 minutos para procesar un saco y costos altos de

transporte de materia prima del local 1 a local 2 de S/ 22 039,2 al año. La metodología utilizada fue la toma de tiempos, localización y distribución de planta. Como resultados, se redujo el tiempo de cuello de botella en un 53%, las actividades improductivas pasaron de un 44,5% a 14,7%, la productividad de mano de obra aumentó de 22,3 sacos/operario a 63,7 sacos/operario y un incremento en la productividad total de 0,72 a 1,236.

Livaque y Peña [6] en su investigación *“Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa de alimentos balanceados Kime E.I.R.L. – Chiclayo 2019”*, tuvieron como objetivo incrementar la productividad del proceso. Identificaron diversos problemas que afectan la productividad, como la falta de estandarización del proceso de fabricación y el elevado cuello de botella en la etapa de mezclado de 24,74 minutos por cada 1000 kg de alimento balanceado producido. Los autores propusieron un estudio de tiempos para determinar el tiempo estándar y balance de línea. Estas mejoras dieron como resultado un aumento en la productividad del 55,87%.

Bocanegra, Aliaga, García y Gutiérrez [7] en su artículo *“Feed formulation problem in Peruvian aquaculture: A mathematical programming approach”*, tuvieron como objetivo la implementación de un modelo de programación lineal que permita optimizar la formulación de alimento balanceado para peces utilizando insumos disponibles a nivel local, pues una deficiente formulación tiende a elevar más del 50% de los costos de producción. La metodología empleada fue un modelo matemático que contó con 10 variables de decisión y 11 restricciones, y se realizó utilizando la herramienta Solver en Excel, posteriormente se utilizó un análisis de sensibilidad en base a los precios de las materias primas según el mercado nacional. Como resultado se obtuvo que el costo de la formulación del alimento balanceado disminuyó en un 35% en comparación con los piensos utilizados por los piscicultores.

Metwally [8] en su artículo *“Broiler Chicken Feeds Cost Optimization using Linear Programming Technique under Egyptian Conditions”*, estableció como propósito minimizar el costo del alimento balanceado para granjas avícolas de pequeña escala, debido a que el costo de este alimento representa entre el 70% y 80% de los costos totales de producción. Como metodología optó por emplear el modelo de programación lineal sujeta a las limitaciones de nutrientes haciendo uso de 10 ingredientes disponibles localmente. Se obtuvo como resultado, la reducción en los costos de la formulación del alimento de 8,33%, 10% y 13,53% en el caso de los pollos inicio, crecimiento y finalización, respectivamente.

Cotrina y Goicochea [9] en su investigación *“Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, Trujillo 2022”*, tuvieron como objetivo determinar el impacto de la propuesta de

mejora en la rentabilidad de la empresa. Entre las causas identificadas del problema, se tuvo el deficiente balance nutricional de las fórmulas pues fueron determinadas empíricamente, de igual manera la empresa no cuenta con un plan de abastecimiento incurriendo en compras reactivas valorizadas en S/ 4 333,00, y costos de S/ 989,00 en desplazamientos de los operarios por el deficiente layout del molino. La metodología se inició con el diagnóstico actual de la empresa, y en base a ello, se decidió utilizar la programación lineal para optimizar los costos de las fórmulas del alimento, balance de línea, modelo EOQ y distribución de planta. Estas mejoras dieron como resultado el incremento de la rentabilidad en un 43,52%, equivalente a S/ 219 361.

Leonce, Shadrack y Edna [10] en su artículo "*Linear Programming Optimization Model of Broilers Poultry feeds for Local entrepreneurs in Tanzania. A case study of Morogoro Municipality*", tuvieron como objetivo formular un modelo de programación lineal que permita a las avícolas maximizar sus ganancias. Los autores señalan que la actividad agrícola representa aproximadamente el 40% del PIB, sin embargo uno de los principales problemas de Tanzania es la falta de suministro confiable de alimentos para aves, así como los elevados costos de las fórmulas. Como metodología, en primera instancia definieron los requerimientos nutritivos de las aves de corral en diferentes etapas en base a diferentes literaturas, para luego proponer un modelo matemático para mezclar sus alimentos utilizando ingredientes disponibles localmente utilizando el método Simplex, y Lingo para su validez. Como resultado, mediante la formulación óptima propuesta se obtuvo una reducción de costos de formulación del alimento balanceado en aproximadamente 38,2%, 43,7% y 37,3% en el caso de los pollos de engorde, de crecimiento y de finalización.

Iparraguirre y Lucar [11] en su investigación "*Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para reducir los costos operativos de un molino de alimento balanceado, Trujillo 2020*" establecieron como objetivo aplicar una propuesta de mejora mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial para la disminución de los costos operativos. Entre las causas identificadas del problema, se tuvieron al deficiente balance nutricional del alimento balanceado con un costo anual de S/ 5 754 394, el deficiente balance de línea, además de no contar con un plan de abastecimiento que ocasionó pérdidas de S/ 7 283 durante el año. La metodología empezó con el diagnóstico actual de la empresa, y de acuerdo con ello, propusieron la utilización de la herramienta Solver, balance de línea, así como el lote económico de compra. Como resultados, obtuvieron una reducción del 3,79% de los costos operativos del molino de alimento balanceado.

Cabrejos [12] en su investigación *“Propuesta de mejora del proceso productivo de la panificadora Rikitos S.A.C. para el incremento de la productividad de los queques húmedos”* planteó como objetivo proponer la mejora del proceso productivo para aumentar la productividad de los queques húmedos en la Panificadora Rikitos. Las causas relevantes de la baja productividad fueron, las mermas en el proceso siendo un 16,85%, la deficiente distribución de planta causando un recorrido de 107,1 metros con una duración de 7 minutos, además del excesivo cuello de botella en la etapa de horneado de 50,19 minutos. La metodología utilizada fue el estudio de tiempos y movimientos, estandarización de tiempos, implementación de Kardex y por último, redistribución de planta. Antes estas mejoras, obtuvo como resultado, el aumento de la capacidad utilizada en 36,11% y el aumento de la productividad del 55%.

Lucero y Vélchez [13] en su investigación *“Redistribución de planta para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa Alpes Chiclayo S.A.C.”* tuvo como objetivo diseñar la redistribución de planta en el área de producción para incrementar la productividad en la empresa. Las causas de esta baja productividad de 8,63 kg/h-H se debe al recorrido de 106 metros durante 37 minutos ante la deficiente distribución de planta. Como metodología fue la aplicación del Systematic Layout Planning (SLP). Por último, como resultado obtuvo una productividad de 11 kg/h-H, logrando el aumento en un 25,71%.

Luna [14] en su investigación *“Mejoras en la productividad de la planta de producción de alimentos balanceados de la empresa Inversiones Generales y Alimentarias del Sur E.I.R.L. mediante las herramientas de Lean Manufacturing”* tuvo como objetivo mejorar la productividad en el proceso de elaboración de alimento balanceado de aves aplicando herramientas de Lean Manufacturing. El origen de la baja productividad que fue de 108,39 kg/h-h, es resultado de las demoras recurrentes en el precalentado de la peletizadora, el desorden y falta de limpieza en la planta, además de los reprocesos en el peletizado. El método utilizado fue la metodología 5S en la planta de producción de alimentos balanceados, así como la herramienta SMED en el precalentado y regulación de formato de la máquina peletizadora. Como resultado, se logró un aumento del 41,65% en la productividad aumentando a 153,53 kg/h-h.

Mena [15] en su investigación *“Aplicación de ingeniería de métodos en la empresa Super Granja para aumentar la productividad en el proceso de producción de alimento balanceado. Sullana 2021”* tiene como objetivo aplicar la ingeniería de métodos para aumentar la productividad en el proceso de producción de alimento balanceado en la empresa Super Granja. La causa raíz de la baja productividad de 45,5% se debe a la falta de limpieza,

desorden y la deficiente ubicación de los materiales. La metodología utilizada fue la implementación del método 5S. Obteniendo como resultado la disminución del tiempo estándar en 19,7% y el aumento en la productividad en un 24%.

Alarcón [16] en su investigación “*Implementación de la metodología 5S para mejorar la productividad en el área de producción de una empresa procesadora de cereales*” tiene como objetivo incrementar la productividad de mano de obra en el proceso de producción de trigo mote. Esta baja productividad de 0,74 kg/soles es por causa del desorden y falta de limpieza en la planta, productos defectuosos del 5% y la falta de métodos estandarizados. La metodología implementada fue las 5S. Obteniendo como resultado el aumento de la productividad en 21,88%, además de ser viable económicamente con una TIR de 25% y un VAN de S/ 11 324,30.

El alimento balanceado es la mezcla de ingredientes alimenticios o insumos, que proporciona los nutrientes necesarios en niveles adecuados para el crecimiento, mantenimiento, producción o reproducción de los animales [17].

Según Rojas [18], la producción se define como el volumen de artículos manufacturados en un periodo de tiempo establecido. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Producción = \frac{Tiempo\ base}{Ciclo}$$

Sumanth [19], explica que la productividad parcial es la relación entre la producción y una clase de insumo. Se determina mediante las siguientes fórmulas:

$$Productividad\ del\ recurso\ humano = \frac{Producción}{Número\ de\ operarios}$$

$$Productividad\ de\ materia\ prima = \frac{Producción}{Materia\ prima\ que\ ingresa}$$

$$Productividad\ energética = \frac{Producción}{Energía\ empleada}$$

La productividad total es la relación entre la producción y la suma de todos los factores de entrada. Por ende, la medida de la productividad total muestra el impacto global de todos los recursos en la producción del producto. Tanto la producción como los recursos se expresan en unidades monetarias [19].

$$Productividad\ total = \frac{Producción}{R(materiales + energía + mano\ de\ obra)}$$

La capacidad es la cantidad de unidades por producir en un periodo de tiempo específico.

- ✓ Capacidad proyectada o diseñada: Se refiere a la producción máxima teórica que un sistema puede alcanzar en un periodo específico bajo condiciones ideales.
- ✓ Capacidad efectiva: Es la capacidad que una empresa espera lograr considerando su combinación de productos, métodos de programación, mantenimiento y estándares de calidad.
- ✓ Capacidad utilizada: Es la capacidad actual que se está utilizando, teniendo en cuenta las limitaciones operativas existentes.

La utilización es el porcentaje que resulta de dividir la producción real obtenida con la capacidad proyectada.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Capacidad real}}{\text{Capacidad diseñada}} \times 100\%$$

La distribución de la planta se planifica en función del número de actividades involucradas en el proceso productivo, con el objetivo de mejorar la eficiencia y, en consecuencia, la competitividad de la empresa, además de adaptarse a las demandas imprevistas del mercado consumidor. Una distribución adecuada tiene varios beneficios, como la reducción de los requisitos de espacio, la disminución de los recorridos y un mejor control del material. Además, proporciona mayor seguridad a los trabajadores al minimizar los retrasos y la congestión, facilitando también el mantenimiento y los ajustes en el proceso [19].

La programación lineal se define como una técnica de optimización matemática. Bajo el concepto de técnica de optimización, se considera como un método que busca maximizar o minimizar un objetivo específico, como puede ser la maximización de ganancias o la minimización de costos. Este enfoque pertenece a un ámbito más amplio conocido como programación matemática [20].

Materiales y métodos

Tipo y diseño de investigación

Según el objetivo, es una investigación aplicada porque se enfocó en abordar problemas específicos y prácticos de la sociedad o las empresas con el propósito de encontrar soluciones. Según Arias [21], la investigación aplicada se abastece mediante la teoría para resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio.

Según el nivel de profundización en el objeto de estudio, es una investigación descriptiva porque se detallaron las características y aspectos relacionados a la situación de la empresa en

estudio. Para Tamayo y Tamayo [22], la investigación descriptiva comprende la detallada exposición, registro, análisis e interpretación de la situación actual.

Según el tipo/naturaleza de datos empleados, la investigación adoptó un enfoque cuantitativo, orientándose hacia la cuantificación de la recopilación y análisis de datos. Según Hernández, Fernández y Baptista [23], el enfoque cuantitativo comprende la recolección y análisis de datos, donde se pondrán a prueba las hipótesis planteadas anticipadamente.

Según el grado de manipulación de las variables, es no experimental debido a que solo se observó la realidad de la empresa, para posteriormente ser analizada.

El diseño de la investigación es no experimental – transversal, debido a que no se manipuló ninguna variable establecida en el proyecto.

Población y muestra

Para esta investigación, la población se determinó por todos los operarios de la línea de producción de alimento balanceado en polvo de la empresa procesadora de alimento balanceado. Con respecto a la muestra, resultó igual a la población, ya que esta última es de tamaño reducido y se encuentra accesible sin limitaciones.

Técnicas

La observación directa se utilizó para realizar una observación directa del proceso productivo de alimento balanceado. Se registró y analizó detalladamente las actividades, el flujo de trabajo, los tiempos de ejecución y cualquier otro aspecto relevante para identificar áreas de mejora. La recolección de datos se utilizó para recopilar información cuantitativa y cualitativa sobre el proceso productivo. Esto puede incluir datos como la producción diaria, el rendimiento, los tiempos de operación, los tiempos de espera, entre otros.

La clasificación ABC [24] sirvió para segmentar los productos finales y establecer los sacos más vendidos y también los que generaron mayores ingresos en la empresa. Asimismo, se utilizó el método de General Electric Company [25] para determinar el número de muestras previo al estudio de tiempos.

Diagrama de recorrido del proceso se utilizó para mapear y visualizar el flujo físico de materiales y las rutas de transporte dentro del proceso. Esta técnica ayudó a identificar distancias, recorridos innecesarios y cuellos de botella en el proceso, la cual permitió la identificación de oportunidades para optimizar el flujo y reducir los tiempos de transporte.

Instrumentos

Se utilizó una hoja de cálculo, como Microsoft Excel, para recopilar, organizar y analizar los datos relevantes para el proceso productivo. Esta herramienta permitió realizar cálculos, generar gráficos y tablas, y facilitar la presentación de los resultados obtenidos.

Se utilizó instrumentos de medición de distancias, como cintas métricas, para obtener mediciones precisas de las distancias recorridas en el proceso productivo. Esto permitió identificar recorridos innecesarios, evaluar la eficiencia del flujo de materiales y buscar oportunidades para optimizar la distribución de la planta y reducir los tiempos de transporte.

Resultados y discusión

Diagnóstico de la situación actual en el área de producción de la empresa procesadora de alimento balanceado

La empresa en estudio es una empresa dedicada a la producción y comercialización de alimento balanceado para aves, cerdos, vacas y cuyes, localizada en el distrito de José Leonardo Ortiz, provincia de Chiclayo.

✓ Descripción del sistema de producción

La empresa ofrece actualmente 29 productos en alimento balanceado en polvo y pellets, teniendo en cuenta la clase de animal y su etapa de vida. Se realizó la clasificación ABC (Anexo 1 y 2) en donde se indicó que los productos con mayores beneficios son el Crecimiento Cerdo y Engorde Cerdo, ambos en polvo, alcanzando el 25,9% de participación del total de ingresos. Cabe mencionar que estos productos al ser en polvo cuentan con las mismas etapas del proceso productivo. En base a ello, se analizó el proceso productivo de alimento balanceado en polvo, debido a que tiene mayor demanda, en comparación al alimento en pellets.

Materia prima: La materia prima principal utilizada para la elaboración de alimento balanceado es el maíz amarillo duro, seguido de la torta de soya, soya integral, harina de pescado, afrecho de trigo, ñelen, polvillo, pluma de maíz y aceite de soya.

Aditivos: En el anexo 3 se detallan los 26 aditivos empleados en la formulación para la producción de alimento balanceado.

Desperdicios: Se tiene como desperdicio al material particulado generado en la molienda.

Mano de obra: La empresa cuenta con 4 operarios en el área de producción, en la cual realizan diversas funciones, como la de molienda de maíz molido, mezclado y llenado de alimento balanceado, y la estiba de los sacos en polvo y pellets.

Máquinas: La empresa cuenta con 20 máquinas y equipos, destacando la mezcladora horizontal, mezcladora vertical, molino de granos de 20 y 30 HP, entre otras (Anexo 4).

Descripción del proceso productivo: El proceso productivo de alimento balanceado en polvo consiste principalmente en la combinación de proporciones específicas de materia prima, insumos y aditivos. En la empresa, el maíz molido es la única materia prima que se

procesa, a partir del maíz amarillo duro; el resto de los ingredientes se utilizan tal y como llegan.

Proceso productivo de maíz molido:

- a) Recepción e inspección de materia prima: Se ingresa a la empresa, el maíz amarillo duro en sacos de 50 kg, esta es la materia prima principal del alimento balanceado. Después de la descarga, los trabajadores realizan una rápida inspección visual para determinar si los sacos se encuentran en condiciones óptimas.
- b) Molienda y llenado: Posteriormente, los granos de maíz se depositan en los molinos, para ser triturados y así se reduzca el tamaño del maíz. Durante el proceso de molienda del maíz, el operario se encarga de realizar el llenado de los sacos de 50 kg.
- c) Pesado: Durante esta etapa, el trabajador se encarga de realizar el pesado.
- d) Amarrado: El saco de maíz molido de 50 kg es amarrado, para ello el operario utiliza pita de rafia para atar los sacos.
- e) Almacenamiento: Los sacos de maíz molido son trasladados y puestos en camas.

Entonces, ya obtenido el maíz molido, se procede a producir el alimento balanceado en polvo, a continuación, se describirá el proceso productivo para la obtención de este producto terminado.

Proceso productivo de alimento balanceado en polvo:

- a) Pesado de materia prima e insumos: Se pesan las materias primas e insumos, tales cantidades son calculadas de acuerdo con la formulación, y las necesidades del cliente. Cabe resaltar que el operario se traslada en demasía, para tomar cada ingrediente y luego pesarlo, debido a que el área donde están ubicadas se encuentra desordenada.
- b) Mezclado: El trabajador deposita las materias primas, insumos y aditivos en la parte superior de la mezcladora horizontal de tornillo sin fin; esta etapa se realiza con el propósito de lograr una mezcla uniforme.
- c) Llenado: Aquí el operario llena el alimento balanceado en sacos de polipropileno de 40 kg.
- d) Pesado: El operario coloca los sacos con alimento balanceado sobre una balanza electrónica, y rectifica el peso hasta que contenga exactamente 40 kg de alimento.
- e) Cosido: El operario se encarga de coser los sacos haciendo uso de una cosedora.
- f) Almacenamiento: Y, por último, el operario almacena los sacos de alimento balanceado apilándolos en camas.

✓ **Análisis del proceso de producción**

Para analizar los procesos, primero se realizó una medición del proceso de producción de maíz molido, donde resultó un tiempo de proceso de 53,45 minutos, posteriormente obtenido el maíz molido a partir de maíz amarillo duro, inicia el proceso de producción de alimento balanceado como producto final, con una duración de 62,83 minutos para dicho ensayo.

De acuerdo con la técnica General Electric Co. [25] (Anexo 5), se deberían calcular 3 muestras para ambos procesos, pues el tiempo del proceso es mayor a 40 minutos, sin embargo se optó por tomar 5 muestras para garantizar una mayor precisión.

En la tabla 1 se muestra el resumen del diagrama de análisis del proceso (DAP) del maíz molido (Anexo 6), donde se observan las actividades y el tiempo promedio registrado de las 5 muestras (Anexo 7).

Tabla 1. Resumen DAP de maíz molido

Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación	3	37,32	-
Inspección	0	-	-
Combinada	0	-	-
Almacén	2	-	-
Transporte	4	9,4	294,4
Total	9	46,72	294,4

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2, se muestra el resumen del DAP de alimento balanceado en polvo para un lote de 22 sacos de 40 kg (Anexo 8), de acuerdo con el promedio de tiempos registrado en las 5 muestras tomadas (Anexo 9).

Tabla 2. Resumen DAP de alimento balanceado en polvo

Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación	8	30,77	-
Combinada	4	13	-
Demora	2	5,37	-
Almacén	1	-	-
Transporte	8	15,10	437,9
Total	23	64,25	437,9

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 10 se ilustra el diagrama de recorrido del área de producción de maíz molido, empleado como materia prima principal, de igual manera para el proceso de producción de alimento balanceado.

La empresa en el 2023 presentó una demanda insatisfecha de 3046 sacos de alimento balanceado en polvo, ocasionando ingresos no percibidos de S/ 307 646,00 (Anexo 11), considerando el precio promedio de venta de 101 soles por saco.

✓ **Identificación de problemas y sus causas**

Para analizar la situación actual de la empresa, se empleó el diagrama de Ishikawa donde se pudo detallar las causas que originan la baja productividad de la empresa procesadora de alimento balanceado. El diagrama se encuentra en el anexo 12.

Causa 1: Falta de orden y limpieza

El área de producción de la empresa es de aproximadamente 440 m², y como se muestra en el diagrama de recorrido no se utiliza el espacio por completo, esto tiende a que el trabajador ubique las materias primas en distintos lugares de la planta, causando desorden, y esto conlleva a una difícil localización de los materiales. Las demoras ocasionadas por la búsqueda de estos insumos y aditivos, siendo consecuencia del desorden y falta de limpieza, representa un tiempo de 5,37 minutos (demora 2 y 5 del DAP) por lote de 22 sacos producidos.

Para evaluar la situación actual de la empresa con relación a este problema, se llevó a cabo un diagnóstico utilizando un check list aprobado por expertos [26] (Anexo 13). Esta lista de verificación evalúa cinco criterios clave: clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina. Según los resultados del check list realizado, se evidencia que la calificación obtenida en cada uno de los criterios es insuficiente, lo que se traduce en un cumplimiento total del 25,68% de acuerdo con la metodología 5S (Anexo 14).

Asimismo, el desorden y la falta de limpieza ocasionaron que se deje de producir 1086 sacos en el primer semestre del 2023, como se muestra en el anexo 15.

Causa 2: Deficiente distribución de planta

En el diagrama de recorrido (Anexo 10) se evidencia el transporte excesivo realizado por el operario durante el proceso, estos movimientos poco productivos son consecuencia de una distribución de planta deficiente. Los insumos y aditivos necesarios se encuentran en diferentes ubicaciones dentro de la planta, lo que implica la necesidad de trasladarse por diversas áreas. Esto se traduce en un recorrido total de 437,9 metros por cada lote de 22 sacos de alimento balanceado en polvo. De igual manera en el proceso de maíz molido, el operario recorre 294,4 metros para un lote de 398 kg.

De modo que, se determinó que un 23,5% de las actividades en el proceso productivo de alimento balanceado corresponde a los transportes (actividad improductiva). Igualmente, para el proceso de maíz molido, se evidenció un 20,11% de actividades improductivas, a causa de la prolongada duración del transporte, los cálculos se muestran en el anexo 16.

Este porcentaje se comparó y discutió con el fin de saber si eran aceptables o deberían ser reducidos, para ello Montenegro [4] en su investigación sobre el diseño de una nueva planta de alimento balanceado en Chiclayo, calculó el porcentaje de actividades improductivas luego

de la propuesta, donde obtuvo un valor de 14,73% representado por transportes. Dicho valor es inferior comparado con el porcentaje obtenido en la empresa en estudio, esto confirma que se deben reducir las actividades que no agregan valor.

Causa 3: Elevado cuello de botella en el proceso de alimento balanceado

El cuello de botella se encuentra en la etapa de mezclado con un tiempo de 33,79 minutos por cada lote de 22 sacos. Este tiempo fue comparado y discutido con el de una empresa de La Victoria, Chiclayo, en donde el tiempo para el mezclado es de 24,74 minutos para un lote de 1000 kg [6]. Además, el Dr. Campabadal, afirma que, para las mezcladoras horizontales, el tiempo necesario oscila entre 2 y 10 minutos [5].

Este elevado tiempo en el mezclado se debe a que durante la primera fracción de esta etapa se dedica a la búsqueda (causa 1 del problema), traslado (causa 2 del problema) y descarga de los ingredientes, tardando 19,46 minutos, siendo el tiempo restante ejecutado para un mezclado efectivo sin interrupciones. Dicho esto, tanto la búsqueda como el traslado son causas de un elevado tiempo en el mezclado.

Tabla 3. Actividades durante el mezclado

	Actividades	Tiempo (min)	Tiempo (min)
	Búsqueda de macro insumos	1,51	
	Traslado a balanza	1,65	
	Vertido de ingrediente a recipiente	0,89	
	Pesado	1,74	
	Traslado a mezcladora	2,08	
	Descarga	2,57	
Mezclado (33,79 min.)	Traslado a selección de micro	0,32	19,46
	Búsqueda de micro insumos	3,86	
	Traslado a balanza	1,46	
	Vertido de ingrediente a recipiente	0,42	
	Pesado	1,51	
	Traslado a mezcladora	0,91	
	Descarga	0,53	
	Mezclado sin interrupciones	14,32	14,32

Fuente: Elaboración propia

Causa 4: Uso ineficiente de materias primas en la formulación

La empresa cumple con los requerimientos nutricionales (anexo 17) para los productos Crecimiento Cerdo y Engorde Cerdo (más demandados), sin embargo, las fórmulas se han determinado de manera empírica por lo que no se está optimizando el uso de las materias primas a un costo mínimo. En los anexos 18 y 19 se muestran las formulaciones, los requerimientos y el costo de la fórmula. El costo de la fórmula actual de Crecimiento Cerdo es de S/ 1 883,41 para un lote de 1000 kilogramos (25 sacos), siendo el costo por saco de

S/ 75,34. Además, el costo de la fórmula de Engorde Cerdo es de S/ 1 822,23, a un costo por saco de S/ 72,89.

✓ **Indicadores actuales del proceso**

Producción de maíz molido: Para la producción de un lote de 398 kg de maíz molido (7,96 sacos de 50 kg) se consideró como tiempo ciclo al tiempo total que resulta 46,72 minutos, debido a que todo el proceso lo ejecuta un operario. La empresa se trabaja 8 horas por día.

$$\text{Producción} = \frac{480 \text{ minutos/día}}{46,72 \text{ min}/7,96 \text{ sacos}} = 81,78 \text{ sacos/día} = 81 \text{ sacos/día}$$

Producción de alimento balanceado: Para la producción de un lote de 22 sacos de 40 kg de alimento balanceado, de igual manera, se considera como tiempo ciclo al tiempo total, siendo 64,25 minutos, pues el proceso de alimento lo realiza un solo operario.

$$\text{Producción} = \frac{480 \text{ minutos/día}}{64,25 \text{ min}/22 \text{ sacos}} = 164,36 \text{ sacos/día} = 164 \text{ sacos/día}$$

Productividad de mano de obra del maíz molido: La empresa produce 81 sacos de maíz molido al día y está a cargo de 1 operario.

$$\text{Productividad M.O.} = \frac{\text{Producción}}{\text{Nº de operarios}} = \frac{81 \text{ sacos/día}}{1 \text{ operario}} = 81 \frac{\text{sacos}}{\text{día} * \text{operario}}$$

Productividad de mano de obra del alimento balanceado: La empresa produce 164 sacos al día y cuenta con 1 operario para este proceso.

$$\text{Productividad M.O.} = \frac{\text{Producción}}{\text{Nº de operarios}} = \frac{164 \text{ sacos/día}}{1 \text{ operario}} = 164 \frac{\text{sacos}}{\text{día} * \text{operario}}$$

Productividad de materia prima del maíz molido: Por cada kilogramo de maíz amarillo duro se obtiene 0,0199 sacos de maíz molido.

$$\text{Productividad de M.P.} = \frac{\text{Producción}}{\text{MP que ingresa}} = \frac{81 \text{ sacos/día}}{4070,35 \text{ kg/día}} = 0,0199 \text{ sacos/kg}$$

Productividad de materia prima del alimento balanceado: Por cada kilogramo de materia prima que ingresa se obtiene 0,0248 sacos de alimento balanceado.

$$\text{Productividad de M.P.} = \frac{\text{Producción}}{\text{MP que ingresa}} = \frac{164 \text{ sacos/día}}{6612,18 \text{ kg/día}} = 0,0248 \text{ sacos/kg}$$

Productividad global: Se calculó en base a los siguientes costos:

Costos de personal: Considerando los 9 trabajadores, entre operarios y colaboradores, se obtuvo un monto total de S/ 149 520,00 para el primer semestre del 2023. (anexo 20)

Costo de materia prima e insumos: El costo de las materias primas asciende a S/ 269 435,32. Así mismo, el costo de los sacos fue de S/ 3 983,10. Dando un total de S/ 273 418,42. (anexo 21, 22 y 23)

Costo de energía eléctrica: Para el costo de electricidad se toma en cuenta las maquinarias y equipos necesarios para el proceso, siendo un total de S/ 7 977,69. (anexo 24 y 25)

La producción obtenida en el primer semestre es de 3621 sacos de alimento balanceado para los 2 productos más demandados, lo que indica que:

$$Productividad\ global = \frac{3621\ sacos}{S/ 149\ 520,00 + S/ 273\ 418,42 + S/ 7977,69}$$

$$Productividad\ global = 0,0084 \frac{sacos}{soles} = 0,336 \frac{kg}{soles}$$

Se obtuvo como resultado 0,0084 sacos por sol, es decir que por cada sol invertido se obtiene 0,0084 sacos de alimento balanceado.

Capacidad de diseño: Esta capacidad se determinada en base a la capacidad de sus maquinarias, pues la empresa desconoce su capacidad de diseño.

Para maíz molido:

$$Capacidad\ diseñada = \frac{480\ min/día}{3,75\ min/saco} = 128\ sacos/día$$

Para alimento balanceado en polvo:

$$Capacidad\ diseñada = \frac{480\ min/día}{2\ min/saco} = 240\ sacos/día$$

Capacidad efectiva: De acuerdo con el sistema de valoración de Westinghouse [25], se consideró un 14% de calificación, es decir que el 86% del tiempo de trabajo total de la mano de obra es el tiempo efectivo de trabajo. (Anexo 61)

Para maíz molido:

$$Capacidad\ efectiva = 128\ sacos/día \times 86\% = 110\ sacos/día$$

Para alimento balanceado en polvo:

$$Capacidad\ efectiva = 240\ sacos/día \times 86\% = 207\ sacos/día$$

Capacidad real: Se consideró la cantidad máxima de producción que fue de 81 sacos por día para maíz molido, y 164 sacos por día para el producto final que es alimento balanceado.

Utilización: Se calculó la utilización de acuerdo con la capacidad real y la capacidad diseñada calculada anteriormente.

$$Utilización\ (maíz\ molido) = \frac{Capacidad\ Real}{Capacidad\ Diseñada} = \frac{81\ sacos/día}{128\ sacos/día} = 63,28\%$$

Respecto a la capacidad diseñada de maíz molido, solo se está utilizando el 63,28%.

$$\text{Utilización (alimento balanceado)} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad Diseñada}} = \frac{164 \text{ sacos/día}}{240 \text{ sacos/día}} = 68,3\%$$

Respecto a la capacidad diseñada de alimento balanceado, solo se está utilizando el 68,3%.

Eficiencia: Se calculó la eficiencia de acuerdo con la capacidad real y capacidad efectiva.

Para maíz molido:

$$\text{Eficiencia} = \frac{81 \text{ sacos/día}}{110 \text{ sacos/día}} = 73,64\%$$

Para alimento balanceado en polvo:

$$\text{Eficiencia} = \frac{164 \text{ sacos/día}}{207 \text{ sacos/día}} = 79,23\%$$

Elaboración de la propuesta de mejora en el área de producción de la empresa procesadora de alimento balanceado

Se elaboró una tabla que presenta las causas de la baja productividad identificadas anteriormente y las propuestas de mejora planteadas para cada una de estas causas. (Anexo 26)

Propuesta 1: Redistribución de planta de la empresa

Se empleó el método de Guerchet para determinar el área total requerida para el proceso de producción. Siendo necesaria la identificación del número de máquinas y equipos, así como sus dimensiones tridimensionales y el número de operarios. La superficie total se calcula con la suma de la Ss, Sg y Se, esta suma es multiplicada por el número de máquinas o equipos.

Tabla 4. Área o superficie total de la planta

Elementos	n	Ss (m ²)	Sg (m ²)	Se (m ²)	St (m ²)
Molino de granos de 30 HP	1	0,99	1,98	1,76	4,73
Molino de granos de 20 HP	1	0,85	1,70	1,51	4,07
Peletizadora de matriz helicoidal	1	1,68	3,36	2,98	8,02
Enfriador de pellets y zaranda	1	2,20	2,20	2,60	7,00
Caldero	1	0,50	1,01	0,89	2,40
Mezcladora vertical	1	1,12	1,12	1,33	3,58
Mezcladora horizontal	1	3,43	3,43	4,06	10,92
Tolva 1	1	1,60	3,19	2,83	7,62
Tolva 2	1	1,29	2,57	2,28	6,15
Balanza	2	0,27	0,81	0,64	3,44
Parihuelas	14	1,20	3,60	2,84	106,95
Motocarga	2	5,14	15,43	12,17	65,48
Operarios	4	0,50	0,00	0,00	2,00
Superficie Total (m²)					232,35

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, al contar con un área disponible de 175,16 m² (Anexo 27) luego de calcular la superficie requerida, se propuso la implementación de un área de almacenamiento de productos terminados, pues no se cuenta con un área física de almacenamiento, siendo estos sacos apilados al aire libre exponiéndose a la contaminación y por ende la pérdida del producto.

La capacidad del almacén se determinó en base a la producción de febrero de 2596 sacos, el mes con mayor producción en 2023. Se consideró una rotación diaria del producto, sin embargo, se decidió establecer la capacidad para 4 días para garantizar la seguridad ante cualquier contingencia de la demanda. Calculando la capacidad del almacén de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad de almacén para productos terminados} &= \frac{2596 \text{ sacos/mes}}{25 \text{ días/mes}} \times 4 \text{ días} \\ \text{Capacidad de almacén para productos terminados} &= 415,36 \text{ sacos} \end{aligned}$$

Un palet tiene la capacidad máxima de 1200 kg, que equivale a 30 sacos de 40 kg cada uno. Por consiguiente, la cantidad de palets a utilizar es la siguiente:

$$\text{Cantidad de palets} = \frac{415,36 \text{ sacos}}{30 \text{ sacos/palet}} = 13,85 \text{ palets} = 14 \text{ palets}$$

Para la determinación del área de almacén se aplicó Guerchet, considerando el coeficiente de evolución igual a 0,412; dando como resultado una superficie total de 50,51 m². (Anexo 28)

En el anexo 29, se muestra la distribución del almacén de productos terminados desde una vista de planta, siendo un área de 63,84 m² ideal para un transporte fluido de los palets.

Finalmente, el área total requerida es de 324,62 m², considerado el área de 232,35 m² destinada para la ubicación de las maquinarias, el área de almacén propuesto de 63,84 m², servicios higiénicos ya construido de 5,79 m² y el almacén de insumos de 28,7 m² que la empresa ya tiene.

Después de haber calculado el área requerida para cada elemento, se procedió a establecer la secuencia y disposición de las áreas en función de su relevancia, utilizando el método de Systematic Layout Planning (SLP), que consta de 4 pasos.

Paso N°01 Análisis Producto-Cantidad: La producción del primer semestre del 2023 con respecto al alimento balanceado en polvo fue de 13 442 sacos, y en pellets 1674 sacos.

Paso N°02 Análisis del recorrido de los productos: En el anexo 30 muestran los flujos que se producen en la planta.

Paso N°03 Análisis de las relaciones entre actividades: Se utilizó la escala de valores para la proximidad de las actividades. También se consideran los motivos para seleccionar los códigos de proximidad. En base a la escala de proximidad y los motivos, se realizó la matriz triangular relacional de actividades, que establece las relaciones importantes. (Anexo 31)

Paso N°04 Diagrama relacional de actividades: Permite observar de manera gráfica todas las actividades en estudio según su grado de proximidad entre ellos. (Anexo 32)

Culminado estos pasos, se llevó a cabo la realización de la redistribución de planta, como se muestra en la figura 1. El recorrido del proceso en esta distribución se muestra en el anexo 33.

La sostenibilidad de esta propuesta requiere únicamente acciones de supervisión periódica, y se propone la impresión del plano de planta y su colocación visible en el área de producción, como medida de estandarización que facilite la vigilancia del cumplimiento del layout propuesto.

En base a la propuesta de esta distribución de planta en la empresa, se espera una reducción en el tiempo de transporte en el proceso productivo de alimento balanceado en polvo y también el recorrido total en metros.

En la actualidad, el tiempo de transporte para la producción de maíz molido y para alimento balanceado es un promedio de 9,39 minutos y 15,10 minutos por lote, respectivamente. Y basándose en Montenegro [4] en donde redujo los tiempos de transporte en un 60,78%; se espera que en esta investigación alcance una reducción del 40%, debido a que en la referencia se propone un diseño de nueva planta, siendo una propuesta de mayor impacto, a comparación de una redistribución en una planta existente. Esto implica un valor meta de 5,63 minutos por lote para el maíz molido y 9,06 minutos por lote para el alimento balanceado.

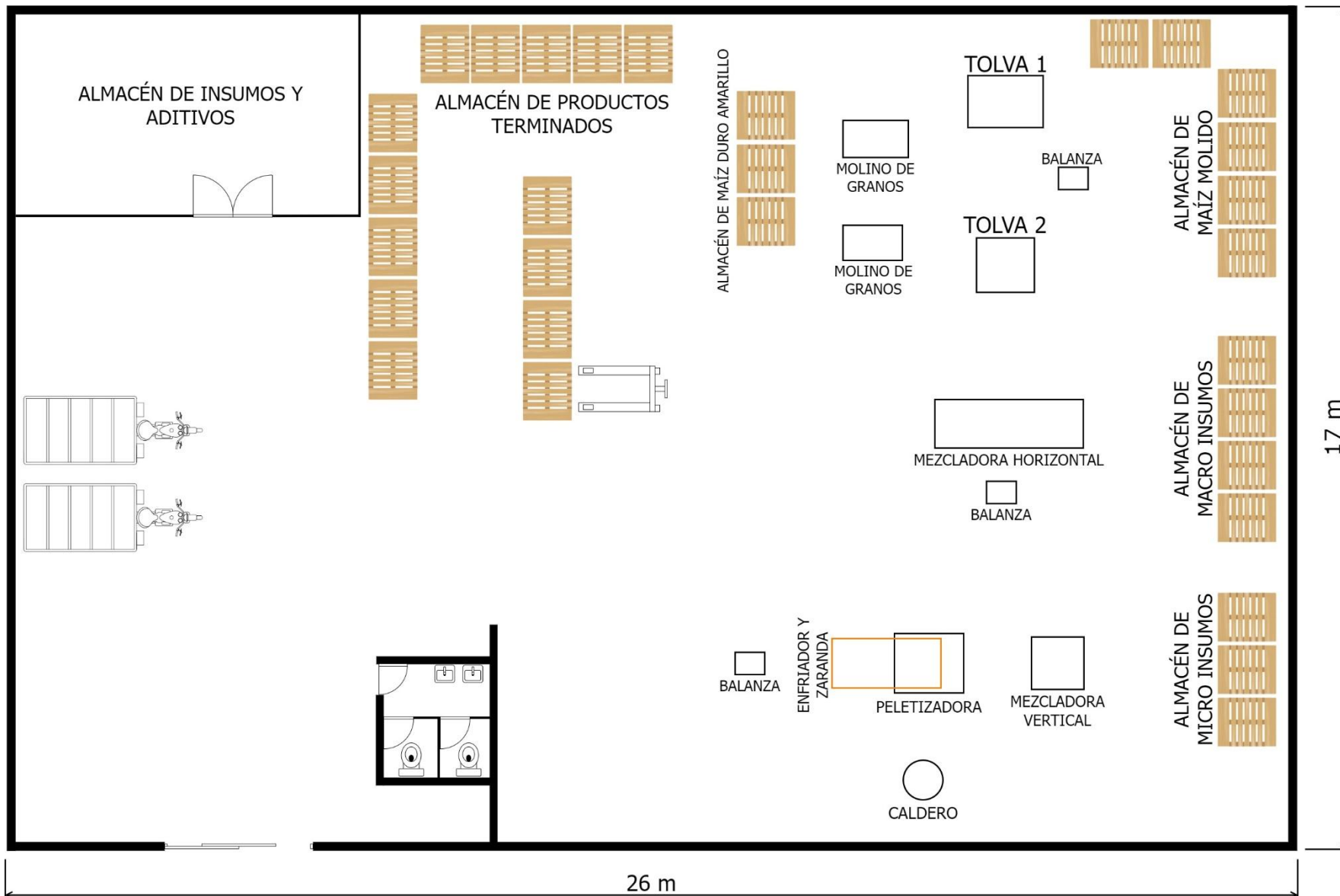


Figura 1. Distribución de planta propuesta

Fuente: Elaboración propia

Propuesta 2: Metodología 5S

Como complemento a la distribución de planta propuesta para la empresa en estudio, se propuso la implementación de la metodología 5S; para ello se utilizó como guía el “*Manual: Estrategia de las 5S*” [27].

Fase 1: Preliminar

Etapa 1: Compromiso de la Alta Dirección

La Alta Dirección, representada por el Gerencia general y el jefe de producción, debe comprometerse y entender la relevancia de completar cada fase y etapa para lograr los objetivos establecidos. Por ello se propone una reunión de compromiso con una duración de 90 minutos (7:30 am – 9:00 am) al inicio de la implementación, además de reuniones conforme se implemente cada “S”, tal como se establece en el cronograma (Anexo 34).

Etapa 2: Organización del Comité 5S

Se debe formar el equipo de trabajo denominado “Comité Central 5S”, encargado de liderar el proceso de implementación. El comité estará integrado por el Gerente general (Líder 5S), el jefe de producción (Coordinador 5S) y los 4 operarios de producción (Equipo Auxiliar 5S). Los integrantes del comité tendrán asignadas responsabilidades, más detalle en el Anexo 35.

Etapa 3: Lanzamiento oficial de las 5S

En esta etapa se da inicio al proceso de implementación, la Alta Dirección convoca y dirige una reunión con el personal de producción, donde se comunicará la implementación de las 5S. Se proponen herramientas para promover las 5S y fomentar la participación. En primer lugar el Lema 5S, “*Orden, limpieza y compromiso, ingredientes para la excelencia*”. Y segundo, un mural informativo en donde se exhibirán gráficos, fotografías, actividades y fechas relevantes relacionadas con las 5S. En el Anexo 36 se observa un primer diseño del mural propuesto.

Etapa 4: Planificación de actividades

Para implementar la metodología 5S se debe definir un cronograma con actividades y plazos de ejecución para garantizar su eficacia. En el Anexo 34, se muestra el diagrama de Gantt con el contenido ya mencionado para un periodo de implementación de cuatro meses.

Fase 2: Ejecución

Etapa 1: Implementación de Seiri (Clasificar)

Durante esta etapa, se plantea la pregunta fundamental acerca de la utilidad de los elementos presentes en el área de trabajo: ¿Son esenciales o prescindibles? Para ello en primer lugar se evidenció la situación de las áreas de trabajo, siendo el área de producción el espacio

crítico, registrado a través de fotografías (Anexo 37). Después de identificar el área crítica, se establecieron criterios de selección para clasificar los objetos y materiales en necesarios o innecesarios, tomando la decisión de transferirlo, regalarlo, venderlo o repararlo.

Posteriormente se elaboró una lista de elementos entre ellos maquinas, herramientas, insumos, cajas, entre otros; que de acuerdo con los criterios de selección se clasificaron y determinaron su disposición final. Se sugiere descartar lo siguiente: el molino de granos malogrado, 3 bidones de agua, 6 bolsas, 3 botellas plásticas y una balanza malograda, también se sugiere vender las 3 tablas, 2 planchas de melamina y un componente de molino.

Con el formato diseñado de las tarjetas rojas (Anexo 38), se procedió a colocarlas en los elementos innecesarios que tendrán como disposición final descartarlos, transferirlos, venderlos o repararlos (Anexo 39). Los elementos como botellas y bidones no resultaron necesarios colocarles tarjetas rojas, debido a que se entiende que deben ser eliminados.

Para el registro de lo realizado, se propuso un informe de notificación de tarjetas rojas que debe ser completado por el operario, a excepción de la columna “Decisión final” que estará a cargo del Gerente General (Líder 5S) y el jefe de producción (Coordinador 5S), entre esas decisiones pueden figurar: vender, transferir, reubicar, reparar o eliminar. (Anexo 40)

Finalmente, se destinó el lugar donde se trasladarán los elementos innecesarios de manera temporal, se recomienda una semana, hasta que se tome la decisión final por parte del Gerente General. Siendo el lugar ideal cerca al estacionamiento.

Etapa 2: Implementación de Seiton (Ordenar)

Esta etapa es clave para la correcta ubicación de los elementos, la forma de colocación y la rotulación, siendo implementado en ese orden.

Análisis y definición del sitio de colocación: Con el espacio disponible generado luego de eliminar los elementos innecesarios, se ubica los elementos necesarios considerando la conveniencia de su acceso y el regreso a su lugar, frecuencia de uso, utilidad y cantidad.

- 1) Sacos de insumos y aditivos: Estos se encuentran ubicados en el suelo en distintas partes del área de producción. Para su disposición es importante conocer qué insumos y aditivos se utilizan más cantidades que otros, para ello se propuso la utilización de palets para los macro insumos que son los ingredientes más utilizados, a excepción del aceite de soya que se almacena en baldes. Se utilizarán 4 palets americanos, uno para cada macro insumo, estos palets están disponibles para su utilización. Con respecto a los micro insumos, será necesario una base con 12 divisiones, debido a que son 12 micro insumos los que se adquieren en sacos, de un total de 19 micro insumos. Las dimensiones de la base son de 243 cm de largo, 78 cm de ancho y 80 cm de alto.

- 2) Baldes de insumos y aditivos: Estos baldes son los que contienen el resto de micro insumos, además del aceite de soya, para ello se propuso la adquisición de estantes. Cada estante, cuenta con dimensiones de 183 cm de largo x 60 cm de ancho x 60 de alto de nivel siendo 3 niveles, se puede almacenar 36 baldes, actualmente dispone de 25 baldes, siendo necesario un estante. El resto de espacio disponible se usará para colocar micro insumos que se adquieren en bolsas de 10 kg.

Definición de la forma de colocación: Las ubicaciones serán destinadas de acuerdo con el proceso de producción, siendo necesaria la cercanía de los palets y racks al proceso.

Rotulación: La rotulación es un recurso visual que facilita la identificación de la ubicación de los distintos elementos, lo que ayuda a disminuir el tiempo en la búsqueda de estos. En el anexo 41, 42 y 43 se muestra la roturación para macro y micro insumos.

Etapa 3: Implementación de Seiso (Limpieza)

La tercera etapa consiste en eliminar el polvo, grasa o cualquier suciedad que se encuentre en el lugar de trabajo. Rodríguez [27] recomienda lo siguiente:

Determinar el ámbito de aplicación y planificación de actividades: Se determina las zonas, los ámbitos de aplicación, actividades a realizar, así como el responsable. (Anexo 44)

Etapa 4: Implementación de Seiketsu (Estandarizar)

En esta etapa consiste en mantener lo realizado en las tres etapas anteriores de clasificación, orden y limpieza; de forma que se conviertan en un hábito para los colaboradores el mejorar continuamente el lugar de aplicación de esta metodología. Para ello se utilizó la lista de verificación de las 3S. (Anexo 45)

Etapa 5: Implementación de Shitsuke (Disciplina)

La última “S” es de gran importancia, ya que se interrelaciona el cumplimiento de los procedimientos establecidos por la empresa, con el compromiso y conocimiento para la realización de las actividades. Se propone capacitaciones sobre las 5S, programadas 3 veces al año, cada capacitación consta de 4 sesiones de 2,5 horas cada una. Y por otro lado, el reconocimiento de logros, fomentando así la motivación y el compromiso.

En base a la metodología 5S, se espera una reducción en los tiempos de búsqueda de los ingredientes durante el proceso productivo de alimento balanceado.

En la actualidad, el tiempo de búsqueda de los nutrientes es de 5,37 minutos por lote. Y de acuerdo con el antecedente Luna [14], logró reducir el tiempo total de proceso en un 59,04% utilizando la metodología 5S, de igual manera Mena [15] redujo el tiempo estándar en un 19,7% utilizando esta misma metodología, es por ello que se espera que los tiempos de

búsqueda se reduzcan un 39%, siendo el promedio de ambos valores, siendo el valor meta de 3,28 minutos por lote.

Propuesta 3: Modelo de optimización de formulación de alimento balanceado para Crecimiento Cerdo y Engorde Cerdo con programación lineal

Crecimiento Cerdo: El modelo de programación lineal cuenta con una función objetivo donde se requiere minimizar el costo de la formulación de alimento, asimismo está sujeto a 24 restricciones (Anexo 46). El resultado de la dieta propuesta obtenida del modelo de programación lineal haciendo uso del Solver en Excel, se demuestra en el Anexo 47.

Esto resulta un costo mínimo de S/ 1742,8 para 1000 kg de alimento Crecimiento Cerdo, siendo el costo por saco de S/ 69,71; reduciendo S/ 5,62 al costo actual que es de S/ 75,34.

Engorde Cerdo: El modelo de programación lineal cuenta con una función objetivo donde se requiere minimizar el costo de la formulación de alimento, asimismo está sujeto a 24 restricciones (Anexo 48). El resultado de la dieta propuesta obtenida del modelo de programación lineal haciendo uso del Solver en Excel, se demuestra en el Anexo 49.

Esto resulta un costo mínimo de S/ 1764 para 1000 kg de alimento Engorde Cerdo, siendo el costo por saco de S/ 70,56; reduciendo S/ 2,33 al costo actual que es de S/ 72,89.

De esta manera, se logró disminuir el costo de la fórmula, además de cumplir con los requerimientos nutricionales. Se tuvo como meta disminuir un 6,15% de los costos de las fórmulas, que proviene del promedio de la reducción de costos en las investigaciones de Metwally [8] e Iparraguirre y Lucar [11], en la cual sí se logró cumplir y superar para el alimento Crecimiento Cerdo (7,47%), sin embargo, para Engorde Cerdo se redujo un 3,20%.

Indicadores después de la propuesta de mejora

Proceso de maíz molido:

El *tiempo de proceso* se obtuvo en base al nuevo tiempo de transporte durante el proceso el cual es de 5,63 min/lote. Resultando 42,9 min/lote, equivalente a 5,39 min/saco de maíz molido.

Las *actividades productivas* se calculan a partir de los tiempos mejorados de proceso, equivalente a 86,88%. Mientras que las actividades improductivas resultan el 13,12%.

La *producción de maíz molido* se calculó con el tiempo de ciclo por lote de 5,39 min/saco.

$$\text{Producción de maíz molido} = \frac{480 \text{ minutos}}{5,39 \text{ minutos/saco}} = 88,97 \frac{\text{sacos}}{\text{día}} = 88 \text{ sacos/día}$$

La *productividad de mano de obra* se considera la producción de 88 sacos y 1 operario.

$$\text{Productividad M. O.} = \frac{88 \text{ sacos/día}}{1 \text{ operario}} = 88 \text{ sacos}/(\text{día} * \text{operario})$$

La *productividad de materia prima* se calculó de acuerdo con la producción y la materia prima que se utilizó para dicha producción.

$$\text{Productividad de Materia Prima} = \frac{88 \text{ sacos/día}}{4422,11 \text{ kg/día}} = 0,0199 \text{ sacos/kg}$$

La *capacidad de diseño* se mantiene en 128 sacos por día, que es la capacidad del molino.

La *capacidad efectiva* se mantiene en 110 sacos por día.

La *capacidad real* se consideró como la producción máxima de 88 sacos por día.

La *utilización* de la empresa en este proceso es de 68,75%.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad Diseñada}} = \frac{88 \text{ sacos/día}}{128 \text{ sacos/día}} = 68,75\%$$

La *eficiencia* se calculó de acuerdo con la capacidad real y capacidad efectiva.

$$\text{Eficiencia} = \frac{88 \text{ sacos/día}}{110 \text{ sacos/día}} = 80\%$$

Proceso de alimento balanceado en polvo:

El *tiempo de procesamiento* se obtuvo considerando el nuevo tiempo de transporte que resulta 9,06 minutos por cada lote de 22 sacos de alimento balanceado en polvo. Además de considerar la reducción en el tiempo de demora (búsqueda) a 3,28 minutos/lote. Resultando 56,14 minutos por un lote de 22 sacos, que equivale a 2,55 minutos por saco.

Las *actividades productivas* se calculan a partir de los tiempos mejorados de proceso, equivalente a 78,03%. Mientras que las actividades improductivas resultan el 21,97%.

La *producción* se calculó con el tiempo de ciclo por lote de 2,55 minutos por saco.

$$\text{Producción de alimento balanceado en polvo} = \frac{480 \text{ minutos}}{2,55 \text{ min/saco}} = 188 \frac{\text{sacos}}{\text{día}}$$

La *productividad de mano de obra* se considera la producción de 188 sacos y 1 operario.

$$\text{Productividad M. O.} = \frac{188 \text{ sacos/día}}{1 \text{ operario}} = 188 \text{ sacos}/(\text{día} * \text{operario})$$

La *productividad de materia prima* se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Productividad de Materia Prima} = \frac{188 \text{ sacos/día}}{7579,82 \text{ kg/día}} = 0,0248 \text{ sacos/kg}$$

La *productividad global* se calculó en base a los siguientes costos:

Costos de personal: Considerando los 9 trabajadores, entre operarios y colaboradores, se obtuvo un monto total de S/ 24 920,00. (anexo 50)

Costo de materia prima e insumos: El costo de las materias asciende a S/ 78 927,52. Así mismo, el costo de los sacos fue de S/ 1 239,70. Dando un total de S/ 80 167,22. (anexo 51)

Costo de energía eléctrica: Para el costo de electricidad se toma en cuenta las maquinarias y equipos necesarios para el proceso, siendo un total de S/ 2 310,9. (anexo 52 y 53)

La producción mensual obtenida con la mejora es de 4700 sacos de alimento balanceado en polvo, que resulta de la producción diaria de 188 sacos por los 25 día laborables. Por otra parte, el porcentaje de participación de Crecimiento Cerdo y Engorde Cerdo en el primer semestre del 2023 fue de 14,88% y 9,08% respectivamente, por lo que en base a esta producción se estaría produciendo y comercializando 700 sacos de Crecimiento Cerdo y 427 sacos de Engorde Cerdo, dando un total de 1127 sacos.

$$Productividad\ global = \frac{1127\ sacos}{S/ 24\ 920,00 + S/ 80\ 167,22 + S/ 2\ 310,9} = 0,01049 \frac{sacos}{soles}$$

Se obtuvo como resultado 0,01049 sacos por sol, es decir que por cada sol invertido se obtiene 0,01049 sacos de alimento balanceado.

La *capacidad de diseño* se mantiene en 240 sacos de alimento balanceado por día.

La *capacidad efectiva* se mantiene en 207 sacos por día.

La *capacidad real* se consideró como la producción máxima de 188 sacos por día.

La *utilización* de la empresa en este proceso es de 78,33%.

$$Utilización = \frac{Capacidad\ Real}{Capacidad\ Diseñada} = \frac{188\ sacos/día}{240\ sacos/día} = 78,33\%$$

La *eficiencia* se calculó de acuerdo con la capacidad real y capacidad efectiva.

$$Eficiencia = \frac{188\ sacos/día}{207\ sacos/día} = 90,82\%$$

Cuadro comparativo de indicadores

Tabla 5. Resumen de indicadores para el proceso de la materia prima principal

Indicador	Actual	Propuesto	Unidad	Mejora %	
Tiempo de proceso de maíz molido	5,87	5,39	minutos/saco	Reducción	-8,08%
Producción de maíz molido	81	88	sacos/día	Aumento	8,64%
Actividades productivas	79,89%	86,88%	%	Aumento	6,99%
Actividades improductivas	20,11%	13,12%	%	Reducción	-6,99%
Productividad de mano de obra de maíz molido	81	88	sacos/(día*operario)	Aumento	8,64%
Productividad de materia prima del maíz molido	0,0199	0,0199	sacos/kg	-	-
Capacidad de diseño para maíz molido	128	128	sacos/día	-	-
Capacidad efectiva para maíz molido	110	110	sacos/día	-	-
Capacidad real para maíz molido	81	88	sacos/día	Aumento	8,64%
Utilización	63,28%	68,75%	%	Aumento	5,47%
Eficiencia	73,64%	80%	%	Aumento	6,36%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Resumen de indicadores para el alimento balanceado en polvo

Indicador	Actual	Propuesto	Unidad	Mejora %	
Tiempo de proceso de alimento balanceado	2,92	2,55	minutos/saco	Reducción	-12,62%
Costo de materia prima de alimento balanceado para Crecimiento Cerdo	75,34	69,712	S/ /saco	Reducción	-7,47%
Costo de materia prima de alimento balanceado para Engorde Cerdo	72,89	70,56	S/ /saco	Reducción	-3,20%
Producción de alimento balanceado	164	188	sacos/día	Aumento	14,63%
Actividades productivas	68,14%	78,03%	%	Aumento	9,89%
Actividades improductivas	31,86%	21,97%	%	Reducción	-9,89%
Productividad de mano de obra de alimento balanceado	164	188	sacos/(día*operario)	Aumento	14,63%
Productividad de materia prima del alimento balanceado	0,0248	0,0248	sacos/kg	-	-
Productividad Global	0,00840	0,01049	sacos/S/	Aumento	24,87%
Capacidad de diseño	240	240	sacos/día	-	-
Capacidad efectiva	207	207	sacos/día	-	-
Capacidad real	164	188	sacos/día	Aumento	14,63%
Utilización	68,33%	78,33%	%	Aumento	10%
Eficiencia	79,23%	90,82%	%	Aumento	11,59%

Fuente: Elaboración propia

Evaluación económica de la propuesta de mejora

El desarrollo del tercer objetivo consiste en evaluar económicamente la propuesta de mejora, que durante el desarrollo de la investigación se plantearon tres, la redistribución de planta de alimento balanceado, la propuesta de implementación de las 5S, y la última mejora en reducir el costo de la formulación manteniendo los mismos estándares usando la programación lineal.

La propuesta estaría generando una producción adicional de 7224 en un año (anexo 60), con un promedio de 602 sacos por mes, y por otro lado, tal como se verifica en el anexo 11 la demanda insatisfecha estaba en aumento mes tras mes, con un promedio de 651 sacos de marzo a junio del 2023. Esto afirma que la producción adicional estaría satisfaciendo la demanda que no lograba cumplir.

Debido a que la investigación se hizo en base a los dos productos más demandados como lo son Crecimiento Cerdo (14,88% del total de ventas) y Engorde Cerdo (9,08%), los ingresos se basaron en estos dos productos, considerando el precio de S/ 110,00 y S/ 108,00. Se obtuvo un beneficio total de S/ 188 882,00 (anexo 55).

En los anexos 54, 55, 56 y 57 se encuentran las cotizaciones de la inversión. Cabe mencionar que la capacitación 5S se dará en el mes 1, 6 y 12 respectivamente. Se calculó una inversión de S/ 4 183,46 y un costo de S/ 3 481,00. (Anexo 58)

Asimismo, se consideran los costos generados por la producción adicional, como los costos de materiales directos e indirectos y los costos de energía eléctrica (Anexo 59). Por consiguiente, se obtiene el siguiente estado de resultados, cabe mencionar que en GAV se consideró el costo del reconocimiento de logros, que es una canasta valorizada en S/ 59,00.

Tabla 7. Estado de resultados

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos		S/15 622,00	S/15 622,00	S/15 622,00	S/16 386,00	S/15 622,00	S/15 076,00	S/16 386,00	S/15 076,00	S/16 386,00	S/15 076,00	S/16 386,00	S/15 622,00
Costos operativos		S/ 10 436,28	S/10 436,28	S/10 436,28	S/10 945,08	S/10 436,28	S/10 069,95	S/10 945,08	S/10 069,95	S/10 945,08	S/10 069,95	S/10 945,08	S/10 436,28
Capacitación 5S		S/3 422,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/3 422,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/3 422,00
Depreciación		S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00
GAV		S/59,00	S/59,00	S/59,00	S/59,00	S/59,00	S/59,00	S/59,00	S/59,00	S/59,00	S/59,00	S/59,00	S/59,00
Utilidad antes de impuestos		S/1 704,72	S/5 126,72	S/5 126,72	S/5 381,92	S/5 126,72	S/1 525,05	S/5 381,92	S/4 947,05	S/5 381,92	S/4 947,05	S/5 381,92	S/1 704,72
Impuestos (29.5%)		S/502,89	S/1 512,38	S/1 512,38	S/1 587,67	S/1 512,38	S/449,89	S/1 587,67	S/1 459,38	S/1 587,67	S/1 459,38	S/1 587,67	S/502,89
Utilidad después de impuestos		S/1 201,83	S/3 614,34	S/3 614,34	S/3 794,25	S/3 614,34	S/1 075,16	S/3794,25	S/3 487,67	S/3 794,25	S/3 487,67	S/3 794,25	S/1 201,83

Fuente: Elaboración propia

Ya obtenida la utilidad después de impuestos, se calcula el flujo de caja, considerando la depreciación:

Tabla 8. Flujo de caja

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Utilidad después de impuestos		S/1 201,83	S/3 614,34	S/3 614,34	S/3 794,25	S/3 614,34	S/1 075,16	S/3794,25	S/3 487,67	S/3 794,25	S/3 487,67	S/3 794,25	S/1 201,83
Depreciación		S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00	S/0,00
Inversión	S/4 183,46	S/1 201,83	S/3 614,34	S/3 614,34	S/3 794,25	S/3 614,34	S/1 075,16	S/3794,25	S/3 487,67	S/3 794,25	S/3 487,67	S/3 794,25	S/1 201,83

Fuente: Elaboración propia

El flujo neto de efectivo se muestra a continuación:

Tabla 9. Flujo neto de efectivo

Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FNE	-S/4,183,46	S/1 201,83	S/3 614,34	S/3 614,34	S/3 794,25	S/3 614,34	S/1 075,16	S/3794,25	S/3 487,67	S/3 794,25	S/3 487,67	S/3 794,25	S/1 201,83
FNA	-S/4 183,46	-S/2 981,63	S/632,71	S/4 247,04	S/8 041,30	S/11 655,63	S/12 730,80	S/16 525,05	S/20 012,72	S/23 806,97	S/27 294,64	S/31 088,89	S/32 290,72

Fuente: Elaboración propia

El TMAR se calculó en base a la inflación de lo que va del 2024 de 2,4% [28] y un riesgo medio de 12%. Mediante la siguiente fórmula:

$$TMAR = Tasa\ de\ inflación\ (\%) + Tasa\ de\ riesgo\ (\%) + Tasa\ de\ inflación \times Tasa\ de\ riesgo$$

$$TMAR = 2,4\% + 12\% + 2,4\% \times 12\% = 14,69\%$$

El TMAR obtenido es de 14,69%, en tanto el TMAR mensual resultó 1,15%. Entonces, según la evaluación económica de la propuesta se tiene un Valor Actual Neto de S/ 29 687,58. Al mismo tiempo, la Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 62,3%, siendo mayor al TMAR mensual de 1,15% indicando que el proyecto es rentable económicamente. Y el B/C de 1,204, es decir que por cada S/ 1,00 invertido, se obtendría una ganancia de S/ 0,204.

$$\frac{B}{C} = \frac{VAN\ Ingresos}{VAN\ Egresos} = \frac{S/ 175\ 490,40}{S/ 145\ 802,82} = 1,204$$

Discusión

Mediante el diagnóstico de la situación actual, se llevó a cabo el análisis del proceso productivo de alimento balanceado en polvo, dado que este producto constituye más del 80% de las ventas de la empresa. Como resultado del diagnóstico, se determinó que la productividad global era de 0,0084 sacos de alimento balanceado por unidad monetaria, afectada principalmente por actividades improductivas que representaban el 31,86% siendo cubierta por transportes y demoras, y un tiempo de proceso de 3,01 minutos por saco. Al comparar estos hallazgos con los resultados obtenidos por Montenegro [4] en una situación más crítica, se observó que el proceso presentaba actividades improductivas del 44,5%, así como un cuello de botella de 4,3 minutos por saco; esto se atribuye al hecho de que la empresa operaba con dos locales separados 1,5 km, uno dedicado al procesamiento de la materia prima principal, y otro para las etapas posteriores de obtención del alimento balanceado.

En la presente investigación se evaluó el incremento de la productividad en una empresa procesadora de alimento balanceado. Según la propuesta, se logró un aumento en la productividad global del 24,87%, lo que se traduce en 0,01049 sacos de alimento balanceado en polvo por sol invertido, así como la reducción en el tiempo de búsqueda de insumos de 5,37 a 3,28 minutos por lote. Al comparar este resultado con el obtenido por el investigador Luna Corimaya [14], quien implementó la metodología 5S en una planta de alimento balanceado, se observa que disminuyó el tiempo en 59,04% y la productividad aumentó en 41,65%; de igual manera la investigadora Karla Alarcón Gutiérrez, utilizando la metodología 5S en el área de producción de cereales, pudo aumentar la productividad en 21,88%.

También, en esta investigación, se utilizó como propuesta la redistribución de planta con el propósito de reducir el recorrido por parte de los operarios durante el proceso, se sabe que se obtuvo un incremento en la productividad de 24,87%, variación similar al de los investigadores Andy Lucero y Juan Vílchez [13], pues en su tesis diseñaron la redistribución de planta en el área de producción de conservar de frijol mediante la metodología SLP, obteniendo como resultado el aumento en la productividad del 25,71%. Por otro lado, en su tesis la investigadora Sara Montenegro [4], propuso el diseño de una nueva planta para una empresa de alimento balanceado, su enfoque integró el estudio de tiempos, la localización y distribución de planta, lo que resultó en un aumento sustancial de la productividad total, pasando de 0,72 a 1,236, es decir incrementó en 71,67%, esta mejora significativa se atribuye no solo a la redistribución de la planta, sino también a la selección de una nueva localización, lo que generó un impacto positivo aún mayor en la productividad.

La tercera y última propuesta consistió en la optimización de la formulación de alimento balanceado mediante programación lineal, esto resultó en la reducción del costo de materiales directos por saco del 7,47% para Crecimiento Cerdo y del 3,20% para Engorde Cerdo. Al comparar esta reducción con los resultados obtenidos por Metwally [8], quien también empleó un modelo de programación lineal, se observó que logró reducciones del 8,33%, 10% y 13,53% en los costos de formulación del alimento para pollos inicio, crecimiento y finalización, respectivamente; estas cifras superaron la mejora propuesta de la presente investigación. Sin embargo, los investigadores Iparraguirre y Lucar [11] en su estudio, usando la misma metodología, solo lograron reducir 1,67% el costo de materias primas por saco para la producción de alimento balanceado, equivalente a un ahorro de S/ 83 154 anual.

De acuerdo con la evaluación económica del proyecto, se obtuvo un B/C de 1,2 y una TIR del 62,3%; dicho resultado se comparó con las investigaciones de Luna [14] y Montenegro [4], en donde obtuvieron ganancias por cada sol invertido de S/ 0,56 y S/ S/ 0,128 respectivamente. Siendo viable económicamente para los proyectos mencionados, incluyendo la presente investigación.

Conclusiones

La propuesta de mejora en el área de producción en una empresa procesadora de alimento balanceado logró aumentar la productividad en un 24,87%, pasando de 0,0084 a 0,01049 sacos de alimento balanceado en polvo/soles.

Se diagnosticó la situación actual en el área de producción de la empresa, revelando las principales causas detrás de la baja productividad. Se identificó que los elevados recorridos de 15 minutos por lote de alimento balanceado representaron el 23,5% en transporte con respecto

al total de actividades. Además, se observó la falta de orden y limpieza en la planta de producción, lo que ocasionaba la búsqueda prolongada de macro y micro insumos con una duración de 5,37 minutos por lote, además de cumplir con solo el 25% del check list de 5S. Por otro lado, la formulación de alimento balanceado se evidenció que sí cumplía con los requerimientos nutricionales, sin embargo, su elaboración de manera empírica no garantizaba el costo mínimo. Esto ocasionó una demanda insatisfecha de 3046 sacos durante el primer semestre del 2023, generando ingresos no percibidos de S/ 307 646,00.

Se propuso una mejora integral en la empresa procesadora de alimento balanceado, basada en la redistribución de la planta, la metodología 5S y la optimización del costo de formulación mediante programación lineal. La redistribución permitió reducir los tiempos de transporte por lote en la producción de maíz molido de 9,39 a 5,63 minutos, y en la producción de alimento balanceado de 15,1 a 9,06 minutos. Asimismo, se propuso la implementación de la metodología 5S en donde se obtuvo una disminución en los tiempos de búsqueda de insumos de 39%; ambas propuestas en conjunto resultaron en una reducción de las actividades improductivas en 13,12% y 21,97%. Para reducir el costo de la formulación se utilizó la programación lineal, logrando reducir el costo por saco de Crecimiento Cerdo y Engorde Cerdo un 7,47% y 3,20%, respectivamente. El resultado de estas mejoras fue el aumento de la productividad global en un 24,87%, siendo la propuesta de optimización de la formulación la de mayor impacto con un aumento en la productividad de 14,46%.

Se evaluó económicamente la propuesta, concluyendo que el proyecto es rentable, pues según los siguientes indicadores financieros, valor actual neto (VAN) de S/ 29 687,58, la TIR de 62,3% (mayor al TMAR mensual de 1,15%), y un B/C de 1,204, es decir que por cada S/ 1,00 invertido, se obtendría una ganancia de S/ 0,204.

Recomendaciones

Se recomienda a futuros investigadores, debido a la gran cantidad de materias primas que se utilizan para producir alimento balanceado, realizar un estudio en el control de la planificación de requerimientos de materiales (MRP) con el fin de garantizar el abastecimiento oportuno de las materias para la producción del alimento balanceado.

Se recomienda a futuros investigadores complementar la programación lineal propuesta con la restricción del precio sombra, con el fin de conocer y analizar el precio máximo que estaría dispuesto a pagar la empresa por la adquisición adicional de cualquier recurso.

Se recomienda a próximos trabajos de investigación, proponer un estudio de análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP) para mejorar la seguridad alimentaria y la calidad del producto.

Referencias

- [1] Alltech, «Agri-Food Outlook 2024,» Lexington, 2025.
- [2] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, «Producción Agroindustrial Alimentaria 2022,» Lima, 2023.
- [3] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, «El agro en cifras,» Lima, 2022.
- [4] S. Montenegro, «Diseño de una nueva planta de alimento balanceado para la empresa Alba Mix Nutrición S.A.C. para mejorar su productividad,» Chiclayo, 2017.
- [5] C. Campabadal, «PROBLEMAS PRACTICOS EN LA MANUFACTURA Y UTILIZACION DEL ALIMENTO,» 2002.
- [6] A. Livaque y D. Peña, «ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA DE ALIMENTOS BALANCEADOS KIME E.I.R.L. - CHICLAYO 2019,» Chiclayo, 2020.
- [7] P. Bocanegra, R. Aliaga, Y. Garcia y E. Gutierrez, «Feed formulation problem in Peruvian aquaculture: A mathematical programming approach,» *Proceedings of the 3rd South American International Industrial Engineering and Operations Management Conference*, pp. 1337-1345, 19 Julio 2022.
- [8] M. Metwally, «Broiler Chicken Feeds Cost Optimization using Linear Programming Technique under Egyptian Conditions,» *Acta Scientific Veterinary Sciences*, vol. V, nº 7, pp. 53-63, 13 Junio 2023.
- [9] W. Cotrina y K. Goicochea, «Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, Trujillo 2022,» Trujillo, 2022.
- [10] L. Leonce, M. Shadrack y A. Edna, «Linear Programming Optimization Model of Broilers Poultry feeds for Local entrepreneurs in Tanzania. A case study of Morogoro Municipality,» *International Journal of Education and Research* , vol. IX, nº 10, pp. 53-64, 10 Octubre 2021.
- [11] S. Iparraguirre y N. Lucar, «Propuesta de mejora en la gestión de producción y logística para reducir los costos operativos de un molino de alimento balanceado, Trujillo 2020,» Trujillo, 2022.

- [12] M. Cabrejos, «Propuesta de mejora del proceso productivo de la panificadora Rikitos S.A.C. para el incremento de la productividad de los queques húmedos,» Chiclayo, 2023.
- [13] A. Lucero y J. Vílchez, «Redistribución de planta para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa Alpes Chiclayo S.A.C.,» Chiclayo, 2020.
- [14] K. Luna Corimaya, «Mejoras en la productividad de la planta de producción de alimentos balanceados de la empresa Inversiones Generales y Alimentarias del Sur E.I.R.L. mediante las herramientas de Lean Manufacturing,» Arequipa, 2023.
- [15] G. Mena, «Aplicación de ingeniería de métodos en la empresa Súper Granja para aumentar la productividad en el proceso de producción de alimento balanceado. Sullana 2021,» Piura, 2022.
- [16] K. A. Alarcón Gutierrez, «Implementación de la metodología 5S para mejorar la productividad en el área de producción de una empresa procesadora de cereales,» Lima, 2023.
- [17] Congreso de la República del Perú, Decreto Supremo N°015-98-AG, Lima, Lima, 1998, pp. 162447-162452.
- [18] C. Rojas, Diseño y control de producción I, Trujillo, La Libertad: Libertad E.I.R.L., 1996.
- [19] D. Sumanth, Productivity Engineering and Management, Boston: McGraw-Hill, 1984.
- [20] M. Puente y Ó. Gavilánez, «Programación lineal para la toma de decisiones,» ESPOCH, Riobamba, 2018.
- [21] J. L. Arias Gonzáles, Diseño y metodología de la investigación, Primera ed., E. C. EIRL, Ed., Arequipa, 2021, p. 68.
- [22] M. Tamayo y Tamayo, Proceso de Investigación Científica, p. 35.
- [23] R. Hernández, C. Fernández y M. Baptista, Metodología de la investigación, Quinta ed., México D.F.: McGraw-Hill, 2010.
- [24] L. Krajewski, L. Ritzman y M. Malhotra, Administración de operaciones, 752 ed., L. Cruz, Ed., México D.F., Naucalpan de Juárez: Pearson, 2088.
- [25] B. Nievel y A. Freivalds, Ingeniería Industrial métodos, estándares y diseño del trabajo, Duodécima ed., México D.F.: McGraw-Hill, 2009, p. 614.
- [26] M. Chunga, «Propuesta de mejora de la gestión de inventario aplicando las 5s en una empresa de productos geosintéticos, Lima 2021,» Lima, 2021.

- [27] J. Rodríguez, Manual: Estrategia de las 5S - Gestión para la mejora continua, Primera ed., Tegucigalpa, 2010, p. 162.
- [28] Infobae, «Inflación del Perú destaca como la más baja entre las principales economías de la región,» 16 Mayo 2024. [En línea]. Available: <https://www.infobae.com/peru/2024/05/16/inflacion-del-peru-destaca-como-la-mas-baja-entre-las-principales-economias-de-la-region/>. [Último acceso: 21 Mayo 2024].
- [29] V. Valdivia, «Modelo de optimización de alimentos balanceados para cerdos en la región Arequipa,» Arequipa, 2018.
- [30] C. Campabadal, «Guía técnica para alimentación de cerdos,» Imprenta Nacional, Costa Rica, 2009.
- [31] Y. Ojaghi, A. Khademi, N. Mohd, N. Ghorbani y S. Helmi, «Production Layout Optimization for Small and Medium Scale Food Industry,» *Procedia CIRP*, vol. 26, pp. 247-251, 2015.
- [32] Ganadería.com, «Ganadería.com,» [En línea]. Available: <https://www.ganaderia.com/destacado/el-sector-pecuario-en-america-latina>. [Último acceso: 22 Abril 2023].
- [33] M. Rossini, F. Audino, F. Costa, F. Dafne, K. Kundu y A. Portioli-Staudacher, «Extending lean frontiers: a kaizen case study in an Italian MTO manufacturing company,» *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, n° 5-8, pp. 1869-1888, 2019.

Anexos

Anexo 1. Clasificación ABC en base a ingresos totales

N°	Producto	Ingresos totales	%	% Acumulado	ABC
1	Creci II Cerdo	S/ 247 390	16,22%	16,22%	A
2	Engorde Cerdo	S/ 148 176	9,72%	25,94%	A
3	Inicio Ave	S/ 138 120	9,06%	35,00%	A
4	Ganado Alta	S/ 96 560	6,33%	41,33%	A
5	Postura Ave	S/ 96 202	6,31%	47,64%	A
6	Ganado Media	S/ 85 120	5,58%	53,22%	A
7	Engorde Ave	S/ 73 040	4,79%	58,01%	A
8	Creci Ave	S/ 72 050	4,72%	62,73%	A
9	Lactante Cerdo	S/ 63 825	4,19%	66,92%	A
10	Inicio Cerdo	S/ 59 410	3,90%	70,81%	A
11	Gestante Cerdo	S/ 56 490	3,70%	74,52%	A
12	Cuy	S/ 49 136	3,22%	77,74%	A
13	Gallo	S/ 47 483	3,11%	80,86%	B
14	Inicio Ave Pellet	S/ 47 430	3,11%	83,97%	B
15	Creci I Cerdo	S/ 47 040	3,08%	87,05%	B
16	Cto Ave Pellet	S/ 31 125	2,04%	89,09%	B
17	Campero Ave	S/ 31 098	2,04%	91,13%	B
18	Campero Cerdo	S/ 27 302	1,79%	92,92%	C
19	Engorde Ave Pellets	S/ 27 040	1,77%	94,69%	C
20	Creci Broyler	S/ 15 660	1,03%	95,72%	C
21	Cerdo Pellets Cto	S/ 12 838	0,84%	96,56%	C
22	Engorde Broyler	S/ 12 690	0,83%	97,39%	C
23	Inicio Broyler	S/ 11 475	0,75%	98,15%	C
24	Cerdo Pellets Engorde	S/ 9 500	0,62%	98,77%	C
25	Ganado Alta Pellet	S/ 5 985	0,39%	99,16%	C
26	Postura Pellet	S/ 5 760	0,38%	99,54%	C
27	Ternero Pellet	S/ 3 784	0,25%	99,79%	C
28	Gallo Pellet	S/ 1 785	0,12%	99,91%	C
29	Vaca Pellet Media	S/ 1 440	0,09%	100,00%	C
Total		S/ 1 524 954,00	100%	100%	

Fuente: Elaboración propia en base a empresa en estudio

Anexo 2. Clasificación ABC en base a ventas en sacos

Nº	Producto	Ventas en sacos	%	% Acumulado	ABC
1	Creci II Cerdo	2249	14,88%	14,88%	A
2	Engorde Cerdo	1372	9,08%	23,95%	A
3	Ganado Alta	1207	7,98%	31,94%	A
4	Inicio Ave	1151	7,61%	39,55%	A
5	Ganado Media	1120	7,41%	46,96%	A
6	Postura Ave	934	6,18%	53,14%	A
7	Engorde Ave	664	4,39%	57,54%	A
8	Creci Ave	655	4,33%	61,87%	A
9	Cuy	592	3,92%	65,78%	A
10	Lactante Cerdo	555	3,67%	69,46%	A
11	Gestante Cerdo	538	3,56%	73,02%	A
12	Inicio Ave Pellet	527	3,49%	76,50%	A
13	Gallo	461	3,05%	79,55%	A
14	Inicio Cerdo	457	3,02%	82,57%	B
15	Campero Ave	426	2,82%	85,39%	B
16	Creci I Cerdo	392	2,59%	87,99%	B
17	Cto Ave Pellet	375	2,48%	90,47%	B
18	Campero Cerdo	374	2,47%	92,94%	B
19	Engorde Ave Pellets	338	2,24%	95,18%	C
20	Cerdo Pellets Cto	131	0,87%	96,04%	C
21	Creci Broyler	116	0,77%	96,81%	C
22	Cerdo Pellets Engorde	100	0,66%	97,47%	C
23	Engorde Broyler	94	0,62%	98,09%	C
24	Inicio Broyler	85	0,56%	98,66%	C
25	Postura Pellet	64	0,42%	99,08%	C
26	Ganado Alta Pellet	63	0,42%	99,50%	C
27	Ternero Pellet	43	0,28%	99,78%	C
28	Gallo Pellet	17	0,11%	99,89%	C
29	Vaca Pellet Media	16	0,11%	100,00%	C
Total		15116	100%	100%	

Fuente: Elaboración propia en base a empresa en estudio

Anexo 3. Aditivos para alimento balanceado

Aditivos	
Sal	Digestocap
Carbonato de calcio	Oxido de zinc
Glucobalt	Metionina
Avimix	Treonina
Fosfato	Procreatin
Maizul	Vegpro
Procreatin	Porcimix 1200
Bicarbonato	Cloruro de colina
Protillac	Linco spectin
Wheylac	Colimix
Fosfato dicalcico	Excipiente
Lisina	Sulfato de cobre
Pig Light 4000	Hydroenzyme XP

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Maquinarias y equipos de la empresa en estudio.

Máquina o equipo	Descripción	Cantidad
Mezcladora horizontal	Potencia: 25 HP. Capacidad: 1.5 tn/hora. Máquina que mezcla los ingredientes secos y/o húmedos de manera homogénea para la producción de alimento balanceado.	1
Mezcladora vertical	Potencia: 15 HP. Capacidad: 1 tn/hora. Máquina que mezcla los ingredientes secos y/o húmedos de manera homogénea para la producción de alimento balanceado.	1
Molino de granos de 30 HP	Potencia: 20 HP. Número de martillos: 48. Realiza la molienda del maíz amarillo duro para obtener maíz molido.	1
Molino de granos de 20 HP	Potencia: 30 HP. Número de martillos: 48. Realiza la molienda del maíz amarillo duro para obtener maíz molido.	1
Peletizadora de matriz helicoidal	Potencia: 33.5 HP. Capacidad: 2.4 tn/hora. Comprime y moldea el alimento balanceado en forma de pellets utilizando una matriz con agujeros en espiral.	1
Transportador neumático	Transporta el maíz molido saliente del molino hacia la tolva	1
Tolva	Contiene el maíz molido para posteriormente dirigirlos hacia otra etapa.	2
Zaranda	Se encarga de separar los pellets de las partículas más finas.	1
Enfriador de pellets	Máquina que enfría los pellets recién peletizados para reducir su temperatura, además de estabilizar su estructura.	1
Elevador de cangilones	Transporta verticalmente el alimento balanceado para descargarlo en las tolvas.	2
Caldero	Potencia: 20 HP. Incrementa la temperatura y presión del agua hasta transformar el fluido en vapor a la presión necesaria.	1
Motocarga	Transporta sacos de materia prima y producto terminado.	2
Balanza de piso	Se usa para pesar los ingredientes y productos terminados.	3
Cosedora	Se usa para coser los sacos de alimentos balanceados.	2

Fuente: Elaboración propia en base a empresa en estudio

Anexo 5. Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00 o más	3

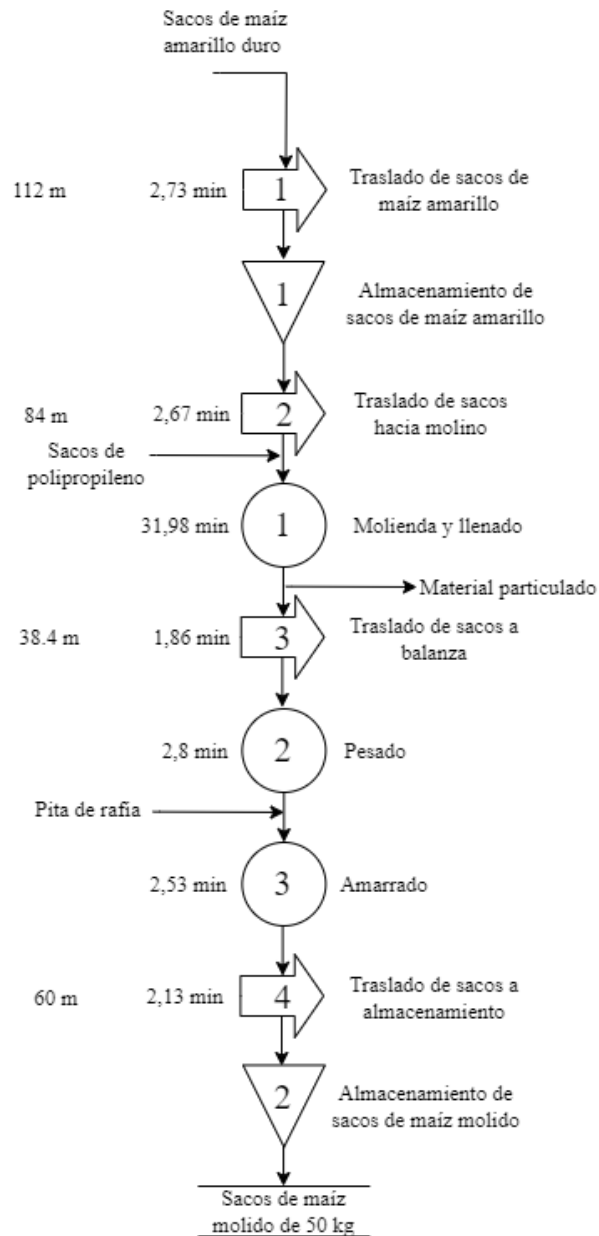
Fuente: Niebel & Freivalds (2009)

Anexo 6. Diagrama de análisis del proceso de maíz molido en sacos de 50 kg.

Producto: Maíz molido en sacos de 50 kg
Nº de operarios: 1 operario

Lote ingresante: 400 kg de maíz duro (8 sacos)
Lote obtenido: 398 kg de maíz molido

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE MAÍZ MOLIDO



Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Observaciones del proceso productivo del maíz molido

N°	Actividades del proceso	Ciclo observado (minutos)					Sumatoria (min)	Tiempo promedio (min)
		1	2	3	4	5		
1	Traslado de sacos hacia almacenamiento	2,31	2,85	2,78	2,54	3,16	13,64	2,73
2	Traslado de sacos hacia molino	2,34	2,8	2,19	2,84	3,2	13,37	2,67
3	Molienda y llenado	30,11	30,34	35,31	29,54	34,6	159,9	31,98
4	Traslado de sacos a balanza	2,1	1,99	1,7	1,86	1,65	9,3	1,86
5	Pesado de sacos de maíz molido	2,85	3,1	2,57	3,08	2,4	14	2,80
6	Amarrado de sacos de maíz molido	2,26	2,64	2,71	2,38	2,66	12,65	2,53
7	Traslado de sacos hacia almacenamiento	1,94	2,19	1,95	2,31	2,25	10,64	2,13
Total		43,91	45,91	49,21	44,55	49,92	233,5	46,70

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. DAP de alimento balanceado en polvo en sacos de 40 kg.

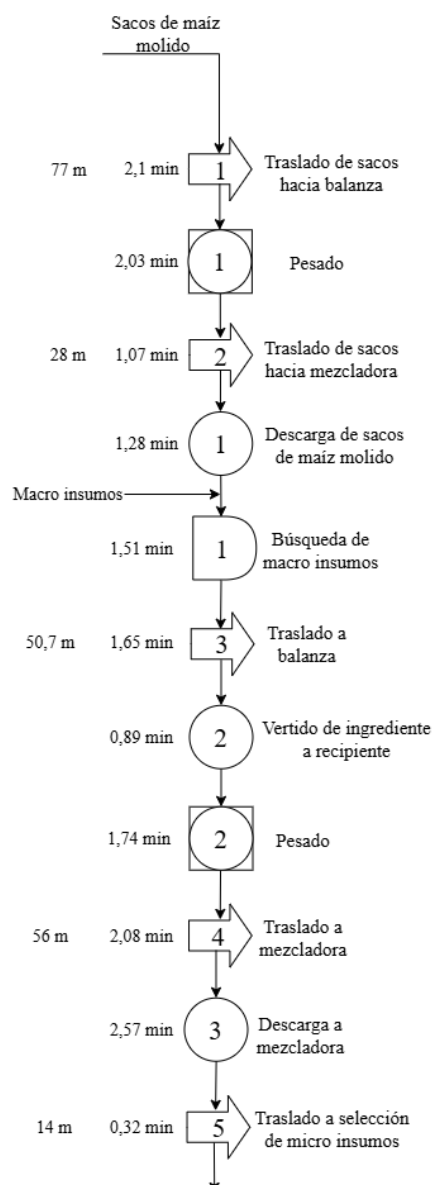
Producto: Alimento balanceado en polvo en sacos de 40 kg

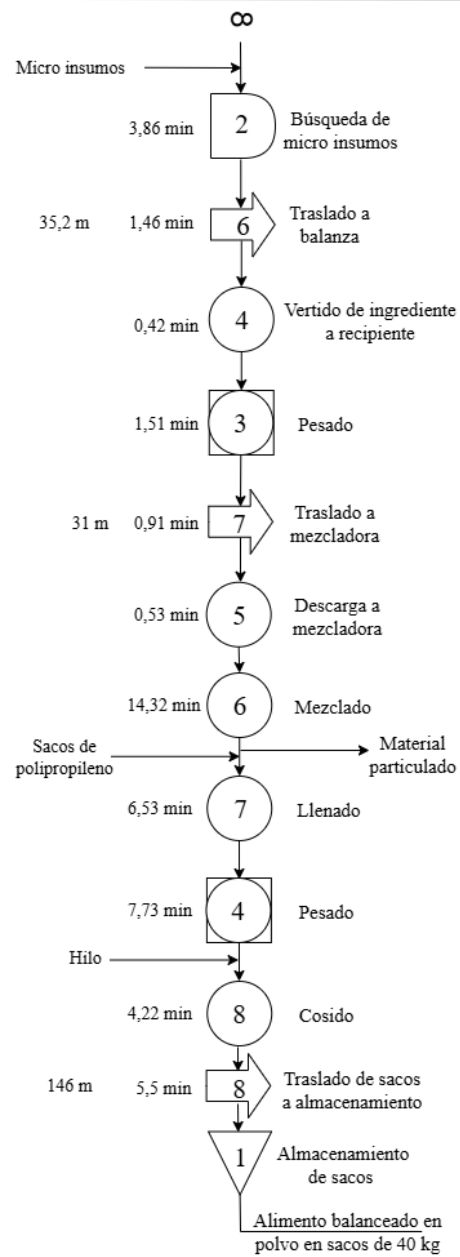
Lote ingresante: 887 kg de materia prima, insumos y aditivos

N° de Operarios: 1 operario

Lote obtenido: 880 kg de alimento balanceado (22 sacos de 40 kg)

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE ALIMENTO BALANCEADO EN POLVO





Resumen			
Actividad	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación	8	30,77	-
Inspección	0	-	-
Combinada	4	13,00	-
Almacén	1	-	-
Demora	2	5,37	-
Transporte	8	15,10	437,9
TOTAL	23	64,25	437,9

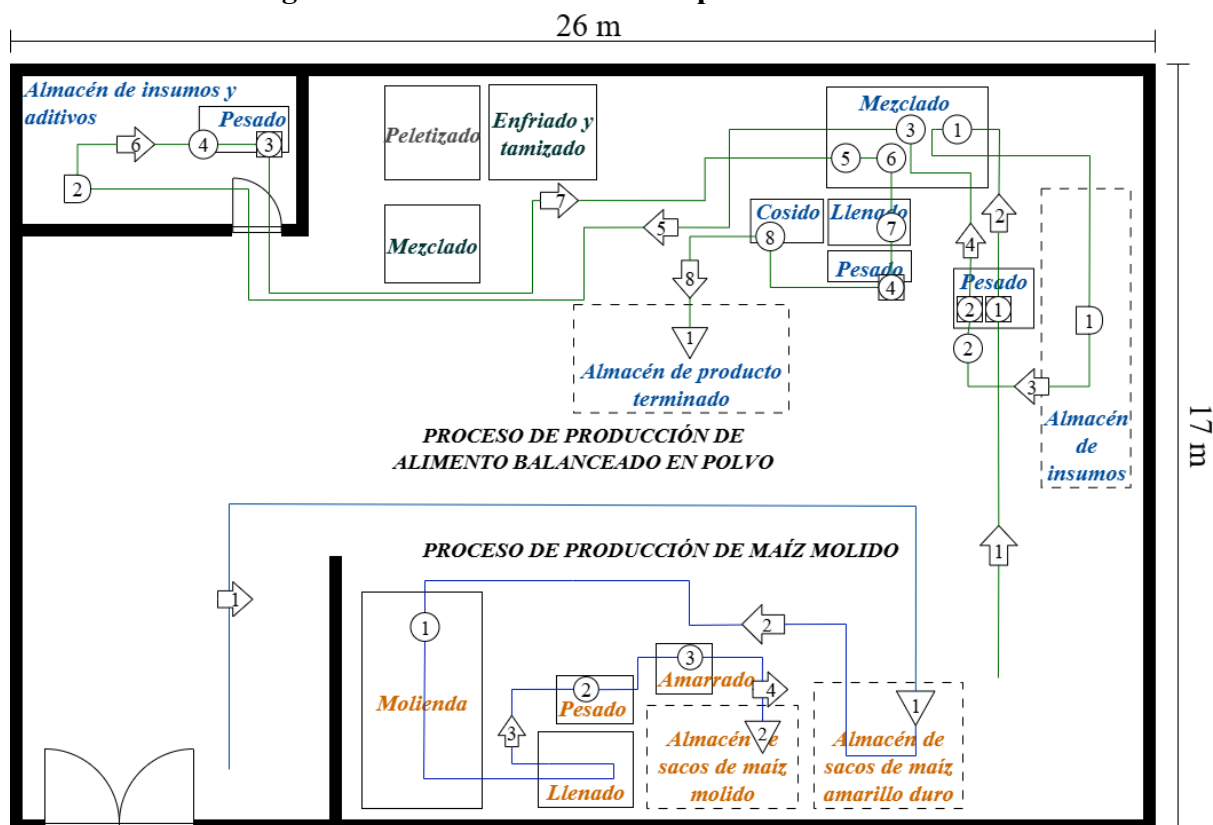
Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Observaciones del proceso productivo del alimento balanceado

N°	Actividades del proceso	Ciclo observado (minutos)					Sumatoria (min)	T. promedio (min)
		1	2	3	4	5		
1	Traslado de sacos hacia balanza	1,84	1,95	2,2	2,27	2,23	10,49	2,10
2	Pesado y verificación de peso	2,2	2,07	2,06	1,98	1,83	10,14	2,03
3	Traslado de sacos hacia mezcladora	1,06	1,16	0,96	1,04	1,14	5,36	1,07
4	Descarga de sacos de maíz molido	1,2	1,49	1,43	1,13	1,15	6,4	1,28
5	Búsqueda de ingredientes 1	1,77	2,03	1,35	1,21	1,2	7,56	1,51
6	Traslado a balanza	1,83	1,62	1,56	1,64	1,6	8,25	1,65
7	Vertido de ingredientes a recipiente	0,8	0,72	0,93	0,95	1,07	4,47	0,89
8	Pesado	1,96	1,8	1,63	1,6	1,71	8,7	1,74
9	Traslado a mezcladora	2,18	2,02	1,96	2,23	2,02	10,41	2,08
10	Descarga a mezcladora	2,67	2,51	2,45	2,72	2,51	12,86	2,57
11	Traslado a selección de micro insumos	0,36	0,28	0,4	0,3	0,27	1,61	0,32
12	Búsqueda de ingredientes 2	4,1	3,85	3,66	3,94	3,74	19,29	3,86
13	Traslado a balanza	1,64	1,43	1,37	1,45	1,41	7,3	1,46
14	Vertido de ingredientes a recipiente	0,32	0,24	0,45	0,47	0,6	2,08	0,42
15	Pesado	1,73	1,57	1,4	1,37	1,48	7,55	1,51
16	Traslado de mezcladora	1,01	0,85	0,79	1,06	0,85	4,56	0,91
17	Descarga a mezcladora	0,62	0,46	0,41	0,67	0,51	2,67	0,53
18	Mezclado	11,51	17,29	12,04	13,19	17,59	71,62	14,32
19	Llenado	6,8	6,18	6,4	6,68	6,58	32,64	6,53
20	Pesado	7,83	7,88	7,62	7,73	7,57	48,63	9,73
21	Cocido	4,12	4,43	4,3	4,17	4,1	21,12	4,22
22	Traslado de sacos a almacenamiento	5,28	5,5	5,58	5,63	5,53	27,52	5,50
	Total	62,83	67,33	60,95	63,43	66,69	312,23	64,25

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Diagrama de recorrido actual del proceso de alimento balanceado.



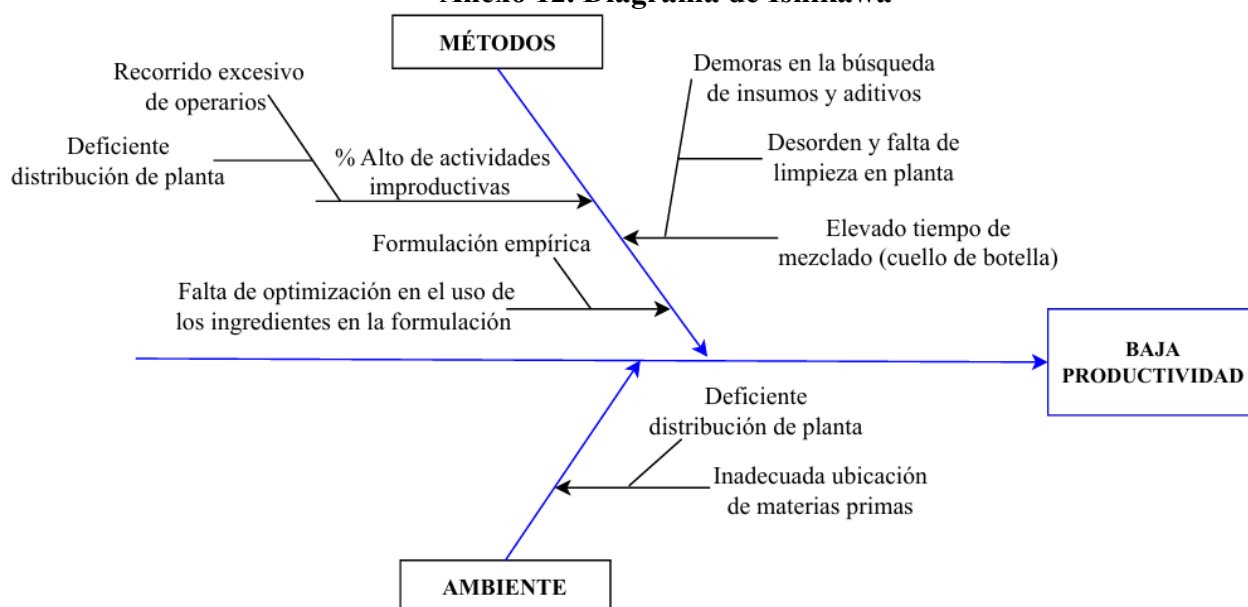
Fuente: Elaboración propia en base a empresa en estudio

Anexo 11. Demanda insatisfecha en el periodo de enero a junio del 2023

Mes	Demanda total (sacos)	Demanda satisfecha (sacos)	Demanda insatisfecha (sacos)	Ingresos no percibidos
Enero	2731	2549	182	S/ 18 382,00
Febrero	2854	2596	258	S/ 26 058,00
Marzo	2934	2289	645	S/ 65 145,00
Abril	2757	2138	619	S/ 62 519,00
Mayo	2422	1800	622	S/ 62 822,00
Junio	2790	2070	720	S/ 72 720,00
Total	16488	13442	3046	S/ 307 646,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13. Check list de 5S en el proceso productivo de alimento balanceado

<https://drive.google.com/file/d/119U5Q8Nr-67BRXHzxITDHGHT-KjxCfVn/view?usp=sharing>

Anexo 14. Resultados del check list de las 5S

Criterio	Puntaje obtenido	Puntaje máximo	% de cumplimiento
Clasificación	8	28	28,57%
Orden	12	32	37,50%
Limpieza	11	32	34,38%
Estandarización	2	32	6,25%
Disciplina	5	24	20,83%
TOTAL	38	148	25,68%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15. Sacos de alimento balanceado que se dejaron de producir

Mes	a. Sacos producidos	b. Tiempo de búsqueda de materiales	c. Retraso por búsqueda (min) c = a*b	d. Retraso por búsqueda (h) d=c/60	e. Producción de alim. balan. (sacos/día)	f. Sacos que se dejaron de producir f = d*e
Enero	2549		622,19	10,37		212
Febrero	2596		633,66	10,56		216
Marzo	2289	5,37 min/22 sacos	558,72	9,31	164 sacos/8 horas	185
Abril	2138		521,87	8,70		173
Mayo	1800		439,36	7,32		145
Junio	2070		505,27	8,42		167
Total	13442		3281,07	54,68		1086

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16. Resumen de las actividades productivas e improductivas.

Proceso	% Actividades productivas	% Demora (Act. Improductiva)	% Transportes (Act. Improductiva)	% Total Actividades improductivas
Proceso productivo de maíz molido	$\frac{37,32}{46,72} = 79,89\%$	-	$\frac{9,39}{46,72} = 20,11\%$	$\frac{9,39}{46,72} = 20,11\%$
Proceso productivo de alimento balanceado en polvo	$\frac{43,78}{64,25} = 68,14\%$	$\frac{5,37}{64,25} = 8,36\%$	$\frac{15,10}{64,25} = 23,5\%$	$\frac{43,78}{64,25} = 31,86\%$

Fuente: Elaboración propia

Anexo 17. Componentes nutricionales recomendados en la alimentación de cerdos

Nutrientes	Cerdos en crecimiento		Cerdos engorde	
	Min	Max	Min	Max
Proteínas (%)	16,5	-	12,71	-
Energía EM (Kcal/kg)	2350	3300	2500	3230
Calcio (%)	0,6	0,9	0,45	0,7
Fósforo (%)	0,24	0,55	0,19	0,4
Lisina (%)	0,8	1,04	0,6	0,8
Metionina (%)	0,25	0,32	0,14	0,3
Treonina (%)	0,45	0,98	0,41	0,68
Triptófano (%)	0,15	0,27	0,11	0,23
Fibra (%)	3	-	3	-
Grasa (%)	3	5	3	5

Fuente: Elaboración propia. En base a Valdivia [29] y Campabadal [30]

Aexo 18. Formulación y costo de ingredientes por saco de alimento balanceado Crecimiento Cerdo

Variable	Ingredientes	Costo (S/ / kg)	ME (Kcal/kg)	Proteínas (%)	Calcio (%)	Fósforo Disp. (%)	Sodio (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptófano (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	Cantidad (kg)
X1	Maíz	1,29	3470	8,5	0,02	0,28	0,02	0,26	0,18	0,29	0,06	2,2	3,8	613,2
X2	Torta de soya	2,35	2440	46,5	0,32	0,31	0,02	2,96	0,67	1,87	0,74	3,8	1,6	211,1
X3	Soya integral	3,16	3300	38	0,25	0,25	0	2,4	0,53	1,41	0,51	5,3	18,5	60
X4	Afrecho de trigo	0,85	1300	15,7	0,14	0,33	0	0,61	0,23	0,5	0,23	8,5	2,8	40
X5	Polvillo de arroz	0,98	3090	12,2	0,05	1,31	0,1	0,57	0,22	0,4	0,13	9,8	13	40
X6	Aceite de soya	4,49	8840	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	5
X7	Carbonato de calcio	3	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	8,8
X8	Sal común	0,34	0	0	0,3	0	39	0	0	0	0	0	0	1,1
X9	Fosfato dicálcico	3,16	0	0	28	19	0	0	0	0	0	0	0	8,75
X10	Lisina	6,75	3950	94,5	0	0	0	78	0	0	0	0	0	2,6
X11	Metionina	6,75	5030	58,5	0,02	0	0	0	99	0	0	0	0	0,45
X12	Treonina	10,4	3790	72,5	0	0	0,05	0	0	98	0	0	0	0,6
X13	S-Carb	5	0	0	0	0	30,4	0	0	0	0	0	0	2,7
X14	Procreatin	68,92	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0,5	3	0,5
X15	Milbond TX	9												2,0
X16	Porcimix 1200	78												1,0
X17	Cloruro de colina	10,72												1,0
X18	Sulfato de cobre	29												0,3
X19	Hydroenzime XP	124												0,1
X20	Linco Spectin	102												0,3
X21	Vegpro	46,8												0,5
Requerimiento:			3000	18,00%	0,65%	0,30%	0,10%	1,10%	0,32%	0,73%	0,23%	3%	4,9%	1000
Aporte neto:			3075,5	18,76%	0,68%	0,48%	0,15%	1,18%	0,35%	0,75%	0,24%	3,20%	4,91%	

Fuente: Elaboración propia en base a empresa en estudio.

Anexo 19. Formulación y costo de ingredientes por saco de alimento balanceado Engorde Cerdo

Variable	Ingredientes	Costo (S/ / kg)	ME (Kcal/kg)	Proteínas (%)	Calcio (%)	Fósforo Disp. (%)	Sodio (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptófano (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	Cantidad (kg)
X1	Maíz	1,29	3470	8,5	0,02	0,08	0,02	0,26	0,18	0,29	0,06	2,2	3,8	735,40
X2	Torta de soya	2,35	2440	46,5	0,32	0,31	0,02	2,96	0,67	1,87	0,74	3,8	1,6	158,75
X3	Soya integral	3,16	3300	38	0,25	0,25	0	2,4	0,53	1,41	0,51	5,3	18,5	40,00
X4	Afrecho de trigo	0,85	1300	15,7	0,14	0,33	0	0,61	0,23	0,5	0,23	8,5	2,8	40,00
X5	Carbonato de calcio	3	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	6,80
X6	Sal	0,34	0	0	0,3	0	39	0	0	0	0	0	0	0,90
X7	Fosfato dicálcico	3,16	0	0	28	19	0	0	0	0	0	0	0	4,12
X8	Lisina	6,75	3950	94,5	0	0	0	78	0	0	0	0	0	3,08
X9	S-Carb	5,00	0	0	0	0	30,4	0	0	0	0	0	0	2,54
X10	Metionina	6,75	5030	58,5	0,02	0	0	0	99	0	0	0	0	0,46
X11	Treonina	10,40	3790	72,5	0	0	0,05	0	0	98	0	0	3	1,50
X12	Procreatin	68,92	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0,5	3	0,50
X13	Milbond TX	9												2,0
X14	Porcimix 1200	78												1,0
X15	Vegpro	46,8												0,5
X16	Cloruro de colina	10,72												1,0
X17	Linco Spectin	102												0,3
X18	Carbadox	26,8												0,5
X19	Sulfato de cobre	29												0,3
X20	Pig Light 4000	98												0,3
X21	Hydroenzime XP	124												0,1
Requerimiento:			3050	16,00%	0,45%	0,20%	0,13%	1,00%	0,30%	0,68%	0,15%	3,00%	3,90%	1000
Aporte neto:			3143,35	16,23%	0,46%	0,21%	0,13%	1,02%	0,31%	0,73%	0,19%	2,77%	3,91%	

Fuente: Elaboración propia en base a empresa en estudio.

Anexo 20. Costo de mano de obra de enero a junio del 2023

Trabajadores	Cantidad	Sueldo mensual (S/)	Beneficios (40%)	Subtotal (S/)	Total semestral (S/)
Operarios	4	1750	700	2450	58 800
Conductor de motocarga	1	1700	680	2380	14 280
Jefe de planta	1	3000	1200	4200	25 200
Administrador	1	2100	840	2940	17 640
Asesor comercial y ventas	1	2200	880	3080	18 480
Encargado de almacén	1	1800	720	2520	15 120
Total					149 520

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21. Costo de materia prima de Crecimiento Cerdo

Ingredientes	Cantidad (kg)	Costo (S/ / kg)
Maíz	613,2	1,29
Torta de soya	211,1	2,35
Soya integral	60	3,16
Afrecho de trigo	40	0,85
Polvillo de arroz	40	0,98
Aceite de soya	5	4,49
Carbonato de calcio	8,8	3
Sal común	1,1	0,34
Fosfato dicálcico	8,8	3,16
Lisina	2,6	6,75
Metionina	0,5	6,75
Treonina	0,6	10,40
S-Carb	2,7	5,0
Procreatin	0,5	68,92
Milbond TX	2,0	9,0
Porcimix 1200	1,0	78,0
Cloruro de colina	1,0	10,72
Sulfato de cobre	0,3	29,0
Hydroenzyme XP	0,1	124,0
Linco Spectin	0,3	102,0
Vegpro	0,5	46,80
Costo total de lote de 1000 kg		S/ 1883,41
Costo de materia prima por saco		S/ 75,34

Fuente: Elaboración propia

Anexo 22. Costo de materia prima de Engorde Cerdo

Ingredientes	Cantidad (kg)	Costo (S/ / kg)
Maíz	735,4	1,29
Torta de soya	158,75	2,35
Soya integral	40	3,16
Afrecho de trigo	40	0,85
Carbonato de calcio	6,8	3,00
Sal	0,9	0,34
Fosfato dicálcico	4,12	3,16
Lisina	3,08	6,75
S-Carb	2,54	5,00
Metionina	0,46	6,75
Treonina	1,5	10,40
Procreatin	0,5	68,92
Milbond TX	2	9,00
Porcimix 1200	1	78,00
Vegpro	0,5	46,80
Cloruro de colina	1	10,72
Linco Spectin	0,3	102,00
Carbadox	0,5	26,80
Sulfato de cobre	0,3	29,00
Pig Light 4000	0,25	98,00
Hydroenzime XP	0,1	124,00
Costo total de lote de 1000 kg		S/ 1822,23
Costo de materia prima por saco		S/ 72,89

Fuente: Elaboración propia

Anexo 23. Costo total de materia prima de enero a junio 2023

Producto	Costo de materia prima por saco	Costo de saco	Costo por saco	Ventas de sacos de enero a junio	Costo total
Crecimiento Cerdo	S/ 75,34	S/ 1,10	S/ 76,44	2249	S/ 171 905,03
Engorde Cerdo	S/ 72,89	S/ 1,10	S/ 73,99	1372	S/ 101 513,39
Total					S/ 273 418,42

Fuente: Elaboración propia

Anexo 24. Tiempo promedio por día de uso de máquinas de enero a junio 2023

Máquinas	Tiempo de uso por saco (min/saco)	Producción diaria promedio de Ene-Jun (sacos/día)	Tiempo de uso por día (min/día)	Tiempo de uso por día (h/día)
Mezcladora horizontal	1,54	90	138,27	2,30
Molino de granos	4,02	64	257,13	4,29
Balanza	0,80	154	122,45	2,04
Cosedora	0,19	90	17,28	0,29

Fuente: Elaboración propia

Anexo 25. Costo de energía eléctrica de enero a junio 2023

Máquinas	Consumo kWh	Tiempo de uso por día (h/día)	Costo por kWh	Costo total diario (S/)
Mezcladora horizontal	15	2,30	0,762	26,34
Molino de granos	7,5	4,29	0,762	24,49
Balanza	1,5	2,04	0,762	2,33
Cosedora	0,09	0,29	0,762	0,02
Total				53,18
Días laborables por mes				25
Costo total mensual (S/)				1329,61
Costo total semestral (S/)				7977,69

Fuente: Elaboración propia

Anexo 26. Causas y propuestas de solución

Problema	Causas	Propuesta de solución
Baja productividad	Recorrido excesivo del operario	Redistribución de planta
	Elevado cuello de botella Inadecuada ubicación de almacenes	
	Desorden y falta de limpieza en planta	Metodología 5'S
	Uso ineficiente de materias primas en la formulación	Modelo de optimización: Programación Lineal

Fuente: Elaboración propia

Anexo 27. Cálculo de disponibilidad de área

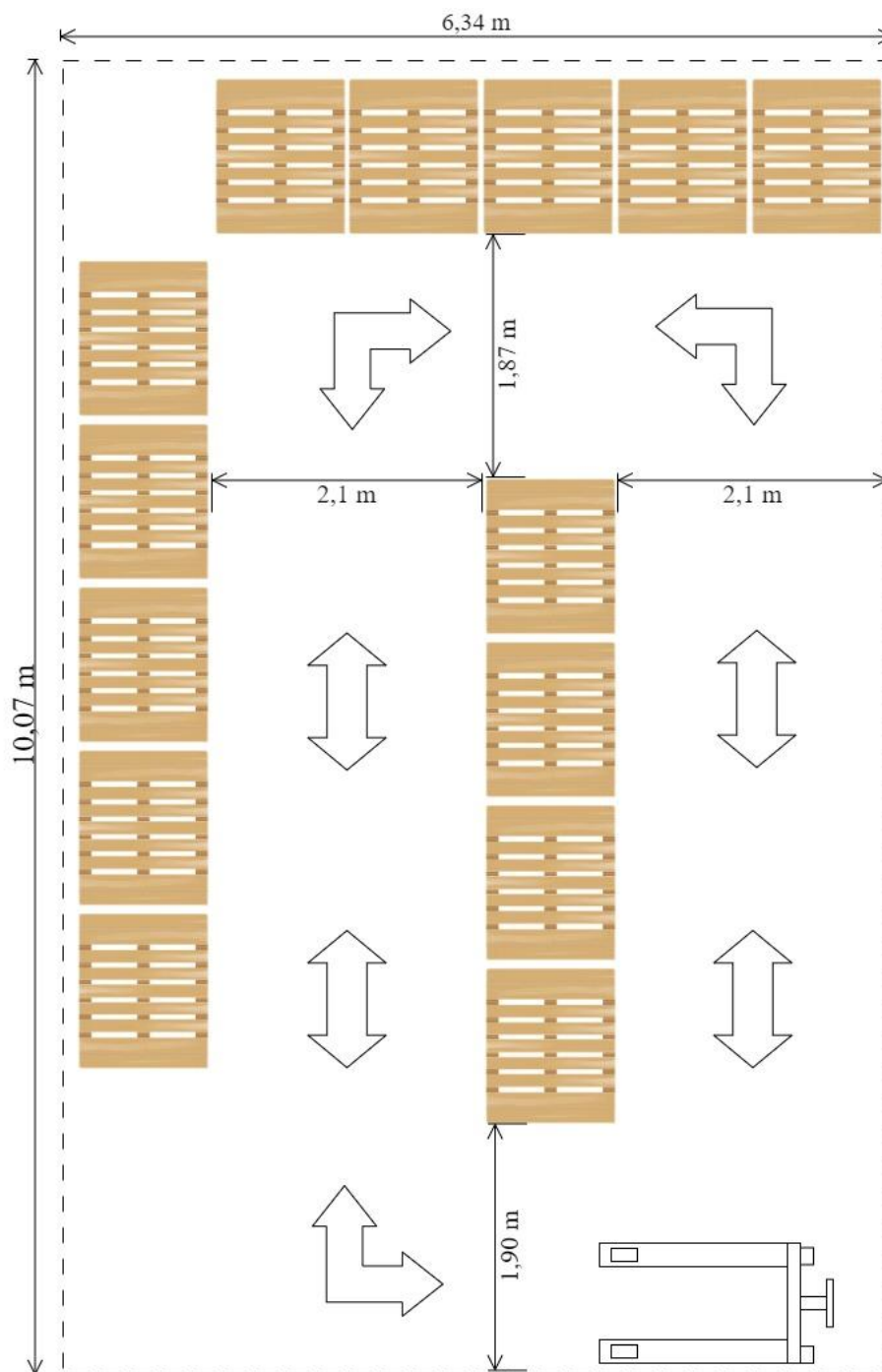
Superficies	Área (m ²)
Superficie Total (m ²)	232,35
Almacén de insumos y aditivos (m ²)	28,70
SS. HH. (m ²)	5,79
Superficie Total Requerida (m²)	266,84
Área de la planta (m ²)	442,00
Disponibilidad (m²)	175,16

Fuente: Elaboración propia

Anexo 28. Superficie total de almacén para productos terminados

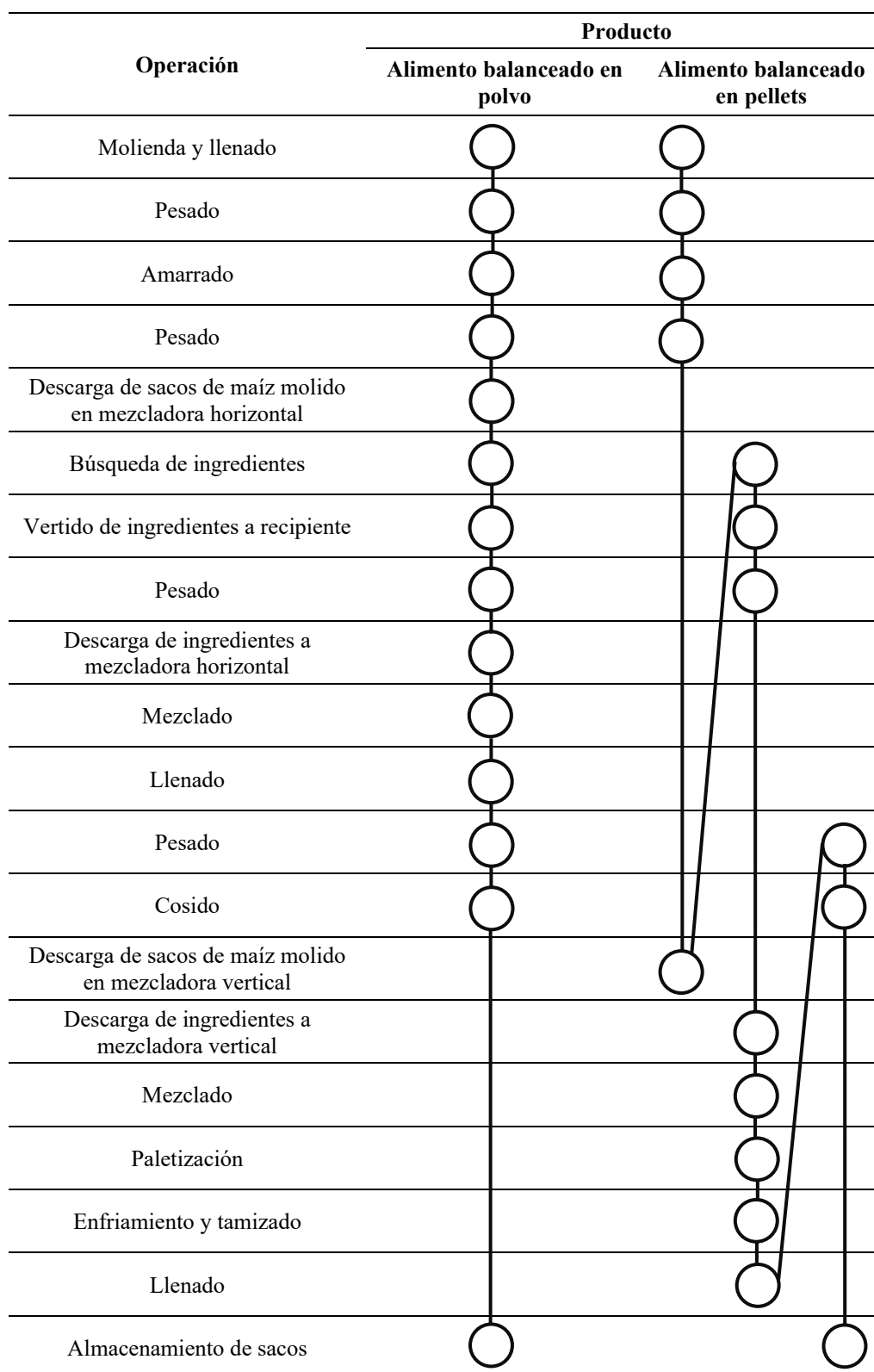
Elementos	n	N	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	SS	SG	SE	ST
Elemento móvil									
Operario	1		-	-	1,65	0,5	0	0,29	0,71
Apiladora manual	1	1	1,22	0,685	1.18	0,84	0,84	0,69	2,36
Elemento estático									
Palets	14	1	1,2	1	1,645	1,2	1,2	0,99	47,45
Superficie Total (m²)									50,51

Fuente: Elaboración propia

Anexo 29. Layout de almacén propuesto de productos terminados

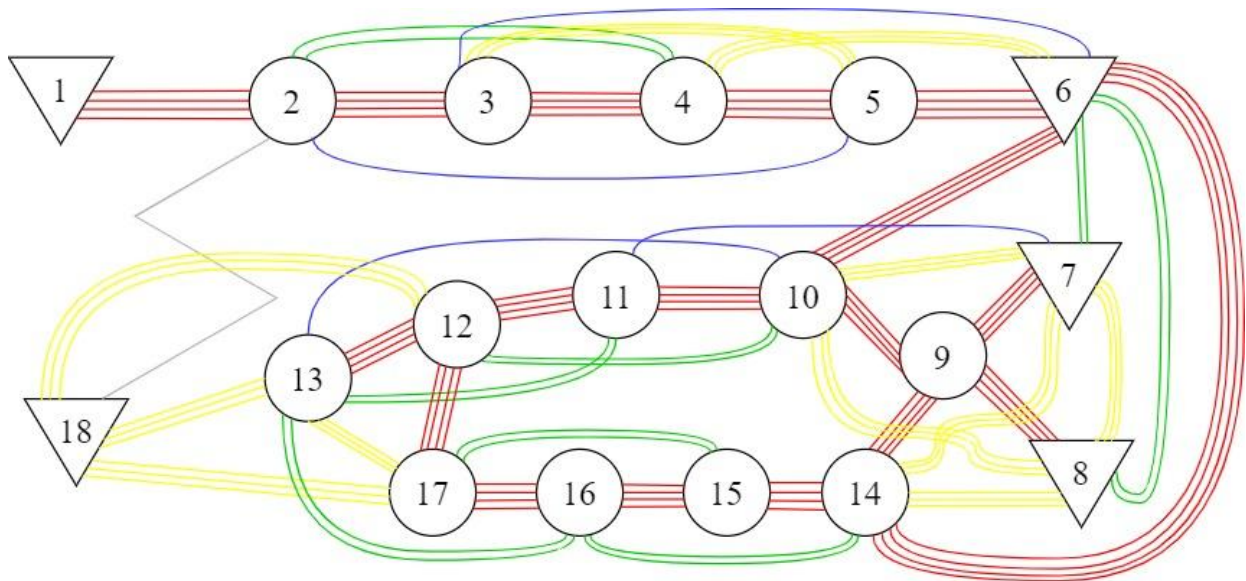
Fuente: Elaboración propia

Anexo 30. Diagrama multiproducto



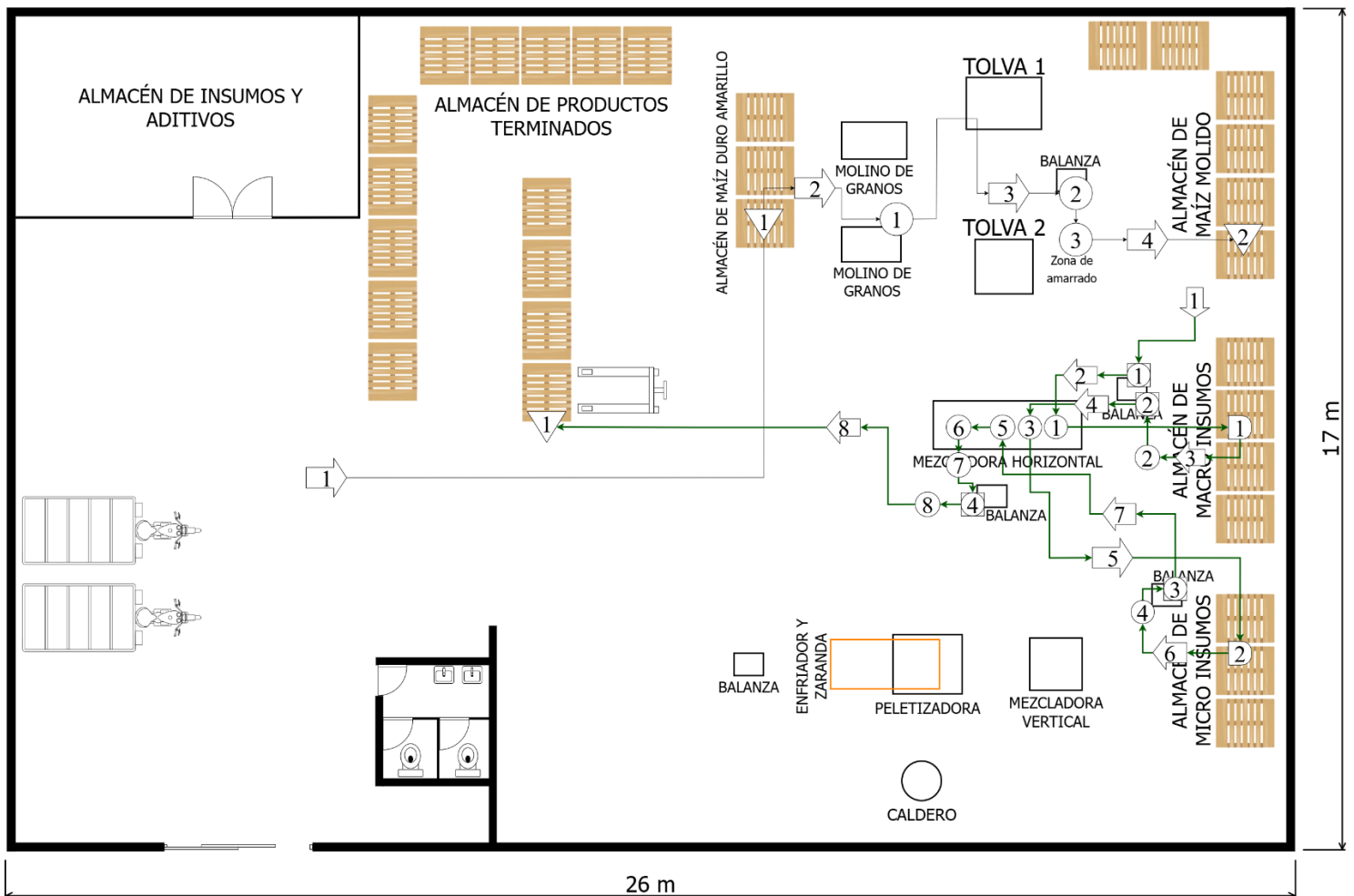
Fuente: Elaboración propia

Anexo 32. Diagrama relacional de actividades



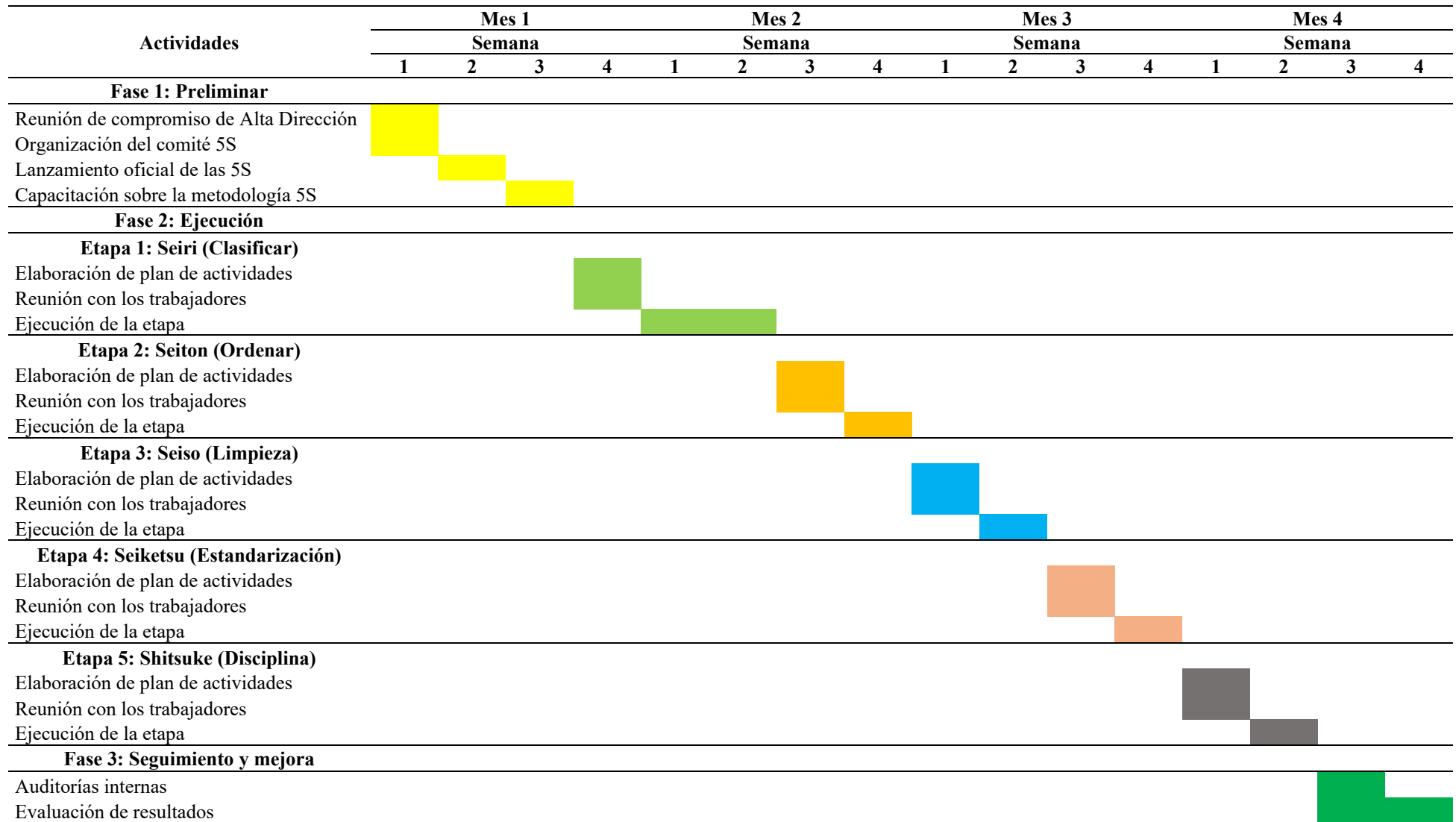
Fuente: Elaboración propia

Anexo 33. Recorrido del proceso de alimento balanceado en polvo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 34. Cronograma propuesto de actividades de las 5S



Fuente: Elaboración propia

Anexo 35. Roles y responsabilidades del comité 5S

Rol en la empresa	Cargo dentro del Comité 5S	Responsabilidades
Gerente General	Líder 5S	Planificar actividades de trabajo. Incentivar el trabajo en conjunto y fomentar la participación de todos los colaboradores. Convocar y dirigir reuniones del Comité Central 5S. Planificar los programas de capacitación respecto a las 5S. Realizar inspecciones y auditorías internas.
Jefe de Producción	Coordinador 5S	Comunicar a las partes involucradas las actividades planificadas. Dar seguimiento a las actividades de trabajo. Gestionar los recursos necesarios para su implementación. Supervisar y asegurar el cumplimiento de las tareas ejecutadas por el equipo de apoyo. Analizar y documentar los resultados obtenidos.
Operarios (4)	Equipo Auxiliar 5S	Tomar parte activa en la ejecución de las actividades relacionadas con las 5S. Mantener una constante actualización sobre los principios y enfoques de la metodología 5S. Proponer mejoras en relación con la metodología 5S. Implementar las acciones definidas en las reuniones del equipo.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 36. Organigrama del comité 5S



Fuente: Elaboración propia

Anexo 37. Área de producción de alimento balanceado

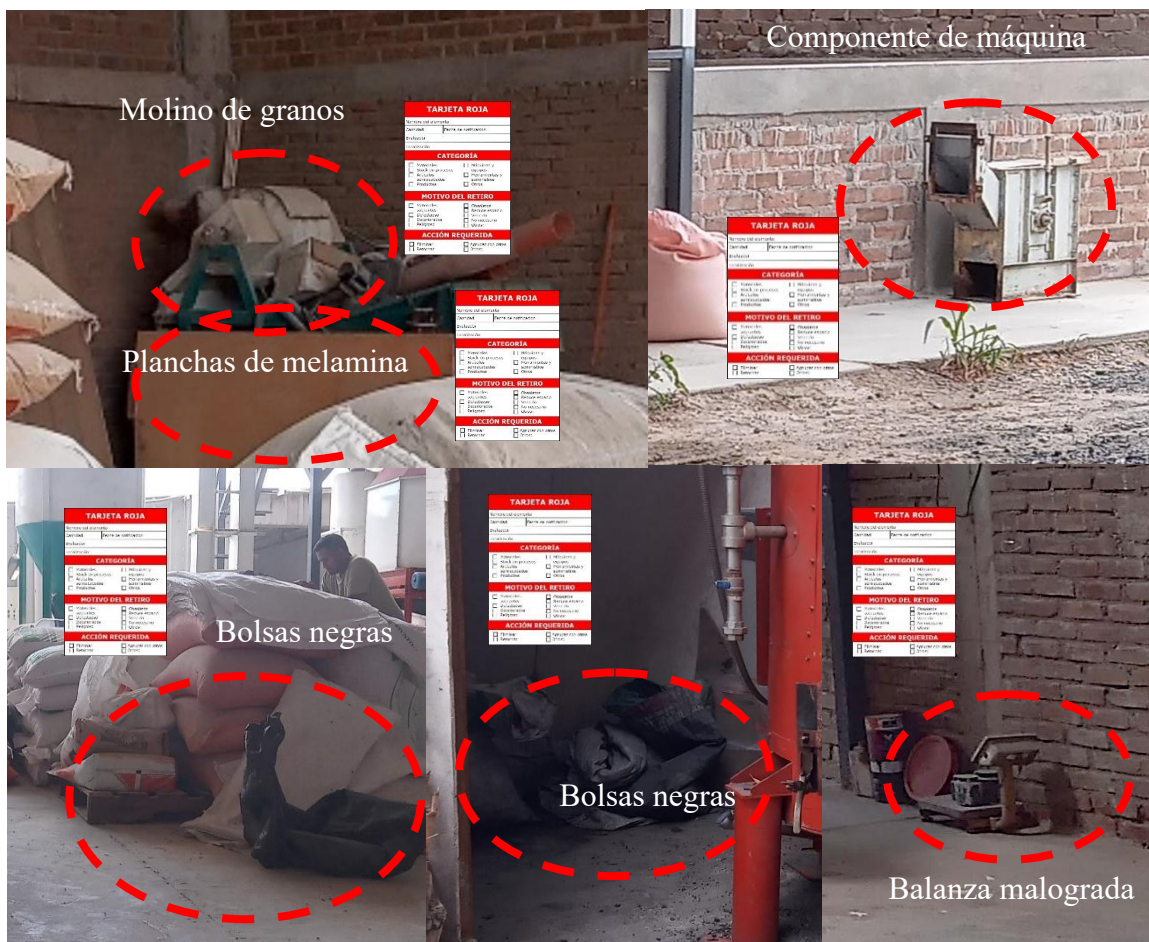


Anexo 38. Plantilla de tarjeta roja

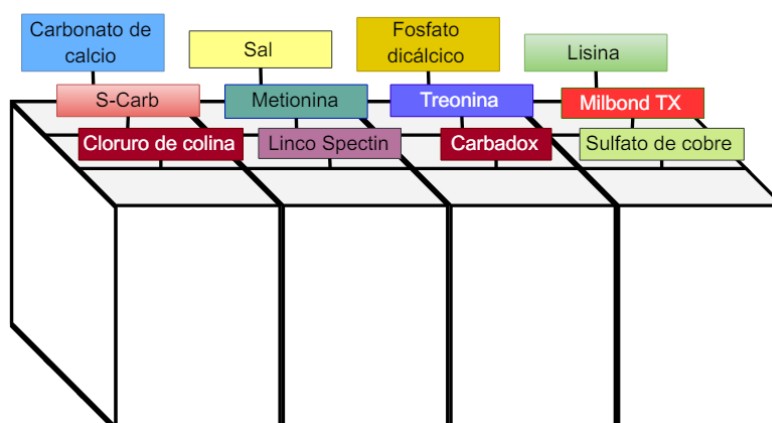
TARJETA ROJA	
Nombre del elemento	
Cantidad	Fecha de notificación
Evaluador	
Localización	
CATEGORÍA	
<input type="checkbox"/> Materiales	<input type="checkbox"/> Máquinas y equipos
<input type="checkbox"/> Stock en procesos	<input type="checkbox"/> Herramientas y suministros
<input type="checkbox"/> Artículos semiacabados	<input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> Productos	
MOTIVO DEL RETIRO	
<input type="checkbox"/> Materiales sobrantes	<input type="checkbox"/> Obsoletos
<input type="checkbox"/> Defectuosos	<input type="checkbox"/> Reduce espacio
<input type="checkbox"/> Deteriorados	<input type="checkbox"/> Vencido
<input type="checkbox"/> Peligroso	<input type="checkbox"/> No necesario
	<input type="checkbox"/> Otros:
ACCIÓN REQUERIDA	
<input type="checkbox"/> Eliminar	<input type="checkbox"/> Agrupar con otros
<input type="checkbox"/> Retornar	<input type="checkbox"/> Otros:

Fuente: Elaboración propia. En base a Rodríguez 2010: 56.

Anexo 39. Tarjeta roja para elementos innecesarios



Anexo 43. Rotulación de micro insumos



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 44. Programa de limpieza de planta de la empresa

Área	Ámbito de aplicación	Actividades por realizar	Responsable	Frecuencia
Área de producción de alimento balanceado en polvo	Mezcladora horizontal	Limpieza de polvo y cualquier tipo de suciedad	Operario 1	Cada 3 días
Área de producción de alimento balanceado en pellets	Mezcladora vertical, enfriador, peletizadora	Limpieza de polvo y cualquier tipo de suciedad	Operario 2	Cada 3 días
Área de molienda de maíz amarillo	Molinos	Limpieza de polvo y cualquier tipo de suciedad	Operario 3	Diaria
Área de estacionamiento	Piso	Barrer piso	Operario 4	Cada 2 días
Área de micro insumos	Piso, palets, soporte de sacos, racks	Barrer piso, limpieza de racks	Operario 4	Cada 2 días
Área de macro insumos	Piso	Barrer piso	Operario 2	Cada 2 días

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 45. Lista de verificación de las 3S

Departamento	Fecha	
Evaluador		
Aplicación de 3S	Punto de observación	Puntuación (0-3)
SEIRI	Se eliminan los objetos innecesarios	
SEITON	Se observa orden y rotulación en el área	
SEISO	Se mantiene limpio el área de trabajo, maquinaria y otros	
		Puntaje total
Puntaje total	Nivel	
0 – 2	Insatisfactorio	
3 – 5	Regular	
6 – 7	Bueno	
8 – 9	Excelente	

Fuente: Elaboración propia. En base a Rodríguez 2010: 86.

Anexo 46. Modelo matemático para Crecimiento Cerdo

Función Objetivo

$$\text{Min}Z = 1,29X_1 + 2,35X_2 + 3,16X_3 + 0,85X_4 + 0,98X_5 + 4,49X_6 + 3X_7 + 0,34X_8 + 3,16X_9 + 6,75X_{10} + 6,75X_{11} + 10,4X_{12} + 5X_{13} + 68,92X_{14} + 9X_{15} + 78X_{16} + 10,71X_{17} + 29X_{18} + 124X_{19} + 102X_{20} + 46,8X_{21}$$

Restricción

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} = 1000 \text{ (kilogramos)}$$

$$\frac{3470X_1 + 2440X_2 + 3300X_3 + 1300X_4 + 3090X_5 + 8890X_6 + 3950X_{10} + 5030X_{11} + 3790X_{12}}{1000} \geq 3000 \text{ (energía)}$$

$$\frac{8,5\%X_1 + 46,5\%X_2 + 38\%X_3 + 15,7\%X_4 + 12,2\%X_5 + 94,5\%X_{10} + 58,5\%X_{11} + 72,5\%X_{12} + 40\%X_{14}}{1000} \geq 18\% \text{ (proteínas)}$$

$$\frac{0,02\%X_1 + 0,32\%X_2 + 0,25\%X_3 + 0,14\%X_4 + 0,05\%X_5 + 38\%X_7 + 0,3\%X_8 + 28\%X_9 + 0,02\%X_{11}}{1000} \geq 0,65\% \text{ (calcio)}$$

$$\frac{0,28\%X_1 + 0,31\%X_2 + 0,25\%X_3 + 0,33\%X_4 + 1,31\%X_5 + 19\%X_9}{1000} \geq 0,3\% \text{ (fósforo disp.)}$$

$$\frac{0,02\%X_1 + 0,02\%X_2 + 0,1\%X_5 + 39\%X_8 + 0,05\%X_{12} + 30,4\%X_{13}}{1000} \geq 0,1\% \text{ (sodio)}$$

$$\frac{0,26\%X_1 + 2,96\%X_2 + 2,4\%X_3 + 0,61\%X_4 + 0,57\%X_5 + 78\%X_{10}}{1000} \geq 0,3\% \text{ (lisina)}$$

$$\frac{0,18\%X_1 + 0,67\%X_2 + 0,53\%X_3 + 0,23\%X_4 + 0,22\%X_6 + 99\%X_{11}}{1000} \geq 0,32\% \text{ (metionina)}$$

$$\frac{0,29\%X_1 + 1,87\%X_2 + 1,41\%X_3 + 0,5\%X_4 + 0,4\%X_5 + 98\%X_{12}}{1000} \geq 0,73\% \text{ (treonina)}$$

$$\frac{0,06\%X_1 + 0,74\%X_2 + 0,51\%X_3 + 0,23\%X_4 + 0,13\%X_5}{1000} \geq 0,23\% \text{ (triptofano)}$$

$$\frac{0,06\%X_1 + 0,74\%X_2 + 0,51\%X_3 + 0,23\%X_4 + 0,13\%X_5}{1000} \leq 0,23\% \text{ (triptofano)}$$

$$\frac{2,2\%X_1 + 3,8\%X_2 + 5,3\%X_3 + 8,5\%X_4 + 9,8\%X_5 + 0,5\%X_{14}}{1000} \geq 3\% \text{ (fibra)}$$

$$\frac{3,8\%X_1 + 1,6\%X_2 + 18,5\%X_3 + 2,8\%X_4 + 13\%X_5 + 100\%X_6 + 3\%X_{14}}{1000} \geq 3\% \text{ (grasa)}$$

$$\frac{3,8\%X_1 + 1,6\%X_2 + 18,5\%X_3 + 2,8\%X_4 + 13\%X_5 + 100\%X_6 + 3\%X_{14}}{1000} \leq 5\% \text{ (grasa)}$$

$$X_{14} = 0,5 \text{ (Procreatin)}$$

$$X_{15} = 2 \text{ (Milbond TX)}$$

$$X_{16} = 1 \text{ (Porcimix 1200)}$$

$$X_{17} = 1 \text{ (Cloruro de colina)}$$

$$X_{18} = 0,3 \text{ (Sulfato de cobre)}$$

$$X_{19} = 0,1 \text{ (Hydroenzime XP)}$$

$$X_{20} = 0,3 \text{ (Sulfato de cobre)}$$

$$X_{21} = 0,5 \text{ (Vegpro)}$$

$$X_5 \leq 100 \text{ (polvillo de arroz)}$$

$$X \geq 0 \text{ (los kg de cada ingrediente en mayor igual a cero)}$$

Fuente: Elaboración propia

Anexo 47. Requerimiento óptimo de ingredientes

Variable	Ingredientes	Cantidad (kg)
X1	Maíz	561,3
X2	Torta de soya	224,69
X3	Soya integral	0
X4	Afrecho de trigo	79,79
X5	Polvillo de arroz	100
X6	Aceite de soya	8,83
X7	Carbonato de calcio	14,48
X8	Sal común	1,9
X9	Fosfato dicálcico	0
X10	Lisina	2,35
X11	Metionina	0,28
X12	Treonina	0,69
X13	S-Carb	0
X14	Procreatin	0,5
X15	Milbond TX	2,0
X16	Porcimix 1200	1,0
X17	Cloruro de colina	1,0
X18	Sulfato de cobre	0,3
X19	Hydroenzime XP	0,1
X20	Linco Spectin	0,3
X21	Vegpro	0,5
	Total	1000

Fuente: Elaboración propia

Anexo 48. Modelo matemático para Engorde Cerdo

Función Objetivo

$$\text{Min}Z = 1,29X_1 + 2,35X_2 + 3,16X_3 + 0,85X_4 + 3X_5 + 0,34X_6 + 3,16X_7 + 6,75X_8 + 5X_9 + 6,75X_{10} + 10,4X_{11} + 68,92X_{12} + 9X_{13} + 78X_{14} + 46,8X_{15} + 10,72X_{16} + 102X_{17} + 26,8X_{18} + 29X_{19} + 98X_{20} + 124X_{21}$$

Restricción

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} = 1000 \text{ (kilogramos)}$$

$$\frac{3470X_1 + 2440X_2 + 3300X_3 + 1300X_4 + 3950X_8 + 5030X_{10} + 3790X_{12}}{1000} \geq 3050 \text{ (energía)}$$

$$\frac{8,5\%X_1 + 46,5\%X_2 + 38\%X_3 + 15,7\%X_4 + 94,5\%X_8 + 58,5\%X_{10} + 72,5\%X_{11} + 40\%X_{12}}{1000} \geq 16\% \text{ (proteínas)}$$

$$\frac{0,02\%X_1 + 0,32\%X_2 + 0,25\%X_3 + 0,14\%X_4 + 38\%X_5 + 0,3\%X_6 + 28\%X_7 + 0,02\%X_{11}}{1000} \geq 0,45\% \text{ (calcio)}$$

$$\frac{0,28\%X_1 + 0,31\%X_2 + 0,25\%X_3 + 0,33\%X_4 + 19\%X_7}{1000} \geq 0,2\% \text{ (fósforo disp.)}$$

$$\frac{0,02\%X_1 + 0,02\%X_2 + 39\%X_6 + 0,05\%X_{12} + 30,4\%X_9 + 0,05\%X_{11}}{1000} \geq 0,13\% \text{ (sodio)}$$

$$\frac{0,26\%X_1 + 2,96\%X_2 + 2,4\%X_3 + 0,61\%X_4 + 78\%X_8}{1000} \geq 1\% \text{ (lisina)}$$

$$\frac{0,18\%X_1 + 0,67\%X_2 + 0,53\%X_3 + 0,23\%X_4 + 99\%X_{10}}{1000} \geq 0,3\% \text{ (metionina)}$$

$$\frac{0,29\%X_1 + 1,87\%X_2 + 1,41\%X_3 + 0,5\%X_4 + 98\%X_{11}}{1000} \geq 0,73\% \text{ (treonina)}$$

$$\frac{0,06\%X_1 + 0,74\%X_2 + 0,51\%X_3 + 0,23\%X_4}{1000} \geq 0,15\% \text{ (triptofano)}$$

$$\frac{2,2\%X_1 + 3,8\%X_2 + 5,3\%X_3 + 8,5\%X_4 + 0,5\%X_{12}}{1000} \geq 3\% \text{ (fibra)}$$

$$\frac{3,8\%X_1 + 1,6\%X_2 + 18,5\%X_3 + 2,8\%X_4 + 3\%X_{11} + 3\%X_{12}}{1000} \geq 3\% \text{ (grasa)}$$

$$\frac{3,8\%X_1 + 1,6\%X_2 + 18,5\%X_3 + 2,8\%X_4 + 3\%X_{11} + 3\%X_{12}}{1000} \leq 5\% \text{ (grasa)}$$

$$X_{12} = 0,5 \text{ (Procreatin)}$$

$$X_{13} = 2 \text{ (Milbond TX)}$$

$$X_{14} = 1 \text{ (Porcimix 1200)}$$

$$X_{15} = 0,5 \text{ (Vegpro)}$$

$$X_{16} = 1 \text{ (Cloruro de colina)}$$

$$X_{17} = 0,3 \text{ (Linco Spectin)}$$

$$X_{18} = 0,5 \text{ (Carbadox)}$$

$$X_{19} = 0,3 \text{ (Sulfato de cobre)}$$

$$X_{20} = 0,3 \text{ (Pig Light 4000)}$$

$$X_{21} = 0,1 \text{ (Hydroenzyme XP)}$$

$$X \geq 0 \text{ (los kg de cada ingrediente en mayor igual a cero)}$$

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 49. Requerimiento óptimo de ingredientes para Engorde Cerdo

Variable	Ingredientes	Cantidad (kg)
X1	Maíz	700,02
X2	Torta de soya	142,82
X3	Soya integral	40,29
X4	Afrecho de trigo	93,34
X5	Carbonato de calcio	9,64
X6	Sal	2,90
X7	Fosfato dicálcico	0
X8	Lisina	3,10
X9	S-Carb	0
X10	Metionina	0,36
X11	Treonina	1,09
X12	Procreatin	0,50
X13	Milbond TX	2,0
X14	Porcimix 1200	1,0
X15	Vegpro	0,5
X16	Cloruro de colina	1,0
X17	Linco Spectin	0,3
X18	Carbadox	0,5
X19	Sulfato de cobre	0,3
X20	Pig Light 4000	0,3
X21	Hydroenzime XP	0,1
Total		1000

Fuente: Elaboración propia

Anexo 50. Costo de mano de obra mensual

Trabajadores	Cantidad	Sueldo mensual (S/)	Beneficios (40%)	Subtotal (S/)
Operarios	4	1750	700	9800
Conductor de motocarga	1	1700	680	2380
Jefe de planta	1	3000	1200	4200
Administrador	1	2100	840	2940
Asesor comercial y ventas	1	2200	880	3080
Encargado de almacén	1	1800	720	2520
Total				24 920

Fuente: Elaboración propia

Anexo 51. Costo total de materia prima mensual

Producto	Costo de materia prima por saco	Costo de saco	Costo por saco	Ventas de sacos mensual	Costo total
Crecimiento Cerdo	S/ 69,71	S/ 1,10	S/ 70,81	700	S/ 49 568,40
Engorde Cerdo	S/ 70,56	S/ 1,10	S/ 71,66	427	S/ 30 598,82
Total					S/ 80 167,22

Fuente: Elaboración propia

Anexo 52. Tiempo promedio por día de uso de máquinas con la propuesta

Máquinas	Tiempo de uso por saco (min/saco)	Producción diaria (sacos/día)	Tiempo de uso por día (min/día)	Tiempo de uso por día (h/día)
Mezcladora horizontal	1,54	188	288,84	4,81
Molino de granos	4,02	88	353,55	5,89
Balanza	0,79	276	194,01	3,23
Cosedora	0,19	188	36,10	0,60


Fuente: Elaboración propia

Anexo 53. Costo de energía eléctrica mensual con la propuesta

Máquinas	Consumo kWh	Tiempo de uso por día (h/día)	Costo por kWh	Costo total diario (S/)
Mezcladora horizontal	15	4,81	0.762	55,02
Molino de granos	7.5	5,89	0.762	33,68
Balanza	1.5	3,23	0.762	3,70
Cosedora	0.09	0,60	0.762	0,04
Total				92,44
Días laborables por mes				25
Costo total mensual (S/)				2310,90

Fuente: Elaboración propia

Anexo 54. Capacitación 5S



PTE - 174 - 2024
ADYSA

23/04/2024

6

5. METODOLOGÍA

- ✓ El curso será desarrollado para hasta **10 participantes**. (modalidad virtual)
- ✓ Las sesiones son dinámicas, que generan una activa interacción entre el expositor y los participantes.
- ✓ Se realizará **4 sesiones de 2.5 horas de manera virtual**. Fechas para coordinar.
- ✓ Para el Curso se concluirá con entregables que son el Plan de Implementación y los formatos de implementación necesarios para la implementación de parte de **ADYSA NUTRICIÓN** en sus diferentes ambientes/áreas a nivel nacional. Se tomará los procedimientos y formatos que vienen utilizando la empresa y se mejorará o modificará (en caso se autorice).
- ✓ El servicio es a todo costo.

6. BENEFICIOS DE LA CAPACITACIÓN

- Certificado como **IMPLEMENTADOR LÍDER 5S** a nombre de Kaizen Certification (**10 horas**). Entrega virtual.
- Aplicación de Casos de Estudios y Talleres
- Entrega de la presentación del curso taller
- Entrega de formatos modelos de implementación

7. PROPUESTA ECONÓMICA

Nuestros honorarios ascienden a la suma de:

S/ 2,900 (Dos mil novecientos soles) virtual
Más el IGV

La forma de pago será a la cuenta de KAIZEN CERTIFICATION
SAC (RUC: 20565351282).

Estos honorarios **no** incluyen el IGV

+ 51 987 324 892

contacto@kaizen-certification.com

Aj. Petit Thouars N° 9651 Oficina 502
Miraflores - Lima 18

Anexo 55. Transpaleta manual de capacidad 2 t



TRUPER Código: 128527205
 Patín traspaleta 2 ton con ruedas de hule/poliuretano

★★★★★ (0) Calificar

Vendido por **Provincsur**

S/ 1,479 **-15%**
 S/ 1,750

- Despacho a domicilio**
Ver disponibilidad >
- Retira tu compra**
No disponible para retiro

- 1 + Máximo 1 unidades.

Agregar al Carro

CMR **¡COMPRA CON TU CMR VISA Y ACUMULA CMR PUNTOS!**
 Pídelo aquí

Activar Windows
 Ve a Configuración para activar Wind

Anexo 56. Estante metálico



GENERICO Código: 113535820 | Cód. tienda: 2249413
 Estante Metal 4 Niveles 196x183x60cm 1800 kg Gris

★★★★★ 4.8 (6) Calificar

Vendido por **Sodimac**

S/ 729.90 / Unidad

Color: Gris

- 1 + Máximo 999 unidades.



Agregar al Carro

- Despacho a domicilio**
Ver disponibilidad >
- Retira tu compra**
Ver disponibilidad >

CMR **¡COMPRA CON TU CMR VISA Y ACUMULA CMR PUNTOS!**
 Pídelo aquí

Servicios adicionales ^

Anexo 57. Cotización de pallet americano de madera



Venta de toda clase de maderas tornillo, cedro, copaiiba, capirona, bolaina, etc. Servicio de moldurera, aserrio, machimbrado, casas prefabricadas.

TRATAMIENTO	CON TRATAMIENTO TERMICO	
Movilidad	No incluye	
FORMA DE PAGO	DEPOSITO	
COSTO UNITARIO		53.00
	IGV	9.54
	Precio	62.54

Anexo 58. Costos e inversión de la propuesta

Propuesta	Descripción	Cantidad	Monto	Inversión	Costo
Redistribución de planta	Pallets	14	S/ 62,54	S/ 875,56	
	Transpaleta manual	1	S/ 1 479,00	S/ 1 479,00	
	Impresión y enmarcación del plano de planta	1	S/ 80,00	S/ 80,00	
Metodología 5S	Capacitación 5S	1	S/ 3 422,00		S/ 3 422,00
	Base para sacos	1	S/ 600,00	S/ 600,00	
	Racks	1	S/ 729,90	S/ 729,90	
	Silla de acero 3 pasos	1	S/ 140,00	S/ 140,00	
	Rotulación de materias primas	59	S/ 1,00	S/ 59,00	
	Periódico mural	1	S/ 220,00	S/ 220,00	
	Reconocimiento de logros	1	S/ 59,00		S/ 59,00
Optimización de fórmula usando PL	-				
Total				S/ 4 183,46	S/ 3 481,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 59. Costos operativos en 12 meses

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Costos directos de prod.												
Materiales	S/ 10 014,61	S/ 10 014,61	S/ 10 014,61	S/ 10 505,14	S/ 10 014,61	S/ 9 664,35	S/ 10 505,14	S/ 9 664,35	S/ 10 505,14	S/ 9 664,35	S/ 10 505,14	S/ 10 014,61
Sacos de polipropileno	S/ 157,30	S/ 157,30	S/ 157,30	S/ 165,00	S/ 157,30	S/ 151,80	S/ 165,00	S/ 151,80	S/ 165,00	S/ 151,80	S/ 165,00	S/ 157,30
Costos CIF												
Energía eléctrica	S/ 264,37	S/ 264,37	S/ 264,37	S/ 274,95	S/ 264,37	S/ 253,80	S/ 274,95	S/ 253,80	S/ 274,95	S/ 253,80	S/ 274,95	S/ 264,37
Costos operativos	S/ 10 436,28	S/ 10 436,28	S/ 10 436,28	S/ 10 945,08	S/ 10 436,28	S/ 10 069,95	S/ 10 945,08	S/ 10 069,95	S/ 10 945,08	S/ 10 069,95	S/ 10 945,08	S/ 10 436,28

Fuente: Elaboración propia

Anexo 60. Producción adicional e Ingresos de la propuesta

Mes	Producción adicional (sacos/día)	Días al mes	Oferta adicional (sacos/mes)	Demanda adicional de Crecimiento Cerdo (14,88%) (sacos/mes)	Demanda adicional de Engorde Cerdo (9,08%) (sacos/mes)	Ingresos de Crecimiento y Engorde Cerdo (S/)
Mes 1	24	25	600	89	54	S/ 15 622,00
Mes 2	24	25	600	89	54	S/ 15 622,00
Mes 3	24	25	600	89	54	S/ 15 622,00
Mes 4	24	26	624	93	57	S/ 16 386,00
Mes 5	24	25	600	89	54	S/ 15 622,00
Mes 6	24	24	576	86	52	S/ 15 076,00
Mes 7	24	26	624	93	57	S/ 16 386,00
Mes 8	24	24	576	86	52	S/ 15 076,00
Mes 9	24	26	624	93	57	S/ 16 386,00
Mes 10	24	24	576	86	52	S/ 15 076,00
Mes 11	24	26	624	93	57	S/ 16 386,00
Mes 12	24	25	600	89	54	S/ 15 622,00
Total			7224	1075	654	S/ 188 882,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 61. Sistema Westinghouse para calificación

Factor	Clase	Categoría	%
Habilidad	Excelente	B2	+0,08
Esfuerzo	Excelente	B2	+0,08
Condiciones	Aceptables	E	-0,03
Consistencia	Buena	C	+0,01
Factor de calificación			+0,14

Fuente: Elaboración propia